

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA, MATEMÁTICA E
EDUCAÇÃO

BEATRIZ CABRAL PACHECO

AS TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS DE ENSINO
DOS TRABALHOS SOBRE EXPERIMENTAÇÃO
DE FÍSICA SOBRE O CONTEÚDO DE
ELETROMAGNETISMO

ARARAS

2023

BEATRIZ CABRAL PACHECO

**AS TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS DE ENSINO DOS TRABALHOS
SOBRE EXPERIMENTAÇÃO DE FÍSICA SOBRE O CONTEÚDO DE
ELETROMAGNETISMO**

Monografia apresentada no Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de São Carlos para a obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientação: Prof. Dra. Nataly Carvalho Lopes.

ARARAS

2023

BEATRIZ CABRAL PACHECO

**AS TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS DE ENSINO DOS TRABALHOS
SOBRE EXPERIMENTAÇÃO DE FÍSICA SOBRE O CONTEÚDO DE
ELETROMAGNETISMO**

Monografia apresentada no Curso de Licenciatura
em Física da Universidade Federal de São Carlos
para a obtenção do título de Licenciado em Física.

Data da defesa: 9 de agosto de 2023

Resultado: Aprovada, conceito: 10

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Nataly Carvalho Lopes
Universidade Federal de São Carlos

Documento assinado digitalmente
 NATALY CARVALHO LOPES
Data: 09/08/2023 15:45:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Priscilla Paci Araujo
Universidade Federal de São Carlos

Documento assinado digitalmente
 PRISCILLA PACI ARAUJO
Data: 09/08/2023 16:08:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Helka Fabbri Broggian Ozelo
Universidade Federal de São Carlos

Documento assinado digitalmente
 HELKA FABBRI BROGGIAN OZELO
Data: 09/08/2023 17:42:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

AGRADECIMENTO

Gostaria de agradecer primeiramente à minha família, em especial meus pais, Flávio e Evanilde, por sempre me apoiarem e terem me dado força e sustentação para que um dia eu chegasse a esse momento.

Agradeço à minha orientadora Nataly, pela constante ajuda, confiança e paciência durante a realização deste trabalho. Saliento aqui que a Nataly é uma figura que me inspira todos os dias, pois além de ser uma pessoa e profissional incrível, é uma entre as poucas mulheres pesquisadoras atuantes na área da educação e das ciências exatas no nosso curso de Física. Posso dizer que, além de me sentir bastante representada por ela, teve uma contribuição fundamental na minha formação.

Agradeço a todos os professores pelos ensinamentos que me permitiram um imenso desenvolvimento pessoal e contribuíram de forma direta para a minha formação profissional.

Gostaria de agradecer a todos os meus amigos, em especial, Renan, Caio, Matheus, Bertazzi, Galileu, Bruno, Higor e Nicolas, por estarem comigo diariamente me ajudando e me dando forças para continuar. Definitivamente, eles foram essenciais para o meu processo de desenvolvimento e transformação acadêmica.

Finalmente, gostaria de agradecer à Universidade Federal de São Carlos por toda oportunidade e assistência que tive ao longo desses anos.

RESUMO

O presente estudo refere-se a uma pesquisa bibliográfica de abordagem qualitativa sobre as potencialidades das atividades experimentais para o ensino de Física sobre o conteúdo de eletromagnetismo. Buscamos analisar artigos presentes no periódico científico denominado Revista Brasileira de Ensino de Física que abordassem a temática nos níveis de Ensino Médio e Superior, visando identificar as diferentes perspectivas e tendências que apresentam esses trabalhos na literatura existente. Com a ajuda da Análise de Conteúdo, procuramos apontar e classificar as metodologias, abordagens e os fundamentos epistemológicos presentes nos documentos, em suas mais distintas formas de representação, tendo como objetivo uma investigação detalhada sobre a natureza da ciência e o método científico que envolve as práticas experimentais. Nessa perspectiva, os resultados obtidos apontam para uma ampla gama de possibilidades de uso das atividades experimentais, como por exemplo, sua utilização como meio de explorar a relação entre a Física e a realidade, como estratégia para o desenvolvimento de conceitos e habilidades procedimentais, como ambiente de problematização de diferentes domínios do conhecimento, como lugar privilegiado para o trabalho em equipe, como estratégia motivadora para o ensino de ciências, como ambiente cognitivo fértil para o aprendizado de ciências e entre outros. Sendo assim, o conjunto de ideias desenvolvido neste trabalho torna-se um instrumento conveniente para a reflexão acerca do aprendizado no Laboratório de Eletromagnetismo. Além disso, ainda podemos indicar caminhos para este campo de pesquisa, como explorar o panorama de ensino que envolvem os trabalhos sobre experimentação nos diversos conteúdos de Física, tal como em Física Moderna, Mecânica, Ótica, Termodinâmica.

Palavras-Chave: Atividades de Experimentação, Laboratório didático de Eletromagnetismo, Epistemologia, Ensino de Física.

SUMÁRIO

RESUMO	5
1 INTRODUÇÃO – TEMA E PROBLEMATIZAÇÃO	7
2 O PAPEL DO LABORATÓRIO DIDÁTICO	14
3 ABORDAGENS PARA O ENSINO EXPERIMENTAL DE FÍSICA	22
4 EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA: ALGUMAS TEORIAS MODERNAS SOBRE O DESENVOLVIMENTO A CIÊNCIA	30
5 METODOLOGIA DE CONSTITUIÇÃO E ANÁLISE DE DADOS	41
5.1 Procedimentos de coleta e análise dos dados	44
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
6.1 Análise das publicações segundo as perspectivas que norteiam os objetivos	52
6.1.1 <i>Objetivos conceituais</i>	53
6.1.2 <i>Objetivos procedurais</i>	64
6.2 Análise das publicações segundo as abordagens e classificações dos laboratórios didáticos no ensino de física	70
6.2.1 <i>Perspectiva de Pinho Alves</i>	70
6.2.2 <i>Perspectiva da Moreira de Levandowisky</i>	75
6.3 Análise das publicações segundo a disposição do ensino de laboratório	79
6.4 Análise das publicações segundo o grau de direcionamento das atividades experimentais	82
6.5 Análise das publicações segundo a linha epistemológica que orienta as atividades experimentais	88
6.5.1 <i>Teorias científicas</i>	88
6.5.2 <i>Relação entre as teorias e o mundo em que se intenciona aplicá-las</i>	94
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
REFERÊNCIAS	101

1 INTRODUÇÃO – TEMA E PROBLEMATIZAÇÃO

Esta pesquisa trata-se de um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) para o curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de São Carlos – Campus de Araras. Este trabalho busca analisar as principais implicações de ensino que se tem até agora sobre as atividades experimentais no ensino de Física, mais especificamente, no assunto de eletromagnetismo.

Desde pequena, sempre fui uma pessoa desperta de interesse sobre as coisas que me rodeavam. Curiosidades que me faziam de todas as formas, buscar entender e, muitas vezes, explorar situações misteriosas presentes no meu cotidiano. Lembro que o meu primeiro contato com a ciência no ensino fundamental foi algo um tanto marcante pois, foi nesse momento que tive a oportunidade de significar o conceito que sempre trouxe comigo, mesmo que de forma inconsciente: o fazer ciência.

Já a minha trajetória durante o ensino médio público foi um tanto frustrante. A escola carregava na época um problema sério de defasagem de professores, sendo a falta do professor de Física o principal deles. Essa problemática afetou diretamente o meu curso no ensino médio, pois além de eu não ter a possibilidade de estudar Física, em consequência, fui tomada de desânimo. Isso tudo me fez refletir sobre como os professores podem influenciar o desempenho e o interesse de um aluno sendo, principalmente, quando se trata de uma matéria considerada “complicada” no meio social, como no caso do ensino de Eletromagnetismo. A partir disso, cheguei à conclusão de que eu mesma poderia fazer alguma coisa para mudar essa realidade, que não apenas me atingia, mas como também atinge até hoje, a maioria dos estudantes brasileiros. Dessa forma, tomada de desejo e coragem, entrei na universidade para cursar Licenciatura em Física, partindo do pressuposto de que me formaria professora e assumiria um compromisso de mudança das condições vigentes no ensino público atual. Dentro da graduação, participei de um projeto de extensão denominado Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), com atuação direta dentro das escolas públicas da cidade de Araras. Foi por meio desse projeto que consegui desenvolver uma consciência fundamentada sobre a realidade educacional que atinge o ensino de Física e Ciências em muitas das escolas públicas no Brasil. Nas escolas em que atuei, observei diversas problemáticas relacionadas tanto à limitação e à falta de estrutura adequada, podendo ter relação direta com a questão do

sucateamento, quanto às dificuldades atreladas à própria prática pedagógica. Alinhado a isso, foi possível verificar que muitas escolas deixavam de inserir a prática experimental como uma atividade aliada ao processo de ensino-aprendizagem, pois sequer possuíam um ambiente de laboratório e, quando existia laboratório, era a falta de materiais e equipamentos a razão pela qual podia-se justificar a resistência em utilizar atividades experimentais.

Consequentemente, todos esses fatores foram responsáveis por instigar a escolha do tema do meu projeto. Foi desejando ter um melhor entendimento sobre as implicações das atividades experimentais no ensino de Física, que optei por desenvolver um projeto visando um estudo exploratório sobre os documentos que envolvem práticas experimentais, a fim de investigar suas principais tendências e perspectivas voltados ao ensino de Eletromagnetismo.

Uma vez que é evidente a existência de dificuldades e problemas que envolvem todo o sistema educacional, em particular, no ensino de física, reflexões sobre suas causas e consequências são importantes, pois além de possibilitarem o diagnóstico da situação problema e um possível encaminhamento de soluções, possuem sua relevância para a investigação, no sentido de analisar e prever consequências de implementação de propostas pedagógicas no contexto educacional.

Ao considerar questões que envolvem a realidade escolar, é possível observar diversos problemas que permeiam o ensino de Física. Tais problemáticas podem implicar desde o baixo índice de aprendizagem, até a escassez de recursos didáticos e práticas experimentais nas escolas. Além destes, podemos citar também os fatores relacionados aos planos precários educacionais destinados à formação inicial e continuada do docente por parte das instituições, competindo cada vez mais para uma formação de baixa qualidade, que por sua vez, proporcionam diversos desafios aos futuros educadores, na contribuição de ações e propostas pedagógicas para a implementação de diferentes recursos pedagógicos e metodologias nos processos de ensino (HOFFMANN, 2017, p.19).

Entre as razões do insucesso no ensino e aprendizagem de Física, em relação à prática docente, pode-se mencionar fatores que envolvem desde a adoção de métodos de ensino desajustados das teorias de aprendizagem, até a falta de implementação de meios e instrumentos pedagógicos diversificados. Já em relação aos estudantes, são apontados casos de falta de domínio da linguagem matemática como parte da física, incessante existência de concepções

relacionadas ao senso comum, sem vinculação à lógica científica e insuficiente desenvolvimento cognitivo (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003, p. 259-260).

Além disso, uma característica particular que torna o ensino de Física difícil para muitos alunos, diz respeito ao fato de a Física ser uma ciência que se relaciona diretamente com conceitos abstratos e contra-intuitivos. Nesse sentido, a capacidade de abstração dos estudantes tende a se reduzir de forma considerável, quando não são oferecidas as devidas experiências de aprendizagens e instrumentos pedagógicos potenciais para a aprendizagem e assimilação de conceitos presentes em fenômenos físicos. Em decorrência deste fato, grande parte dos estudantes tem dificuldade de relacionar a Física e seus aspectos com a vida (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003, p. 260).

Em vista disso, é possível ressaltar as grandes dificuldades que os estudantes encontram ao lidar com conceitos que envolvem especificamente o eletromagnetismo. Esses conceitos, mesmo presentes no dia a dia, estão fora do nosso domínio concreto, em razão da abstração neles envolvida (MAGALHÃES; SANTOS; DIAS, 2002, p. 489). Muitas vezes, os conteúdos dentro do eletromagnetismo são tratados na sua forma mais simplista e global, distanciando-se consideravelmente da realidade. Mesmo sendo uma vertente da Física também muito presente no desenvolvimento de tecnologias, é perceptível que suas múltiplas aplicações são pouco exploradas no ensino de eletromagnetismo (PARANÁ, 2016). Contudo, a aprendizagem e compreensão do eletromagnetismo é de fundamental importância para o entendimento do mundo cotidiano, a fim de superar o senso comum relativo à realidade que ela representa e descreve. É em decorrência deste cenário que optamos por desenvolver este trabalho especificamente sobre o tópico de eletromagnetismo.

Tendo em vista as inúmeras problemáticas presentes no ensino de Física e indo em direção às questões que envolvem especificamente as práticas experimentais, na maior parte dos casos, o papel da atividade experimental ainda não é bem compreendido, pois existe a dificuldade de incorporá-la na prática pedagógica, de forma convicta e consequente. A atividade experimental é utilizada apenas como uma solução dos inúmeros problemas do ensino de Física e um mero elemento do contexto metodológico (PINHO-ALVES, 2000, p. 45).

Observa-se que a adoção dessa prática é muito precária e até mesmo inexistente, por parte da maioria dos professores. Em muitos casos, o tempo para completar o programa previsto é curto e, é comum que os professores passem o ano letivo sem propor nenhuma atividade

experimental aos alunos. Diante deste cenário, é possível observar também sérias desinformações relacionadas ao seu uso e um certo despreparo para realizar atividades experimentais, pois não se conhecem os procedimentos adequados para realizá-las, não se sabe a forma mais correta e eficaz de trabalhar com elas e muito menos como avaliar a competência de seus alunos após a realização dos experimentos. Segundo Gaspar (2014, p. 7), é nesse sentido que a experimentação é definida, no ensino de Física, como uma prática “esporádica, assistemática e sem metodologia definida” (GASPAR, 2014, p. 7).

Independente das dificuldades estruturais ou do despreparo dos professores, pode-se dizer que os principais obstáculos que efetivamente dificultam e desestimulam o emprego de práticas experimentais são de natureza pedagógica. Mesmo o professor tendo que dispor de todas as condições estruturais para realizá-la, existe a dificuldade de encontrar atividades para todos os tópicos do programa de Física, pois há inúmeros conteúdos para os quais as atividades são impossíveis de ser realizadas em laboratórios ou salas de aulas, mesmo sendo suficientemente equipados (GASPAR, 2014, p. 9).

Indo mais além nas questões que causam a precariedade da prática experimental em nossas escolas, é importante salientar a dominação sistêmica que é crescente e presente na educação, problema resultante da disseminação da ideologia tecnocrática, implicando na diferenciação entre a prática e a técnica. Como resultado, o moderno estado tecnocrático tem exigido o avanço da racionalidade instrumental e estratégica na escola, forçando a entidade escolar a incorporar progressivamente a racionalidade instrumental em atendimento às exigências sistêmicas. O planejamento pedagógico passa a interferir nos assuntos culturais de forma restritiva, levando a escola a perder sua vinculação com o mundo da vida (MUHL, 2011, p. 1040).

Desse modo, o que encontramos no atual ensino de ciências e que se reflete nas práticas experimentais da disciplina de física é a instrumentalização. A ciência passa a ser apresentada apenas através de seus aspectos técnicos, dando abertura para as instituições educacionais legitimar e oferecer uma formação baseada unicamente na razão de cunho instrumental.

A entidade escolar deixa de ocupar uma posição de construção comunicativa dos conhecimentos e dos valores próprios de vivências entre a relação aluno-professor. Ao invés da prevalência de um espaço de aprendizagem no âmbito crítico do processo de aprendizagem, acaba tornando-se um lugar próprio de aquisições técnicas para a inserção do indivíduo no

sistema, à mercê das ganâncias do poder. O sujeito formado a partir dessa educação, se torna incapaz de instituir relações entre os conteúdos aprendidos e os conhecimentos presentes acerca de sua vida cotidiana. Tal relação se torna indispensável, quando nos referimos a uma formação baseada na liberdade. Se o mesmo não se cumpre, esta educação acaba por se voltar em formar sujeitos vazios, alienados e reprodutores de conhecimentos preestabelecidos.

O uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido uma proposta relevante e discutida por pesquisadores na literatura da área de ensino de física. Sua importância deve-se ao seu potencial em minimizar as dificuldades relacionadas ao ato de aprender e ensinar física e, ao seu papel de proporcionar um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens, uma vez que é por meio da prática experimental que podemos significar e relacionar o mundo dos conceitos e da linguagem com o mundo empírico. Segundo Seré, Coelho e Nunes (2003, p. 39), as atividades experimentais “permitem o controle do meio ambiente, a autonomia face aos objetos técnicos, ensinam as técnicas de investigação e possibilitam um olhar crítico sobre os resultados”. Nesse sentido, o aluno é preparado para questionar o mundo, tomar decisões na investigação dos resultados, desenvolver métodos e até mesmo manipular modelos (SERÉ; COELHO; NUNES 2003, p.39).

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, pois é privilegiando o agir, o fazer, o manusear e o hábito de indagar e, além de tudo, desenvolvendo o papel ativo do estudante, que se pode garantir a construção de seu conhecimento. Dessa forma, a prática experimental defendida em termos de suas variedades metodológicas, pedagógicas e epistemológicas, torna-se uma forma efetiva de oportunizar diferentes possibilidades de construção e significação do conhecimento científico.

Observa-se que as discussões que envolvem a experimentação no campo de investigação são apresentadas de maneira bastante diversificada, podendo assumir uma variedade significativa quanto às abordagens e perspectivas que envolvem o seu uso no âmbito educacional. Desse modo, as práticas experimentais podem ser representadas desde situações que priorizam a verificação de leis e teorias, até sua utilização como forma de promoção do interesse e motivação do aluno em atividades de ensino (ARAÚJO; ABIB, 2003). Outros autores apontam sobre a sua importância em oportunizar que os estudantes tenham

contato com uma cultura científica que possa capacitá-los a desempenhar efetivamente um papel na sociedade (ANDRADE; LOPES; CARVALHO, 2009, s/p.).

É necessário também salientar a importância do estudo sobre os métodos e conceitos que caracterizam a ciência e sua natureza. Só é possível inferir a respeito das tendências e perspectivas de ensino dos trabalhos sobre experimentação de física, a partir de uma análise detalhada do desenvolvimento recente de algumas teorias modernas sobre a natureza da ciência. Além do mais, segundo Heidemann et al. (2016, p. 13) sabe-se que a experimentação tem seu papel fundamental no fazer científico e, portanto, é importante que a atividade experimental seja fundamentada em referências epistemológicas bem estabelecidas, de maneira que não contribua para a construção de concepções epistemológicas ingênuas sobre a natureza da ciência por parte dos estudantes. Ao contrário do esperado, identifica-se um cenário educacional que evidencia uma série de problemáticas relativas ao enfoque e delineamento inadequado das atividades experimentais no ensino de ciências, pois é perceptível que a grande maioria das atividades experimentais propostas têm a intenção de conduzir o aluno a agir mecanicamente na execução de roteiros excessivamente direcionados, não sendo possível a reflexão sobre os fundamentos teóricos que embasam o experimento (HEIDEMANN et al., 2016, p. 13).

Assim, torna-se fundamental o questionamento incessante sobre os status atribuídos à atividade científica nos diferentes contextos sociais e a visão sobre o verdadeiro objetivo dos domínios da ciência.

Em termos de revisão bibliográfica, nota-se uma grande relevância por parte dos pesquisadores em utilizar a prática experimental como um importante recurso pedagógico para a introdução no ensino de ciências, a exemplo de Barolli e Villani (1998), Laburú (2006), Gaspar (2005), Hodson (1994), entre outros. Porém, se considerarmos a realidade escolar, percebemos que a prática no contexto de ensino não tem acompanhado este discurso proveniente das investigações.

Portanto, retratados alguns pressupostos sobre o ensino de física no domínio experimental e suas respectivas implicações no processo de ensino e aprendizagem, em razão dos resultados de estudos contemporâneos presentes na literatura, surge a seguinte questão de pesquisa: **Quais as tendências e perspectivas de ensino dos trabalhos sobre experimentação de física sobre os conteúdos de eletromagnetismo nas pesquisas publicadas desde 1979, até os tempos atuais na Revista Brasileira de Ensino de Física?**

A partir disso, fizemos uma pesquisa qualitativa do tipo bibliográfica, com o objetivo principal de desenvolver um estudo exploratório sobre os documentos que envolvem práticas experimentais no Ensino de Física existentes no Caderno Catarinense de Física e na Revista Brasileira de Ensino de Física desde 1979 até os tempos atuais (2022). Em seguida, analisamos as principais implicações e tendências de ensino que se tem até agora sobre a experimentação, seus métodos e objetivos, dentro do assunto de eletromagnetismo. Optamos por estudar especificamente essas duas revistas pois, além de ser uma plataforma de acesso livre da Sociedade Brasileira de Física (SBF) voltada à melhoria do Ensino de Física em todos os níveis de escolarização, é uma revista que tem por objetivo promover e divulgar a relação existente entre a Física e a Ciência, no qual são publicados artigos sobre aspectos teóricos e experimentais, materiais e métodos instrucionais, pesquisa em ensino, história e filosofia da física e entre outros (www.sbfisica.org.br).

Após feitos esses levantamentos, temos por objetivos específicos:

- Identificar as principais implicações existentes sobre a experimentação no ensino de Física;
- Identificar e problematizar o contexto atual escolar no Ensino de Física;
- Compreender a importância da prática experimental no processo de desenvolvimento das competências em Física;
- Identificar as abordagens metodológicas utilizadas nos trabalhos sobre experimentação, dentro do conteúdo de eletromagnetismo, presentes no Caderno Catarinense de Física e na Revista Brasileira do Ensino de Física, no período de 1979 até 2022;
- Analisar as implicações epistemológicas contidas nas abordagens metodológicas adotadas pelos autores, especificamente no que se refere: aos critérios de validação científica; as formas de construção do conhecimento científico; e a relação entre as teorias e o mundo em que se intenciona aplicá-las;

2 O PAPEL DO LABORATÓRIO DIDÁTICO

Antes de iniciar o processo de análise proposto nesta pesquisa, é necessário compreendermos sobre o papel do ensino experimental de Física e as distintas funções e abordagens que podem assumir a prática laboratorial. Dessa forma, discutiremos neste capítulo as principais concepções atuais sobre o papel do laboratório didático de Física e as tendências que envolvem a realização das atividades e práticas experimentais no ensino.

Sabe-se que a Física enquanto ciência que estuda a natureza, ao considerar seu processo evolutivo e histórico, tem na experimentação um forte aliado na busca por desvelar esta natureza (ROSA, 2003, p. 36). Por ser uma ciência que se sustenta de experiências, a experimentação assume um importante papel como coadjuvante no processo de descobertas e evolução da Física. Mesmo que os avanços relacionados às pesquisas em Física devam muito ao seu caráter experimental, além da experimentação, também é necessário considerar que o desenvolvimento teórico assume um importante papel nos avanços significativos desta ciência, como no caso da Física Moderna (ROSA, 2003, p. 96). Contudo, cabe salientar que se para fazer Física é necessário fazer o uso do laboratório, então, para aprender e ensinar Física, ele também é essencial (PINHO ALVES, 2000, p. 44).

Neste sentido, as atividades experimentais constituem um importante recurso metodológico facilitador do processo de ensino e aprendizagem nas disciplinas da área das Ciências da Natureza. A experimentação é considerada uma das estratégias mais importantes para o ensino de Física, pois além de permitir uma maior aproximação com a realidade e o cotidiano em que atua, é a partir dela que o estudante tem a possibilidade de construção do conhecimento e desenvolvimento de habilidades e competências específicas. Além do mais, é um recurso de grande potencial para estimular e despertar a curiosidade e interesse do estudante, do mesmo jeito que proporciona o desenvolvimento da capacidade de problematização em sala de aula e de resolução de problemas. Segundo as Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) (BRASIL, 2002):

É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável. Isso inclui

retomar o papel da experimentação, atribuindo-lhe uma maior abrangência para além das situações convencionais de experimentação em laboratório. (BRASIL, 2002, p.84)

Reconhece-se a experimentação como um meio pedagógico de favorecer o estabelecimento da relação entre a teoria e a prática no processo de ensino-aprendizagem de Física, pois é um recurso que possibilita experimentar os conteúdos trabalhados em aulas teóricas, da mesma forma que permite que os alunos investiguem e observem na prática a relação existente entre os fenômenos naturais e as leis e teorias que os regem (SERÉ; COELHO; NUNES, 2003, p. 39-40).

Seré, Coelho e Nunes (2003, p. 39) defendem que através das atividades experimentais, o aluno é estimulado a relacionar o mundo dos conceitos e das linguagens com o mundo empírico, uma vez que dão um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens. Além do mais, elas permitem o controle do meio, proporcionam autonomia frente aos objetos técnicos, ensinam técnicas e métodos do processo científico e de investigação. Dessa forma, o autor defende que “o aluno só será capaz de questionar o mundo, manipular os modelos e desenvolver os métodos se ele mesmo entrar nessa dinâmica de decisão, de escolha, de inter-relação entre a teoria e o experimento” (SERÉ; COELHO; NUNES, 2003, p. 39).

Segundo Seré, Coelho e Nunes (2003, p. 38), é necessário o entendimento de que para se descobrir um fenômeno é fundamental uma teoria e, sendo assim, existem diferentes formas de se conceber um experimento e chegar a um mesmo resultado comprovando essa teoria. Contudo, pode-se dizer que a teoria está à serviço da prática na extensão em que a teoria é útil para manipular e experimentar, ao mesmo tempo em que a prática está a serviço da aquisição de conhecimentos conceituais quando se trata de verificar uma teoria (SERÉ; COELHO; NUNES, 2003, p. 40).

Sabe-se que todo experimento pressupõe a organização da coleta de dados e, para o desenvolvimento de um experimento, é necessário considerar que “o mundo dos objetos” intervém diretamente na experimentação. Deve-se compreender que a prática experimental é intermediada por procedimentos e técnicas que a regem. Sendo assim, para o estudo de qualquer fenômeno em um laboratório de Física, é necessária a construção de um referencial empírico. Trata-se da escolha de um método, sendo os procedimentos o fio condutor na realização dos experimentos.

Em relação ao papel dos procedimentos na experimentação Seré, Coelho, Nunes (2003, p. 40-41) destacam:

Quando se trata de conceber um experimento, não se pode dispensar um determinado número de procedimentos. Na verdade, todo experimento pressupõe a organização da coleta de dados. É o que se chama de construção do referencial empírico. Trata-se, portanto, de uma escolha de métodos [...]. É preciso escolher os parâmetros a serem variados. Pode-se também organizar o experimento com base em uma analogia. Todos esses métodos constituem objetivos procedurais, indispensáveis quando se quer realmente experimentar. Entre os métodos que podem constituir tais objetivos, deve-se considerar as técnicas de medição. Existe um tipo de negociação entre a manifestação do fenômeno e a técnica de medição, que consiste em satisfazer, da melhor forma possível, as condições de realização do fenômeno e da técnica de medição. Outros métodos, como os métodos de tratamento de dados, constituem também saberes procedurais. É preciso saber escolher entre utilizar ou não um resultado estatístico, otimizar a exatidão, evitar os erros sistemáticos etc. (SERÉ; COELHO; NUNES, 2003, p. 40-41)

Nesse âmbito, a prática experimental é descrita tanto por objetivos conceituais quanto por objetivos procedurais. Uma vez definidos cuidadosamente os objetivos, pretende-se que seja possível realizar experimentos sob diferentes abordagens, sendo essa uma forma viável de direcionar o aluno para a instrução científica (SERÉ; COELHO; NUNES 2003, p. 41).

Em relação a literatura que envolve as diferentes abordagens e os objetivos relacionados às práticas experimentais, nas últimas décadas, encontramos uma crescente e significativa produção bibliográfica desses trabalhos. Considerando a grande extensão de abordagens, o professor pode optar por diferentes enfoques ao propor um experimento, no que resultaria em diferentes alternativas de atividades para o aluno.

Ribeiro, Freitas e Miranda (1997, p. 445) destacam três principais objetivos conceituais da atividade de ensino de laboratório: permitir a aprendizagem de habilidades de manuseio de equipamentos; permitir a aprendizagem de conceitos, relações, leis e princípios; e, finalmente, permitir a aprendizagem do processo de experimentação. Sendo assim, conforme a abordagem de ensino de laboratório escolhida, é possível atender um ou mais desses objetivos (RIBEIRO; FREITAS; MIRANDA 1997, p. 445).

Para Grandini e Grandini (2004, p. 251), é possível identificar duas principais perspectivas que norteiam os objetivos do laboratório didático. Uma perspectiva defende a necessidade da prática em laboratório como um meio de sedimentar os conceitos expostos em aulas teóricas e, a outra perspectiva defende que, considerando a teoria aprendida, os objetivos

da prática em laboratório deveriam se voltar para a obtenção e análise de dados (GRANDINI; GRANDINI, 2004, p. 251).

Barolli, Laburú e Guridi (2010, p. 88-89) oferecem uma visão panorâmica sobre os principais trabalhos que a extensa bibliografia oferece a respeito das perspectivas que envolvem as práticas experimentais, por meio do laboratório didático de ciências. Em meio aos debates em torno do papel do laboratório didático, nota-se constante preocupação por parte dos pesquisadores e professores a respeito do desenvolvimento de metodologias e estratégias adequadas para um ensino cuja ênfase seja em trabalhos práticos de laboratório. Entre as mais distintas formas de representações metodológicas, é apresentado um debate em torno das diferentes funções atribuídas ao laboratório didático e que, conseqüentemente, guiam as práticas experimentais, são eles: laboratório como meio de explorar a relação entre a Física e a realidade, laboratório como estratégia para o desenvolvimento de conceitos e habilidades procedimentais, laboratório como ambiente de problematização de diferentes domínios do conhecimento, laboratório como lugar privilegiado para o trabalho em equipe, laboratório didático como estratégia motivadora para o ensino de ciências, laboratório como ambiente cognitivo fértil para o aprendizado de ciências e laboratório a partir da perspectiva da multimodalidade representacional (BAROLLI; LABURÚ; GURIDI, 2010).

Para Seré, Coelho e Nunes (2003, p. 31), a maneira clássica de utilizar o experimento é aquela em que o aluno não tem que discutir e, portanto, ele aprende como se adequar de um material, de um método e desenvolve maneiras de manipular uma lei fazendo variar os parâmetros e a observar um fenômeno. É possível mencionar ainda outra abordagem na qual a lei não é questionada, mas utilizada para calcular um parâmetro. Em outros casos, a experimentação é utilizada unicamente para comparar métodos experimentais. Já uma outra abordagem consiste em servir-se da teoria fazendo o uso da informática, com a finalidade de traduzir um conjunto de dados relativos a um fenômeno sob diferentes formas, sendo possível comparar modelos e determinar o domínio de validade de uma lei. Outra possibilidade diz respeito às atividades de produção, nas quais se explora de forma profunda a relação entre a teoria e o experimento. Nessa abordagem, o que se aprende de teórico é utilizado de forma diferente do habitual e as operações intelectuais utilizadas durante a ação diferem das necessárias para a resolução de problemas. Sendo assim, torna-se frequente aplicar e trabalhar regras intuitivas, derivadas de seus conhecimentos procedurais ou de hábitos adquiridos, ao invés de princípios físicos elaborados (SERÉ; COELHO; NUNES, 2003, p. 31-32).

Nedelsky (1958) delimita em seu trabalho que a função central do laboratório seria a de permitir que os alunos investigassem os diferentes pontos existentes da relação entre a física e a realidade, ou seja, familiarizar o aluno com vários aspectos em relação à natureza física para a natureza da própria realidade. É ainda argumentado pela autora que o modelo sugerido de experimento deve ser a prática voltada para a verificação, pois estimula o interesse dos alunos e pode ser facilmente incorporado no sistema existente. Partindo dessa proposta baseada na visão empirista da educação científica, a autora defende o laboratório didático como um processo de pesquisa, no qual devem ser considerados os aspectos relacionados ao planejamento de experimentos, previsão de resultados e comparação entre os resultados obtidos e esperados (NEDELSKY, 1958).

Michels assume uma postura semelhante à de Nedelsky. O autor aponta que a importância da função do trabalho experimental no ensino de física está ligada na maneira de como a interação da teoria e do experimento resultam no crescimento da ciência física. O ambiente laboratorial é tomado como uma ferramenta única e exclusiva de instrução, cujos requisitos gerais para um bom experimento são propostos e os problemas de sua aplicação são debatidos (MICHELS, 1965).

Dito isso, entende-se que a compreensão de Nedelsky e Michels sobre a função do laboratório didático se baseia exclusivamente na ideia de colocar a prática experimental como um objeto auxiliar, voltado apenas para um ambiente de exploração da relação entre a física e a realidade, deixando de lado o desenvolvimento de conceitos e habilidade procedimentais.

Há autores como Barolli e Villani (1998) que, além de colocar o laboratório didático como um ambiente capaz de ampliar a capacidade interpretativa e explicativa dos processos de ensino-aprendizagem que transcendem a esfera do cognitivo, também valoriza “a investigação dos momentos nos quais os estudantes encontram-se realmente em contato com os elementos que constituem seu ambiente de aprendizagem”. (BAROLLI; VILLANI, 1998, p. 147). São colocados em ênfase, os vínculos que a interação humana e a articulação da dinâmica dos trabalhos em equipes podem proporcionar à chamada “experiência de aprendizagem”, como coloca a autora.

Segundo Barolli e Villani (1998), esta “experiência de aprendizagem” diz respeito a:

[...] um processo que também se configura por uma conjunção de acontecimentos e de vínculos de diferentes naturezas entre os sujeitos que dela participam, de causas que nem sempre resultam em efeitos esperados, enfim, por uma diversidade de eventos que se sucedem e se transformam não de forma linear, mas, quase sempre, de modo instável e imprevisível (BAROLLI; VILLANI, 1998, p. 146).

Existem outros trabalhos que buscam investigar e identificar dimensões ligadas às questões subjetivas do ser humano, transcendendo a área da cognição. Laburú (2006), por exemplo, apresenta algumas estratégias e fundamentos para a elaboração de um experimento mais estimulante, fazendo uso dessas práticas como meio de promoção do interesse do aluno em atividades de ensino. O autor cita que segundo Charlot (2000), qualquer aula interessante comporta uma relação com o saber e o aprender e que, conseqüentemente, toda relação com o saber se transpõe na relação do sujeito com o mundo, consigo e com o outro. Contudo, quando se trata do assunto de prender a atenção dos alunos, as atividades experimentais, quando embutidos os traços motivadores, têm o seu papel significativo de servir de investigação para disparar a motivação na aprendizagem (LABURÚ, 2006, p. 385).

Em outro trabalho, Laburú e Silva (2011) dão continuidade às reflexões existentes na literatura da área de educação científica que tratam do papel desempenhado pelo laboratório didático no ensino das ciências. O autor situa o laboratório didático a partir de uma perspectiva semiótica baseada no referencial da multimodalidade representacional, no qual defende-se a importância desse espaço, na escola, para apropriação, consolidação e aprimoramento dos conceitos científicos. Defende-se a ideia fundamentada na ação experimental sobre e com os objetos do mundo natural e instrumentação envolvida como uma modalidade representacional que deveria compor o espectro multimodal de representações de ensino, com o objetivo de tornar o discurso e as ideias científicas mais integradas e significativas (LABURÚ; SILVA, 2011, p. 721).

Já Gaspar (2005) destaca que embora a motivação seja um aspecto importante pelo interesse que a demonstração experimental desperta nos alunos, os trabalhos que dão ênfase ao caráter motivacional não procuram descrever os meios pelos quais é possível concluir que essa utilização proporciona uma melhoria no ensino e aprendizagem em sala de aula. (GASPAR; MONTEIRO, 2005, p. 230). Contudo, o autor apresenta em seu trabalho alguns fundamentos importantes para o uso de atividades experimentais de demonstrações nas salas de aulas a partir do referencial da teoria sociocultural de Vygotsky. Segundo Gaspar (2005), a importância do

uso de demonstrações experimentais está vinculada à proposta efetiva de se ensinar e aprender conceitos científicos em ambientes informais e, a partir disso, vir a favorecer uma aprendizagem baseada na compreensão e na aquisição formal e mais aprofundada desses mesmos conceitos. Sendo assim, a teoria sócio-cultural de Vygotsky apresenta ideias que o autor acredita oferecer indicações válidas para a sustentação de sua proposta, que contempla características específicas desse procedimento, como o papel da interação social, desencadeadas pela demonstração experimental e a importância da mediação simbólica cujo uso ela possibilita (GASPAR; MONTEIRO, 2005, p. 230).

Como é possível apontar, a prática experimental no laboratório didático de física tem o seu papel importante para a educação científica, pois têm o potencial de colocar estudantes frente aos fenômenos representados por leis e teorias que permeiam o ensino de ciências. Hodson (1994, p. 313), nos exorta sobre a importância deste ambiente como um lugar de oportunidades para os alunos testarem suas hipóteses, indagações, curiosidades e reflexões. O autor se refere às atividades como uma estratégia de ensino de grande potencial para o desenvolvimento de uma cultura científica capacitada a promover uma visão mais íntegra da ciência (HODSON, 1994, p. 313).

Para o uso adequado e eficiente do trabalho prático na educação, o autor destaca que é conveniente que o ensino de ciências consista em aprender ciências, adquirir e desenvolver conhecimentos teóricos e conceituais; aprender sobre a natureza da ciência, desenvolver uma compreensão da natureza e os métodos da ciência e estar sempre ciente das complexas interações da ciência e sociedade; e, por fim, contar com a prática da ciência para o desenvolvimento de conhecimentos e técnicas sobre a pesquisa científica e resolução de problemas (HODSON, 1994, p. 305).

Dessa forma, Hodson (1994, p. 300) defende que o trabalho prático/experimental no ensino de Física pode ser eficaz para ensinar técnicas de laboratório, intensificar a aprendizagem dos conhecimentos científicos, proporcionar uma noção sobre os métodos científicos e desenvolver habilidades para a sua utilização, desenvolver determinadas atitudes científicas e motivar os estudantes, estimulando o interesse e a diversão.

Tendo em vista a importância do papel das atividades experimentais para o ensino, as discussões apresentadas neste capítulo são relevantes na medida em que contribuem para a reflexão crítica e teórica sobre a natureza dessa prática, sendo possível compreender qual o seu

papel, quais as estratégias e as diferentes formas de abordar as atividades experimentais nos contextos das aulas de Física, mais especificamente, de Eletromagnetismo. Além do mais, pode-se dizer que a importância dessa investigação repousa veemente na possibilidade de identificação das diferentes abordagens metodológicas que assumem o ensino de laboratório.

3 ABORDAGENS PARA O ENSINO EXPERIMENTAL DE FÍSICA

Trabalhos desenvolvidos por pesquisadores na área de ensino de Física possibilitam resgatar diferentes abordagens e classificações dos laboratórios para o ensino experimental de Física. O resgate dessas abordagens permitirá identificar as diferentes formas de inserir o laboratório didático no processo de ensino-aprendizagem. Dessa forma, apresentamos neste capítulo algumas das principais concepções de laboratório utilizados no ensino experimental de Física, em que estas são caracterizadas por descreverem procedimentos típicos e próprios, podendo assumir diferentes propostas e estratégias quanto ao seu modo de organização.

O ensino de laboratório, quanto à sua disposição, pode ser classificado em duas principais vertentes: ensino de Laboratório Estruturado (LE) e ensino de Laboratório Não-Estruturado (LNE). Segundo Ribeiro (1997, p. 445), o Laboratório Estruturado oferece aos alunos instruções detalhadas e pré-estabelecidas que guiam o procedimento experimental, conduzindo-os a produzir resultados específicos. Enquanto o Laboratório Não-Estruturado deixa o procedimento à disposição do aluno (RIBEIRO; FREITAS; MIRANDA, 1997, p. 445).

A partir dessa classificação, é possível considerar três principais abordagens de ensino de laboratório alinhados às perspectivas de Moreira e Levandowsky (1983), são eles: o Laboratório Programado, o Laboratório com Ênfase na Estrutura do Experimento; e o Laboratório sob um Enfoque Epistemológico (ROSA, 2003, p. 101).

Em relação ao ensino de Laboratório Programado, além de pertencer à classe de Laboratório Estruturado, se destina aos objetivos de proporcionar a aprendizagem de habilidades de manuseio de instrumentos e a aprendizagem dos conteúdos teóricos apresentados e ministrados em sala de aula. Nele, o aluno é guiado através de um procedimento destinado a produzir resultados específicos. Dessa forma, o procedimento dos roteiros é bem detalhado e, por consequência, utiliza-se algum modelo de ensino como referencial teórico-pedagógico. Faz-se o uso dessa abordagem quando se quer facilitar a aprendizagem de conhecimentos já estabelecidos, ou seja, de conceitos, relações, leis e princípios (ROSA, 2003, p. 102).

Já o ensino de Laboratório com Ênfase na Estrutura do Experimento pertence à classe de Laboratórios Não-Estruturados e se volta aos objetivos de proporcionar tanto habilidades de manuseio de equipamentos, quanto a aprendizagem do conteúdo ministrado em sala de aula.

Diferentemente do Laboratório Programado, destina-se ao objetivo de propiciar a aprendizagem da experimentação em seu âmbito estrutural, no qual o aluno deve identificar a estrutura do experimento. Caracteriza-se a estrutura do experimento como sendo “a identificação das diversas partes que compõem um experimento, a descrição das funções de cada parte, bem como das relações funcionais entre essas partes” (ROSA, 2003, p. 102-3).

Segundo Rosa (2003, p. 103), para o caso do Laboratório sob um Enfoque Epistemológico, pode-se dizer que pertence a classe de Laboratório Não-Estruturado e se destina aos mesmos objetivos que as abordagens anteriores, porém, difere-se no objetivo que diz respeito à aprendizagem da experimentação, na qual são trabalhados aspectos referentes à identificação da natureza do conhecimento e como ele é produzido no laboratório, por parte dos estudantes. Aborda-se a questão da natureza do conhecimento e a forma como é produzido. Nesse sentido, utiliza-se o procedimento apenas como um auxílio na determinação da natureza do conhecimento, assim fornecendo um modelo heurístico que possa contribuir na compreensão da estrutura epistemológica dos experimentos (RIBEIRO; FREITAS; MIRANDA, 1997, p. 445).

Ainda assim, sob as perspectivas de Pinho Alves (2000), pode-se mencionar cinco abordagens laboratoriais que envolvem a prática experimental: Laboratório de Demonstração; Laboratório Tradicional; Laboratório Divergente; Laboratório Biblioteca; e Laboratório de Projetos ou Aberto.

O Laboratório de Demonstração se destina ao objetivo principal de ilustrar determinado fenômeno físico, permitindo uma melhor compreensão dos conceitos envolvidos, da mesma forma em que torna o conteúdo mais interessante. Além disso, desenvolve-se a habilidade de observação e reflexão. Dessa forma, é exigido pouco envolvimento do aluno com o equipamento, mesmo podendo acompanhar todas as etapas de raciocínio lógico envolvidos no processo de demonstração (ROSA, 2003, p. 101).

Já o Laboratório Tradicional se volta especificamente no objetivo de desenvolver habilidades específicas relacionadas ao manuseio de equipamentos, obtenção e análise de dados e a verificação de leis ou fenômenos. Nessa abordagem, utiliza-se um roteiro-guia bem estruturado e organizado que serve de orientação para o aluno, levando-o a desenvolver uma sequência pré-estabelecida de instruções, a fim de se chegar em uma dada conclusão particular. Sendo assim, desenvolvem-se atividades como forma de introdução ao método científico, ao

passo em que o aluno é direcionado a trabalhar a partir da observação do fenômeno, para a obtenção dos dados por meio de um arranjo experimental estabelecido, seguido da análise desses dados e elaboração da conclusão (ROSA, 2003, p. 101).

No Laboratório Divergente, os estudantes desenvolvem atividades partindo inicialmente de um cronograma organizado pelo professor, pois, é só depois de adquiridas as habilidades e os conhecimentos experimentais necessários, que terão a liberdade de escolher um conteúdo ou assunto de seu interesse para o aprofundamento. Além da possibilidade de realizar diversos experimentos de acordo com a preferência pessoal, o estudante possui autonomia de escolha sobre o melhor procedimento experimental a seguir. Em consequência, exige-se um laboratório bem equipado e que atenda às necessidades e preferências dos estudantes. É por meio desta modalidade de laboratório que o aluno tem a possibilidade de trabalhar com sistemas físicos reais, da mesma forma que tem a oportunidade de trabalhar com questões que envolvem a dinâmica de resolução de problemas, já que os resultados não são pré-concebidos, e possuem a liberdade de decidir quanto ao procedimento experimental a ser adotado (ROSA, 2003, p. 101-102).

No Laboratório de Projetos, flexibiliza-se ainda mais a atividade do aluno frente às atividades experimentais de investigação. Nela, além do aluno ter a possibilidade de decidir sobre seu horário de trabalho para cumprir os objetivos pré-propostos pelo professor, pode elaborar e construir o seu cronograma de tarefas, da mesma maneira em que poderá escolher as devidas estratégias para abordar o assunto escolhido em que será estudado (ROSA, 2003, p. 102).

Sendo uma abordagem menos formal, o Laboratório Biblioteca consiste em experimentos de rápida execução que são montados, ficando à disposição dos alunos, assim como livros de uma biblioteca. Dessa forma, o material disponibilizado pretende o fácil manuseio, de modo a permitir a realização de dois ou mais experimentos na aula de laboratório. Em relação ao modo em que se organiza, o Laboratório Biblioteca não foge do Laboratório Tradicional (PINHO ALVES, 2000).

Levando em consideração a exposição de todas essas abordagens laboratoriais, é possível verificar o grau de direcionamento das atividades laboratoriais propostas em função de seu caráter de verificação, demonstração e investigação.

As atividades experimentais de Demonstração se caracterizam por desenvolver a habilidade de observação e reflexão do aluno, pois mesmo tendo pouco envolvimento com o equipamento, ele acompanha todas as etapas de raciocínio lógico do processo de demonstração por parte do professor (ROSA, 2003, p. 101).

O aluno assume o papel de observador enquanto o professor é o agente do processo, pois cabe a ele conduzir, demonstrar e apresentar o modelo teórico, utilizando um único equipamento para realizar a atividade que contempla todos os alunos. Sendo assim, as atividades de demonstração não necessitam de uma sala convencional de laboratório e podem ser apresentadas em diferentes ambientes (CHAVES; HUNSCHE, 2014, p. 4-5).

Por meio da experimentação de Demonstração promove-se um espaço favorável para elaboração de representações concretas, a partir de ilustrações de alguns aspectos dos fenômenos físicos abordados em sala de aula. Portanto, a atividade experimental de demonstração é na maioria das vezes, utilizada como um recurso de apresentação dos fenômenos e conceitos físicos, no qual prioriza-se a abordagem qualitativa. É a partir dela que o aluno tem a possibilidade de acessar e adquirir conceitos científicos, ao relacionar aspectos que envolvem elementos da realidade e de experiência pessoal (CHAVES; HUNSCHE, 2014, p. 5).

Mesmo sendo uma prática que oferece um menor envolvimento do aluno no manuseio de equipamentos, pode incorporar elementos que promovam um espaço mais flexível para discussões. De acordo com Araújo e Abib (2003), essa abertura para discussões e reflexões podem proporcionar:

[...] um aprofundamento nos aspectos conceituais e práticos relacionados com os equipamentos, a possibilidade de se levantar hipóteses e o incentivo à reflexão crítica, de modo que a demonstração consistiria em um ponto de partida para a discussão sobre os fenômenos abordados, com possibilidade de exploração mais profunda do tema estudado. (ARAÚJO E ABIB, 2003, p 181)

As atividades de Verificação diferem-se das atividades de demonstração em diferentes aspectos pois, além de desenvolver habilidades específicas relacionadas ao manuseio de equipamentos, obtenção e análise de dados, priorizam-se principalmente a verificação de leis, teorias e fenômenos físicos (ROSA, 2003, p. 101).

Nessa abordagem experimental, o aluno é o agente do processo e realiza as atividades acerca de um fenômeno previamente determinado pelo professor, seguindo instruções de um roteiro pré-estabelecido. Dessa forma, o aluno aprende a manipular uma lei, observar fenômenos e utilizar os materiais e métodos. Muitas das atividades de verificação são utilizadas com o propósito de calcular parâmetros e comparar métodos experimentais (CHAVES; HUNSCHE, 2014, p. 6).

De acordo com Rosa (2003, p. 101) “o aluno é levado a desenvolver uma sequência preestabelecida de instruções, em que cada passo é previamente planejado para permitir, no final, o estabelecimento de uma dada conclusão específica”. Nesse sentido, a prática parte da observação do fenômeno, em sequência da obtenção de dados a partir de um determinado arranjo experimental, em que normalmente é acompanhado por um roteiro-guia altamente estruturado e organizado, sendo realizadas as análises desses dados e, finalmente, estabelecidas as conclusões (ROSA, 2003, p. 101).

É uma prática experimental que requer a participação mais ativa do aluno, pois é através dela que se pode interagir com a montagem dos equipamentos e instrumentos específicos, desenvolvendo também a capacidade de trabalhar em grupos. Mesmo assim, é uma atividade que, por seguir um roteiro já estabelecido, limita de forma considerável a tomada de decisões e o questionamento por parte dos alunos (CHAVES, HUNSCHE, 2014, p.6). Portanto, as atividades de demonstração tomam por base propostas que se baseiam na utilização de laboratórios estruturados (LE), uma vez que este faz o uso de roteiros fechados, com poucas possibilidades de intervenção ao longo das etapas do procedimento experimental.

Ainda assim, de acordo com Araújo e Abib (2003), acredita-se que estas atividades, se forem conduzidas adequadamente:

[...] podem contribuir para um aprendizado significativo, propiciando o desenvolvimento de importantes habilidades nos estudantes, como a capacidade de reflexão, de efetuar generalizações e de realização de atividades em equipe, bem como o aprendizado de alguns aspectos envolvidos com o tratamento estatístico de dados e a possibilidade de questionamento dos limites de validade dos modelos físicos. (ARAÚJO; ABIB, 2003, p.184)

Já as atividades experimentais de Investigação tomam por base propostas que envolvem a utilização de Laboratórios Não-Estruturados. O emprego de abordagens não estruturadas

como meio de investigação, ao permitirem que os alunos testem hipóteses, possibilitam o desenvolvimento da capacidade de observação, de descrições de fenômenos e de reelaboração de explicações causais. Conseqüentemente, essas atividades contribuem na construção do conhecimento, assim como na reflexão e no progresso intelectual dos estudantes (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 184).

Segundo Força, Laburú e Silva, (2011), a utilização de Laboratórios Não-Estruturados como atividade de investigação proporciona aos alunos participação quase autônoma no trabalho experimental e, podem exigir dos mesmos um tempo maior de estudo, já que as etapas de execução, análise e conclusões demandam um maior envolvimento. Sendo assim, a eficiência dessa abordagem depende exclusivamente da participação e do envolvimento dos estudantes no processo de aprendizagem. Uma vez que experimentações desse tipo, ao contrário do ensino tradicional, motivam a participação ativa e autônoma dos estudantes, possuem sua relevância ao facilitar a aprendizagem de conceitos científicos, na medida em que proporcionam mudanças conceituais e possibilitam melhor entendimento dos fenômenos físicos estudados (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 184).

Neste tipo de abordagem, o envolvimento do aluno é completo já que ele é responsável por conduzir e desenvolver a sua investigação. Mesmo sendo uma prática experimental que envolve a constante participação dos estudantes, é de fundamental importância a participação dos professores para estimular e auxiliar os alunos na busca de explicações causais, através da qual torna-se possível alcançar um novo estágio no aprendizado dos conceitos abordados (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 184 apud GONÇALVES; CARVALHO, 1995, p. 14).

As atividades de Investigação podem assumir diferentes enfoques e objetivos relacionados às suas abordagens. Na maioria dos casos, o uso de experimentos de investigação é proposto como uma forma de utilizar a experiência para solucionar alguma questão ou problema. Nesse laboratório, para a solução de um problema, é necessária a realização de algumas etapas que envolvem a proposta do problema, na qual é apresentada a problemática e se incentiva a curiosidade dos alunos em relação aos conceitos físicos; levantamento de hipóteses, no qual são realizadas as discussões acerca da problemática e o levantamento de hipóteses por parte dos alunos; elaboração do trabalho, no qual se planeja o experimento; montagem do arranjo experimental e coleta de dados, na qual os alunos têm a oportunidade de manipular e intervir no experimento; análise de dados, momento em que os dados obtidos são

analisados considerando a problemática envolvida; e conclusão, momento no qual verifica-se a validação das hipóteses (CHAVES; HUNSCHE, 2014, p. 7, apud, AZEVEDO, 2004, p. 88).

Nessa mesma linha de abordagem, em que se prioriza a sequência de ensino que envolve uma problematização inicial, é possível criar situações que são capazes de ofertar elementos concretos que poderão servir de suporte para um diálogo que favoreça mudanças conceituais pretendidas. Muitas vezes, essa mudança conceitual pode ser alcançada a partir de atividades experimentais qualitativas de enfoque construtivista, na qual se prioriza a criação de uma problemática, em seguida da montagem e execução do experimento, realizando a organização dos conhecimentos adquiridos e, por fim, a aplicação desses conhecimentos a diferentes situações das que foram propostas inicialmente. A partir dessa modalidade experimental, é possível investigar as relações entre os conceitos espontâneos e experimentos simples, ao mesmo tempo em que oferece condições para a ampliação do conhecimento científico por parte dos estudantes (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 184-185).

Ainda existem aqueles que propõem as atividades de Investigação como uma possibilidade de introdução de noções relacionadas aos erros e às medições. Nesta abordagem, o processo investigativo pode basear-se tanto na realização de medidas e obtenção de erros, quanto para demonstrar o funcionamento de equipamentos tecnológicos e digitais. Sendo assim, valoriza-se habilidades relacionadas à aplicação tecnológica de conceitos que envolvem a Física contemporânea presentes no cotidiano dos estudantes e, conseqüentemente, necessita-se do uso de ferramentas computacionais para a coleta e análise dos dados. Cria-se um ambiente favorável que auxilia o processo de reconstrução conceitual, ao desenvolver a capacidade reflexiva e crítica dos estudantes (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 185).

Já outras abordagens experimentais de investigação dão enfoque ao problema da redescoberta no qual o aluno tem à sua disposição diversas variedades de equipamentos e situações que o conduz a uma descoberta de fenômenos. As atividades investigativas desse tipo podem ser propostas até mesmo para a verificação de uma lei, colaborando para o aprendizado de uma determinada lei que envolve o fenômeno físico em que quer ser estudado e explorado (ROSA, 2003, p. 102).

Por fim, verifica-se que o laboratório didático pode ser concebido de diversas maneiras em razão dos diferentes objetivos e propostas de utilização em que este pode assumir. Cabe salientar que para implementar o laboratório didático no processo de ensino-aprendizagem, faz-

se necessário considerar que a escolha por uma proposição metodológica está diretamente relacionada à esfera interna do processo didático.

4 EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA: ALGUMAS TEORIAS MODERNAS SOBRE O DESENVOLVIMENTO A CIÊNCIA

Nas últimas décadas, a epistemologia tem conquistado sua relevância para o estudo do desenvolvimento da ciência. A sua importância surge através do fato de que a ciência e a tecnologia são frutos da cultura moderna que envolve o universo empirista e pragmatista da pesquisa aplicada e básica. Sendo assim, a epistemologia pode ser definida como sendo o estudo crítico dos princípios, das hipóteses e dos resultados das diversas ciências, ou seja, é a teoria do conhecimento. Seu objetivo principal compõe-se na reconstrução racional do conhecimento científico, identificar e analisar todo o processo gnosiológico da ciência do ponto de vista lógico, linguístico, sociológico, político, interdisciplinar, filosófico, histórico, entre outros (TESSER, 1995, p. 91-92). Muitos pensadores e filósofos têm se dedicado na reflexão deste tema complexo e bastante amplo, no questionamento incessante sobre o desenvolvimento da ciência e da tecnologia.

Antes de iniciar a discussão sobre as principais teorias do conhecimento, é importante esclarecer que a exposição das epistemologias não corresponde, necessariamente, ao pensamento que rege o trabalho. Sendo assim, assumimos como propósito deste capítulo introduzir e discutir os principais desenvolvimentos das teorias modernas sobre a natureza da ciência e seus métodos.

Francis Bacon (1561-1626) foi um dos primeiros estudiosos a tentar formular o que é o método da ciência moderna. Ele propôs em seu estudo uma visão indutivista da ciência que teria como objetivo o melhoramento da vida do homem na Terra e isso seria alcançado por meio da coleta de fatos com observação, derivando teorias a partir daí (CHALMERS, 1939 p. 19.). Nesta concepção, a ciência é vista como conhecimento derivado a partir dos dados da experiência e é baseada no raciocínio indutivo.

De acordo com a concepção indutivista, a ciência se inicia a partir da observação neutra e imparcial, sendo através do uso direto dos sentidos do observador que se torna possível deduzir afirmações a respeito do estado do mundo, ou as chamadas proposições de observação, sendo estas a base a partir da qual as leis e teorias que constituem o conhecimento científico devem ser derivadas. É também a partir da cuidadosa observação que se pode justificar e estabelecer essas afirmações como sendo verdadeiras. Dessa forma, pode-se dizer que

afirmações desse tipo pertencem a classe de afirmações singulares, que se referem a uma ocorrência específica ou a um estado de coisas num lugar e tempo específicos, ou seja, todas as proposições de observação vão ser afirmações singulares (CHALMERS, 1939, p. 23-24). Uma vez que certas condições sejam satisfeitas, é aceitável generalizar a partir de uma lista finita de afirmações singulares para uma lei universal, em que este tipo de raciocínio denomina-se indutivo.

Segundo Chalmers (1939, p. 27), na medida em que a base de dados da observação aumenta e os fatos se tornam mais refinados, devido a aperfeiçoamentos em nossa capacidade de observação e experimentação, cada vez mais leis e teorias de maior generalidade são construídas por raciocínio indutivo. Para o indutivista, uma característica importante da ciência é sua capacidade de prever e explicar. No caso de um cientista ter leis e teorias à sua disposição, é possível derivar delas consequências que prestam como explicações e previsões (CHALMERS, 1939, p. 27).

Dessa forma, o método indutivista da ciência baseia-se na visão empirista-verificacionista que consiste em descobrir leis e teorias a partir de resultados experimentais obtidos por meio da rigorosa e meticulosa observação. Nesse sentido, compreende-se a experiência sensível como a única forma genuína de fonte de conhecimento, em que uma proposição só passa a ter significado se puder ser verificada ou confirmada a partir de seu confronto com observações empíricas (TAVARES, 2010, p. 14). Dessa forma, o indutivismo trata-se de um método caracterizado necessariamente por quatro etapas principais, sendo a primeira delas, a observação e o registro dos fatos, seguida da análise e classificação desses fatos, para assim ser possível a derivação indutiva de uma generalização, a fim de se obter por meio de inferências a constatação e a verificação das proposições universais.

Uma vez que se têm leis e teorias científicas universais à disposição, é possível derivar delas várias consequências que servem como explicações e previsões. Para isso, utiliza-se o raciocínio dedutivo. Sendo assim, as principais características do método dedutivo foram defendidas pelo matemático e filósofo francês René Descartes (1596-1650) que consiste na aplicação da lógica à ciência. Portando, foi em sua obra intitulada “Discurso do Método” que se lançou os primeiros fundamentos do método científico moderno. Mesmo concordando com grande parte dos ideais de Francis Bacon, Descartes enfatizava que os sentidos devem ser questionados e não são o caminho para o conhecimento verdadeiro. Nesse sentido, o filósofo

propôs uma instrumentalização da natureza repousando-se sobre o pensamento matemático e racional dos fenômenos utilizando a justificativa de que para se compreender um todo bastaria se compreender suas partes (DESCARTES, 2009).

Desde então, a teoria de Bacon tem sido modificada, aperfeiçoada e até mesmo desafiada por diversos estudiosos. O próprio falsificacionismo defendido por Karl Popper (1902-1994) foi desenvolvido como uma tentativa de melhoria do indutivismo, contendo refutações consideráveis do positivismo lógico. Diferentemente do indutivismo, o falsificacionista reconhece a limitação da indução e admite que a observação pressupõe a teoria e é orientada por ela. O falsificacionismo consiste na reformulação do papel que as observações empíricas desempenham no teste e aceitação das teorias científicas, pois as teorias são interpretadas como conjecturas especulativas ou até mesmo suposições criadas pelo intelecto humano, com o intuito de superar problemas encontrados por teorias anteriores e dar uma explicação apropriada do comportamento de algum aspecto do mundo e do universo (TAVARES, 2010, p. 17). As teorias especulativas devem ser testadas rigorosamente por observação e experimentação e, se caso não resistirem aos testes, devem ser eliminadas ou substituídas por conjecturas especulativas ulteriores (CHALMERS, 1939, p.73). Nesta concepção, a ciência evolui por tentativa e erro, por conjecturas e refutações.

A qualificação e o progresso são conceitos importantes na explicação falsificacionista da ciência. O falsificacionista exige que as hipóteses científicas sejam falsificáveis, ou seja, quanto mais altamente falsificável for a teoria, mais informativa e relevante ela será sobre as afirmações decisivas do mundo. É exigido pelo que as teorias sejam afirmadas com clareza suficiente para correr o risco de falsificação. Ainda assim, as teorias que foram falsificadas devem ser inexoravelmente rejeitadas, pois se revelarão inadequadas para a descrição do mundo. As falsificações tornam-se então os pontos fundamentais de referência. Para citar Chalmers (1939) “O empreendimento da ciência consiste na proposição de hipóteses altamente falsificáveis, seguidas de tentativas deliberadas e tenazes de falsificá-las. (p.69)”

Nesta visão de ciência, não se deve dizer que uma teoria é verdadeira, por mais que tenha superado e passado por testes rigorosos, mas pode-se dizer que uma teoria é superior aos seus antecedentes, no sentido de sua capacidade de superar os testes que falsificaram aquelas anteriores. Das teorias que resistem aos testes realizados na tentativa de falseá-las, compreende-se que elas possuem alto grau de corroboração, ou são bem corroboradas (TAVARES, 2010, p.

18). Contudo, as teorias jamais podem ser estabelecidas como verdadeiras ou provavelmente verdadeiras quaisquer que sejam as provas disponíveis para a falsificação (CHALMERS, 1939, p. 72).

Diante disso, o método falsificacionista da ciência visa, antes de tudo, a substituição da busca pela comprovação experimental por uma tentativa de simples corroboração baseada no falseamento das teorias, ou seja, consiste na reformulação do papel que as observações empíricas desempenham na aceitação das teorias científicas. A meta da ciência torna-se a de falsificar teorias e substituí-las por outras melhores, que demonstrem maior possibilidade de serem testadas. As confirmações de teorias novas são tomadas como importantes, na medida em que provam que uma teoria nova é um aperfeiçoamento da teoria que está sendo substituída.

Ainda assim, nota-se que os relatos indutivistas e falsificacionistas da ciência são por demais limitados, pois nem a ênfase indutivista na derivação indutiva de teorias da observação e nem o método falsificacionista de conjecturas e falsificação são capazes de trazer uma caracterização apropriada da gênese e do crescimento de teorias complexas. Situações mais avançadas envolvem considerar as teorias como um todo estruturado.

Lakatos (1922-1974) desenvolveu sua descrição de ciência criando um programa de pesquisa denominado “Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica” como uma tentativa de melhorar e superar as objeções do falsificacionismo popperiano. A razão pela qual Lakatos afirma que teorias constituem todos estruturais de algum tipo, origina-se de um estudo da história da ciência e liga-se fortemente à dependência que a observação tem da teoria. O fundamento histórico revela que o progresso das principais ciências demonstra uma estrutura que não é captada pelos relatos indutivistas e falsificacionistas (CHALMERS, 1939, p. 112).

Lakatos se refere a um programa de pesquisa como sendo uma estrutura que fornece orientação tanto positiva quanto negativa para a pesquisa futura. A heurística positiva é constituída por uma pauta geral que indica como pode ser desenvolvido o programa de pesquisa, indicando aos cientistas o tipo de atividade que devem exercer e como o núcleo deve ser complementado para explicar e prever fenômenos e fatos reais. Em suas próprias palavras, “A heurística positiva consiste em um conjunto de sugestões ou indícios parcialmente articulados de como mudar, desenvolver, as ‘variantes refutáveis’ de um programa de pesquisa, como modificar, sofisticar, o cinturão protetor ‘refutável’.” (LAKATOS, 1979; p. 165). Já a heurística negativa de um programa diz respeito à proteção de seu núcleo irredutível, ou seja, às

suposições básicas subjacentes ao programa, exigindo-se que este deve permanecer intacto e sem modificações. O núcleo irreduzível é protegido da falsificação por um cinturão de hipóteses auxiliares e condições iniciais (CHALMERS, 1939 p. 112).

O núcleo irreduzível assume a forma de alguma hipótese teórica geral que constitui a base pela qual o programa deve se desenvolver, ou seja, é a característica que define o programa de pesquisa. Na prática, qualquer cientista que alterar ou modificar este núcleo sujeitou-se por sair deste programa de pesquisa específico. Além do mais, qualquer incoerência entre um programa de pesquisa e os dados de observação deve ser levada em consideração uma outra parte da estrutura teórica que se refere ao cinturão protetor, e não às suposições que constituem seu núcleo irreduzível. O cinturão protetor consiste em suposições subjacentes à descrição das condições iniciais, em proposições de observação e em hipóteses auxiliares que suplementam o núcleo irreduzível (CHALMERS, 1939, p. 113).

Portanto, um programa de pesquisa se inicia a partir do desenvolvimento de um cinturão protetor adequado e sofisticado, e sua introdução ocorre sem a consideração da observação ou apesar das aparentes falsificações desta. O trabalho no interior de um programa de pesquisa tem como função a expansão e modificação de seu cinturão protetor pela adição e articulação de hipóteses, de modo a alterar as hipóteses levantadas para resolver os problemas encontrados ao longo da investigação científica. Sendo assim, um programa de pesquisa deve se desenvolver até certo ponto, quando é necessário submetê-lo a testes de observação e, são as confirmações, mais que as falsificações, de especial importância.

O progresso científico ocorre a partir da proliferação de conjecturas engenhosas dentro dessa ordem, com a condição de que algumas das previsões resultantes dessas conjecturas provem ser ocasionalmente bem-sucedidas. Os testes experimentais determinam de forma direta as decisões de rejeitar uma hipótese, aquelas que sobrevivem são retiradas provisoriamente e aquelas que não sobrevivem são rejeitadas. Como o núcleo irreduzível e a heurística positiva servem para definir uma linguagem de observação bastante estável, a importância de uma observação para uma hipótese sendo testada não é tão problemática dentro de um programa de pesquisa (CHALMERS, 1939, p.118).

Uma segunda perspectiva de que uma teoria científica é uma estrutura complexa de algum tipo foi desenvolvida por Thomas Kuhn (1922-1996), como uma tentativa de oferecer uma proposta teórica mais coerente com a situação histórica, pelo ponto de vista dele. Um dos

traços importantes de sua teoria é o destaque dado ao caráter revolucionário do progresso científico, pois a ação revolucionária ocorre a partir do abandono de uma estrutura teórica e sua substituição por outra, incompatível. Diferentemente de Popper e Lakatos, o outro traço essencial que Kuhn traz ênfase em sua teoria diz respeito aos fatores sociológicos, ou seja, o importante papel que as características sociológicas desempenham nas comunidades científicas. Nesse ponto, podemos dizer que o relato de Kuhn precede a metodologia dos programas de pesquisa científica de Lakatos.

Na perspectiva de Kuhn, a ciência é compreendida como um tipo de atividade altamente determinada que visa a resolução de problemas dentro de uma unidade metodológica denominada paradigma. A atividade científica é considerada organizada e estruturada quando se atém a um único paradigma e os cientistas que trabalham dentro de um paradigma praticam aquilo que Kuhn denomina ser ciência normal. Sendo assim, o progresso da ciência ocorre da seguinte maneira: uma sequência de períodos de ciência normal, em que a comunidade científica adere a um paradigma, interrompidos por revoluções científicas, sendo os episódios extraordinários do processo científico marcados por anomalias e crises no paradigma dominante, culminando em sua ruptura (OSTERMANN, 1996, p. 185).

Um paradigma pode ser definido como um conjunto de suposições teóricas gerais, de leis e técnicas para a sua aplicação adotadas por uma comunidade científica. Além disso, um paradigma coordena e sistematiza a atividade de solução de charadas do grupo de cientistas normais que trabalham em seu interior. Os cientistas normais deverão articular e desenvolver o paradigma em sua tentativa de explicar e interpretar o comportamento de alguns fenômenos relevantes do mundo real, tais como revelados experimentalmente e, ao fazê-lo, experimentarão dificuldades e encontrarão falsificações aparentes. No caso de dificuldades como esta fugirem do controle, um estado de crise se estabelecerá. Estão incluídas nos paradigmas, as técnicas instrumentais e a instrumentação que são fundamentais para a aplicação das leis a uma variedade de tipos de situações do mundo real (CHALMERS, 1939, p. 124-125).

A ciência normal é retratada por Kuhn como sendo uma atividade de resolução de problemas governada pelas regras de um paradigma e estes poderão ser tanto de natureza teórica quanto experimental. Ostermann (1996) define a ciência normal como uma “tentativa de forçar a natureza a encaixar-se dentro dos limites preestabelecidos e relativamente inflexíveis fornecidos pelo paradigma” (OSTERMANN, 1996, p. 187). Sendo assim, ela implica em

tentativas detalhadas de articular um paradigma, partindo do propósito de melhorar a correspondência entre ele e a natureza. Nessa perspectiva, a ciência normal não tem como objetivo revelar novas espécies de fenômenos, mas está dirigida para a articulação daqueles fenômenos e teorias já fornecidos pelo paradigma (OSTERMANN, 1996, p. 187). Kuhn insiste na importância do papel que um paradigma desempenha para a orientação da busca e interpretação de fenômenos observáveis e concilia constantemente a dependência que a observação tem da teoria (CHALMERS, 1939, p. 125).

Para Kuhn, um fracasso em resolver um problema é visto sempre como um fracasso do cientista e não como uma falta de adequação do paradigma e, problemas que resistem a uma solução são interpretados mais como anomalias do que como falsificações de um paradigma. Contudo, fracassos podem ser encontrados e, em certos casos, até atingir um grau de seriedade que constitua uma crise séria para o paradigma. Kuhn reconhece que sempre haverá anomalias, e estas podem ser consideradas sérias se forem importantes para alguma necessidade social ou se forem vistas confrontando os próprios fundamentos de um paradigma, de maneira a conduzir sua rejeição e substituição por uma outra incompatível (CHALMERS, 1939, p.128).

Um período de “acentuada insegurança profissional” inicia a partir do momento em que as anomalias passam a apresentar problemas sérios para um paradigma, no qual tornam-se cada vez mais radicais as tentativas de resolução dos problemas vigentes. É nesse momento, que os cientistas começam a apresentar sua inquietação e descontentamento com o paradigma reinante. Uma vez que um paradigma tenha sido abatido e enfraquecido, ao ponto de sua comunidade científica perder a confiança, um período de revolução se inicia e a crise se instaura. A seriedade de uma crise se agrava quando surge um paradigma rival, sendo este diferente e incompatível com o antigo (CHALMERS, 1939, p. 129). Uma crise é superada com o surgimento de um paradigma inteiramente novo que atrai o apoio de um número crescente de cientistas até que o paradigma problemático é deixado de lado. Essa mudança descontínua constitui uma revolução científica, que corresponde ao abandono de um paradigma e a substituição por um novo, não por um único cientista, mas pela comunidade científica como um todo (CHALMERS, 1939, p.123).

Outro relato de ciência que podemos citar é aquele defendido e apresentado por Paul Feyerabend (1924-1994) em sua denominada teoria anarquista do conhecimento. Feyerabend tinha como ponto principal demonstrar em sua teoria a afirmação de que nenhuma das

metodologias de ciência que foram até então propostas possuem êxito já que são incompatíveis com a história da física e, portanto, essas metodologias fracassaram em fornecer regras adequadas para orientar as atividades dos cientistas. Sendo assim, é criticado fortemente em sua obra o fato de que é impossível esperar que a ciência seja explicada com base em algumas regras metodológicas simples. Segundo Feyerabend (1975 p. 295):

A ideia de que a ciência pode e deve ser governada de acordo com regras fixas e universais é simultaneamente não-realista e perniciosa. [...] a ideia é prejudicial à ciência, pois negligencia as complexas condições físicas e históricas que influenciam a mudança científica. Ela torna a ciência menos adaptável e mais dogmática. (FEYERABEND, 1975)

Nesse sentido, ele argumenta para o fato de que as escolhas e decisões dos cientistas não devem ser restringidas por regras estabelecidas nas metodologias de ciência e, portanto, na ciência vale de tudo, mas sempre considerando alguns limites.

Um aspecto importante do ponto de vista de sua teoria anarquista diz respeito à incomensurabilidade. Esse conceito defendido por Feyerabend, baseia-se fundamentalmente na concepção da dependência que a observação tem da teoria, a qual as interpretações dos conceitos e as proposições de observação que os empregam dependerão do contexto teórico em que ocorram. Sendo assim, torna-se impossível realizar comparações lógicas entre teorias rivais, pois, em alguns casos, os princípios fundamentais dessas teorias podem ser drasticamente diferentes e podem não compartilhar das mesmas proposições de observação. Pode-se dizer que as teorias rivais serão incomensuráveis (CHALMERS, 1939, p.176).

Porém, este fato não impede de que as teorias rivais não possam ser comparadas e, no entanto, umas das maneiras pela qual isso é possível relaciona-se com o ato de confrontar as teorias com uma série de situações observáveis, a fim de manter um registro do grau em que cada uma das teorias é compatível com aquelas situações, interpretadas em seus próprios termos. Uma outra maneira de comparar teorias implica em considerações de que se são coerentes ou não e se são aproximações seguras ou ousadas. Contudo, a escolha entre critérios e escolha entre teorias incomensuráveis leva a um aspecto da ciência necessariamente subjetivo (CHALMERS, 1939, p. 177-178).

Feyerabend defende em sua tese aquilo a que se refere como “atitude humanitária”, a qual os seres humanos individuais devem ser livres e possuir liberdade. Essa noção de liberdade

e independência do indivíduo segue a favor da tentativa de aumentar a liberdade em sua defesa do “cultivo da liberdade”. Dessa forma, sua visão anarquista da ciência ganha sustentação pois, ao considerarmos a particularidade da ciência, ele encoraja a liberdade de escolha entre a ciência e demais áreas do conhecimento, além de aumentar a liberdade dos indivíduos ao encorajar a eliminação de todas as restrições metodológicas (CHALMERS, 1939, p. 183).

Sua epistemologia representa a radicalização sobre os fundamentos da ciência, pois Feyerabend acredita que a existência de um método único limita o cientista e, por conta disso, defende a violação das regras metodológicas. Nesse contexto, Feyerabend parte do pressuposto de que na ciência tudo vale, já que a ideia de adotar um único método ou teoria funda-se em uma concepção ingênua do homem e de sua circunstância social (FEYERABEND, 1988a, p. 27).

No que se refere à relação existente entre as teorias científicas e o mundo em que se intenciona aplicá-las, diferentes são os pontos de vistas que buscam interpretar até que ponto as teorias podem ser construídas como uma busca de descrições verdadeiras do que o mundo realmente parece. Sabe-se até então que as teorias científicas são construções humanas e, portanto, estão sujeitas a mudanças, ao passo que o mundo físico em que se intenciona aplicar essas teorias não está sujeito a mudança. Contudo, tanto o realismo como o instrumentalismo adotam posições diferentes ao interpretar essa relação.

O realismo se fundamenta na ideia de que a ciência visa descrições verdadeiras de como o mundo realmente é e, portanto, teorias denominadas verdadeiras descrevem corretamente aquela realidade. Nesse sentido, o realismo incorpora tipicamente a noção da verdade de maneira a que é compreendida como a caracterização correta do mundo real. Contudo, no realismo, uma teoria que descreve corretamente algum aspecto do mundo é verdadeira, à medida que uma teoria que descreve algum aspecto do mundo de forma incorreta é falsa (CHALMERS, 1939, p. 188).

Dessa maneira, a posição do realismo envolve a típica noção de que existe uma realidade independente da nossa cognição, em que as afirmações da ciência são descrições fiéis de como a realidade é e, portanto, têm o status de verdades inquestionáveis.

Em contraste com o realismo, o instrumentalismo envolve a noção da verdade de forma mais restritiva. Nesse ponto de vista, as descrições do mundo observável serão verdadeiras ou

falsas se descritas corretamente ou não. As elaborações teóricas são projetadas antes em termos de sua utilidade como instrumentos, do que julgadas em termos de verdade ou falsidade, pois não podem corresponder a estados de coisas. Sendo assim, o objetivo da ciência passa a se restringir apenas em produzir teorias que sejam instrumentos convincentes para ligar um conjunto de situações observáveis a outra. Resumidamente, as “teorias científicas não são mais que conjuntos de regras para ligar um conjunto de fenômenos observáveis com um outro” (CHALMERS, 1979, p. 189).

Por fim, é importante salientar que as discussões apresentadas nesse capítulo sobre as principais linhas epistemológicas contemporâneas contribuem no desenvolvimento da pesquisa na medida em que nos oportuniza refletir e, ao mesmo tempo, criticar as filosofias implícitas nas Ciências e, principalmente, nas atividades experimentais. Como a epistemologia trata-se da construção racional da teoria do conhecimento científico, é a partir desse estudo que teremos a possibilidade de analisar e conhecer todo o processo que envolve o método científico aplicado às práticas experimentais. Isso implica questionar sobre os pressupostos e fundamentos teóricos-filosóficos e epistemológicos que têm orientado a produção do conhecimento, possibilitando que voltemos nossa atenção para como se tem processado a própria concepção de ciência nessa área.

Sendo assim, o estudo dos trabalhos sobre experimentação de física em seu contexto epistemológico nos permite explorar o caráter do processo gradual de construção do conhecimento, sendo capaz de apontar significativamente sobre o real processo científico. É importante ter essa compreensão da natureza da ciência para o ensino, pois, só assim será possível evidenciar o entendimento da prática docente e das intervenções a serem realizadas frente à complexibilidade do ensino e da aprendizagem no processo científico. É através desse estudo que seremos capazes de problematizar, questionar e discutir sobre a essência do processo pedagógico no ensino de Física em seu aspecto amplo. Só assim conseguiremos ir além dos modos fragmentados do raciocínio e compreender dialeticamente a teoria e a prática educacional. Só assim teremos a capacidade de recriar e criar o conhecimento no sentido de buscar elementos que nos direcionam a novos tipos de questionamento para a transformação da realidade educacional.

Portanto, todos esses fatores apontam o potencial do presente estudo como um elemento relevante no ensino de física e, é dessa forma que a compreensão das teorias modernas sobre a natureza da ciência contribuirão para o desenvolvimento deste trabalho.

5 METODOLOGIA DE CONSTITUIÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

A metodologia de constituição de dados deste trabalho de conclusão de curso se baseará em uma pesquisa bibliográfica, na qual haverá a necessidade de apropriação de documentos de natureza qualitativa e de técnicas voltadas para a análise de conteúdo. O propósito desta pesquisa foi de investigar as principais implicações, tendências e perspectivas de ensino sobre as atividades experimentais no conteúdo de Eletromagnetismo, nos níveis de Ensino Médio Superior, publicados na Revista Brasileira do Ensino de Física, entre os anos de 1979 até 2022.

A opção por delimitar nossa análise à produção científica desse periódico, justifica-se, pois além fazer publicações de artigos de alta qualidade, revisados por pares, essas destacam-se tendo em vista os seguintes fatores: a) publica artigos sobre aspectos teóricos e experimentais de Física, materiais e métodos instrucionais, desenvolvimento de currículo, pesquisa em ensino, história e filosofia da Física, política educacional; b) busca promover e divulgar a Física e ciências correlatas, contribuindo para a educação científica da sociedade como um todo; c) apresenta grande influência, pois possui um impacto crescente, tanto em número de citações, quanto em acessos, nacional e internacional; d) seus artigos têm a função de disseminação do conhecimento entre professores, estudantes e o uso de seu conteúdo em salas de aulas e laboratórios no aprimoramento de práticas pedagógicas (SCHULZ, 2019). Dessa forma, a Revista Brasileira de Ensino de Física é uma publicação de acesso livre da Sociedade Brasileira de Física com frequência trimestral e indexada pelo Scielo e Web of Science.

A pesquisa bibliográfica se torna importante nesta ocasião pois, segundo Malheiros (2011, p. 81), possui a finalidade de identificar na literatura disponível as contribuições científicas sobre a temática escolhida, além de nos proporcionar abertura suficiente para identificar, comparar e confrontar os resultados de pesquisa, nos levando a refletir a partir de um novo panorama. De acordo com Malheiros (2011, p. 81-82):

Uma pesquisa bibliográfica busca essencialmente comparar as ideias de alguns autores, procurando pontos de similaridade e pontos de divergência. [...] Ela consiste em localizar o que já foi pesquisado em diversas fontes, confrontando seus resultados. (MALHEIROS, 2011, p. 81-82)

Malheiros (2011, p. 82) define os procedimentos adequados para a condução de uma pesquisa bibliográfica. As etapas consistem em, primeiramente, identificar o problema de pesquisa, em seguida levantar a literatura disponível, fazer a leitura crítica dos materiais e, por último, estruturar o relatório final.

A pesquisa bibliográfica trabalha em conjunto com o procedimento de análise de conteúdo, pois buscaremos explorar os artigos sobre a temática, presentes nos trabalhos ao longo dos anos de 1979 até 2020, a fim de classificá-los em distintas categorias. A escolha por esse intervalo de tempo justifica-se pelo fato de que a revista iniciou suas publicações em 1979 e as mantém de forma contínua com quatro fascículos por ano até os tempos atuais (2022). Dessa forma, torna-se possível obter um panorama amplo das publicações desde a sua fundação.

De acordo com Bardin (1977, p.42), a teoria da Análise de Conteúdo consiste em:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objectivos 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, 1977, p. 42)

Ou seja, a Análise de Conteúdo se baseia em um conjunto de técnicas que visam a sistematização e explicitação do conteúdo das mensagens e da significação desses conteúdos, tendo por finalidade o desenvolvimento de deduções lógicas e justificadas, no que diz respeito à origem das mensagens (BARDIN, 1977, p. 42). Sendo assim, sua teoria tem função heurística e consiste em uma forma de tratamento de dados em pesquisas qualitativas e quantitativas.

Bardin (1977) organiza os procedimentos técnicos que envolvem a teoria de Análise de Conteúdo em 3 “polos cronológicos” fundamentais para o desenvolvimento de uma pesquisa: *a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos dados, a inferência e a interpretação.*

A pré-análise, de acordo com Bardin (1977), consiste na fase de organização dos dados. Corresponde à etapa de instituição dos materiais, tendo por objetivo tornar as ideias iniciais funcionais e operacionais. Esta etapa possui quatro ações principais: a leitura flutuante seguida da escolha dos documentos a serem submetidos a análise, a formulação das hipóteses e dos

objetivos, a referenciação dos índices e a elaboração dos indicadores e, por último, a preparação do material.

Feita a pré-análise, o pesquisador passa para a etapa de análise propriamente dita, a exploração do material. Esta fase consiste em operações de codificação, categorização e enumeração, em função das regras previamente formuladas pela autora.

Bardin (1977, p. 103) descreve o procedimento de codificação como sendo uma transformação dos dados brutos do texto em recortes, agregação e enumeração, dando espaço para extrair uma descrição e representação precisa dos conteúdos. No caso de uma análise quantitativa e categorial, Bardin (1977) orienta o analista a uma organização de codificação em três escolhas: *o recorte*, que consiste nas escolhas das unidades, *a enumeração*, que se baseia na escolha das regras de contagem e *a classificação e agregação*, na qual são realizadas a escolha das categorias.

Já a operação de categorização, segundo Bardin (1977, p. 117) se resume em “Uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos (BARDIN, 1997, p. 117).” Ou seja, essa operação se baseia em uma metodologia de classificação de elementos em categorias, trazendo como critério de organização os critérios semânticos (categorias temáticas), sintático (verbos e adjetivos), léxico (classificação das palavras segundo o seu sentido, com comparações dos sinônimos) e expressivo (classificam as distintas perturbações das linguagens) (BARDIN, 1977, p. 117-118).

Após realizado o procedimento de análise, o analista passa para o último polo cronológico da teoria que consiste na Análise de Conteúdo, *o tratamento dos dados obtidos e interpretação*. Nesta etapa, os resultados obtidos são tratados de maneira a serem significativos e válidos, sendo esses resultados submetidos a provas estatísticas, assim como testes de validação. A partir da aquisição e disposição dos resultados seguros, o pesquisador pode então propor inferências e adiar as interpretações por motivo dos objetivos já previstos.

5.1 Procedimentos de coleta e análise dos dados

Em relação ao método de seleção e priorização dos conjuntos de dados bibliográficos, a priori, utilizamos as seguintes palavras-chaves nas buscas, como meio de formar uma base de dados preliminar bruta: Práticas experimentais em Eletromagnetismo; Laboratório didático de Física; e Experimentos de Eletromagnetismo. A partir disso, utilizamos como critério de exclusão todos os artigos que se destoavam significativamente do assunto de eletromagnetismo e das características que definem um roteiro de experimentação ou laboratório didático. Dessa maneira, foram selecionados quarenta e nove artigos no total. A amostra selecionada foi lida na íntegra e, na sequência, investigamos indicadores dos níveis metodológicos e epistemológicos.

Tornou-se possível, através do processo de codificação do material, atingir uma representação do conteúdo suscetível de permitir um esclarecimento exato a respeito das particularidades dos textos presentes em cada artigo analisado. A partir do processo de análise, foi possível o agrupamento dos trabalhos em categorias em função das diferentes características metodológicas e epistemológicas presentes nos documentos, o que permitiu a elaboração de um quadro geral do conjunto de artigos. Contudo, procuramos explicitar os elementos comuns entre as categorias organizadas, de modo a resgatar a unidade da totalidade e integridade implícita na produção científica estudada e, conseqüentemente, permitir inferências a respeito da veracidade das proposições em decorrência de suas ligações com outras proposições já reconhecidas como verdadeiras, a fim de fornecer informações suplementares contidas nos artigos estudados e as tendências para as quais apontam.

Dessa forma, apresentamos a seguir a dinâmica com que procuramos entender e categorizar tematicamente os diferentes aspectos relacionados aos:

- a) **Objetivos:** Analisou-se os trabalhos procurando-se verificar os objetivos, sendo eles conceituais e procedurais, adotados nos trabalhos, levando-se em conta as perspectivas e o enfoque que norteiam esses mesmos.

1. Objetivos;
 - Objetivos conceituais;
 - Objetivos procedurais;

b) Metodologia: Procurou-se verificar a abordagem metodológica proposta nos artigos, bem como a classificação dos laboratórios, levando-se em conta as concepções teórico-metodológicas no laboratório de física dentro das perspectivas de Pinho Alves (PINHO ALVES, 2000) e Moreira e Levandowsky (MOREIRA; LEVANDOWSKI, 1983). Dentro da análise metodológica, procurou-se também detectar a disposição do ensino de laboratório em duas principais vertentes, laboratório estruturado (LE) e laboratório não estruturado (LNE). Além destes, procurou-se verificar o grau de direcionamento das atividades propostas em função de seu caráter de Demonstração, Verificação ou Investigação.

2. Abordagens e classificação dos laboratórios;

Pinho Alves

- Laboratório de demonstração;
- Laboratório tradicional;
- Laboratório divergente;
- Laboratório aberto e laboratório de projetos;
- Laboratório biblioteca;

Moreira e Levandowsky

- Laboratório programado;
- Laboratório com ênfase na estrutura do experimento;
- Laboratório sob enfoque epistemológico;

3. Disposição do ensino de laboratório;

- Laboratório Estruturado (LE);
- Laboratório Não-Estruturado (LNE);

4. Grau de direcionamento das atividades experimentais;

- Verificação;
- Demonstração;
- Investigação;

c) **Epistemologia:** Procurou-se verificar as concepções de validação científica e de ciência expressas nos artigos estudados. Estes são referentes aos critérios de cientificidade implícita ou explicitamente contidos na pesquisa. Em relação às concepções de ciência, nos baseamos nas linhas epistemológicas do Indutivismo, Falsificacionismo, Programa de Pesquisa de Lakatos, Paradigmas de Kuhn e Teoria anarquista do conhecimento de Feyerabend. Já no que se refere a forma em como se dá a relação entre as teorias e o mundo em que se intenciona aplicá-las, nos pousamos nas concepções epistemológicas do instrumentalismo e realismo.

5. Linha epistemológica;

- Concepções de ciência;
 - Indutivismo;
 - Falsificacionismo;
 - Programa de Pesquisa de Lakatos;
 - Paradigmas de Kuhn;
 - Teoria anarquista do conhecimento de Feyerabend.
- Relação entre as teorias e o mundo em que se intenciona aplicá-las;
 - Instrumentalismo;
 - Realismo;

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme apresentado anteriormente, o conjunto dos artigos estudados neste trabalho foi analisado em função de três categorias, tendo em vista o esclarecimento das diferentes ênfases metodológicas e epistemológicas associadas aos mesmos, as quais serão analisadas detalhadamente a seguir.

O Quadro I apresenta os trabalhos analisados, entre os anos de 1979 e 2022, no Caderno Catarinense do Ensino de Física e na Revista Brasileira do Ensino de Física.

Quadro I – Trabalhos analisados entre os anos de 1979 e 2022 no Caderno Catarinense do Ensino de Física e na Revista Brasileira do Ensino de Física.

Ano	Periódico	Autores	Título
1979	Revista Brasileira de Ensino de Física	SCHIEL, D.	<i>Mapeamento de campos eletrostáticos em uma cuba eletrolítica</i>
1980	Revista Brasileira de Ensino de Física	PIRONDI, P. G.	<i>Multímetro barato para experiências de eletricidade</i>
1981	Revista Brasileira de Ensino de Física	RIBEIRO, C. A. e BROSSON, P.	<i>Modelo de um pára-raios em cuba eletrolítica</i>
1985	Revista Brasileira de Ensino de Física	BRITO, A. A. S.	<i>Das coisas da vida para a Física das coisas: um exemplo em eletricidade</i>
1986	Revista Brasileira de Ensino de Física	RESSEL, R. e BUCALON, A. J.	<i>Medida de capacitância por meio de cargas e descargas periódicas</i>
1988	Revista Brasileira de Ensino de Física	EICHLER, J.	<i>Um sistema de medição usando microcomputador acoplado a um experimento em Física (oscilações elétricas)</i>
1990	Revista Brasileira de Ensino de Física	GASPAR, A.	<i>Conjunto experimental para a demonstração da interação entre campo magnético e corrente elétrica</i>
1990	Revista Brasileira de Ensino de Física	AXT, R.; MOREIRA, M.A; SILVEIRA, F.L. da.	<i>Experimentação seletiva e associada à teoria como estratégia para facilitar a reformulação conceitual em Física</i>
1996	Revista Brasileira de Ensino de Física	SOUSA, D. F. de; SARTORI, J. L.; CATUNDA, T.; NUNES, L. A.	<i>Eletroscópio de Alta Sensibilidade</i>

1997	Revisa Brasileira de Ensino de Física	CRUZ, G. K.da.	<i>Uma Nova Visão para Conduzir as Atividades Iniciais do Laboratório de Eletricidade</i>
1998	Revisa Brasileira de Ensino de Física	SOUSA, D. F. de; SARTORI, J.; BELL, M. J. V.; NUNES, L. A.	<i>Aquisições de dados e aplicações simples usando a porta paralela do micro PC</i>
2001	Revisa Brasileira de Ensino de Física	LIMA, E. F. de; FOSCHINI, M.; MAGINI, M.	<i>O Efeito Termoiônico: Uma nova proposta experimental</i>
2002	Revisa Brasileira de Ensino de Física	ALVES, D. T.; AMARAL, J. V.; NETO, J. F. M.; CHEB- TERRAB, E. S.	<i>Aprendizagem de Eletromagnetismo via Programação e Computação Simbólica</i>
2002	Revisa Brasileira de Ensino de Física	SANTOS, A. V. dos; SANTOS, S. R. dos; FRAGA, L. M.	<i>Sistema de Realidade Virtual para Simulação e Visualização de Cargas Pontuais Discretas e seu Campo Elétrico</i>
2004	Revisa Brasileira de Ensino de Física	MAGNO, W. C.; ARAÚJO, A. E. P. de; LUCENA, M. A.; MONTARROYOS, E.	<i>Realizando experimentos didáticos com o sistema de som de um PC</i>
2004	Revisa Brasileira de Ensino de Física	BENDER, A. L.; SBARDELOTTO, D. R.; MAGNO, W. C.	<i>Usando motores DC em experimentos de Física</i>
2005	Revisa Brasileira de Ensino de Física	KRAPAS, S.; RODRIGUES, L. C.; NETO, A. V. de M.; CAVALCANTI, G. de H.	<i>Prego voador: Um desafio para estudantes de eletromagnetismo</i>
2006	Revisa Brasileira de Ensino de Física	DORNELES, P. F.T.; ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A.	<i>Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: Parte I – circuitos elétricos simples</i>
2006	Revisa Brasileira de Ensino de Física	NOGUEIRA, A. F. L.	<i>Experimentos para o ensino de eletrostática com auxílio computadorizado</i>
2007	Revisa Brasileira de Ensino de Física	CHAIB, J.P.M.C.; ASSIS, A.K.T.	<i>Experiência de Oersted em sala de aula</i>
2007	Revisa Brasileira de Ensino de Física	FILHO, M. P. S.; CHAIB, J.P.M.C.; CALUZI, J.J.; ASSIS, A.K.T.	<i>Demonstração didática da interação entre correntes elétricas</i>
2008	Revisa Brasileira de Ensino de Física	NOGUEIRA, A. F. L.	<i>O uso da simulação numérica de campos eletromagnéticos como ferramenta de ensino</i>

2008	Revisa Brasileira de Ensino de Física	DORNELES, P. F. T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E.	<i>Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade. Parte II - circuitos RLC</i>
2010	Revisa Brasileira de Ensino de Física	LUDKE, E.	<i>Um indutímetro para laboratório didático de eletromagnetismo</i>
2010	Revisa Brasileira de Ensino de Física	MAGNO, W. C.; ANDRADE, M.; ARAÚJO, A. E. P. de.	<i>Construção de um gaussímetro de baixo custo</i>
2011	Revisa Brasileira de Ensino de Física	LUDKE, E.; GRAÇA, C. O.	<i>Estudando campos elétricos de linhas trifásicas pelo método da cuba eletrolítica</i>
2012	Revisa Brasileira de Ensino de Física	RIBEIRO, D. T.; ALMEIDA, A. M.; CARVALHO, P. S.	<i>Indução eletromagnética em laboratório</i>
2012	Revisa Brasileira de Ensino de Física	GANCI, A.; GANCI, S.	<i>Demonstration experiments in electrostatics: low cost devices</i>
2012	Revisa Brasileira de Ensino de Física	LUDKE, E.	<i>Um método para experimentação com baixas capacitâncias</i>
2013	Revisa Brasileira de Ensino de Física	COSTA, G. G. G.; PIETRONERO, R. C.; CATUNDA, R. C. P. T	<i>Experimentos com supercapacitores e lâmpadas</i>
2015	Revisa Brasileira de Ensino de Física	CRUZ, V. S. da; SOARES, V.	<i>Determinação experimental da constante de Boltzmann a partir da curva característica corrente-voltagem de um diodo</i>
2015	Revisa Brasileira de Ensino de Física	VILLALBA, J. M.; FERREIRA, L.; ARRIBAS, E.; NÁJERA, A.; BELÉNDEZ, A.	<i>Estudio experimental de la inducción electromagnética entre dos bobinas: Dependencia con la corriente eléctrica</i>
2017	Revisa Brasileira de Ensino de Física	VIANA, J. C.; ARNOLD, F.	<i>Desenvolvimento de um sistema automatizado para medição de impedância elétrica</i>
2017	Revisa Brasileira de Ensino de Física	CORDEIRO-COSTA, B.; DIAS I. P.; SUZUKI, P. M.; ALMEIDA, I. S.; ALMEIDA, J. F. de.	<i>Conteúdo interdisciplinar para aprendizagem de conceitos físicos relativos a eletricidade</i>
2017	Revisa Brasileira de Ensino de Física	DIONISIO, G.; SPALDING, L. E. S.	<i>Visualização da forma de onda e conteúdo harmônico da corrente elétrica alternada em eletrodomésticos</i>
2017	Revisa Brasileira de Ensino de Física	SILVA, J. C. X.; LEAL., C. E. dos S.	<i>Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de ensino médio</i>

2017	Revisa Brasileira de Ensino de Física	PEROTONI, M. B.; SILVA, S. N. N.	<i>Construction and measurement of an electromagnetic noise generator based on an automotive coil</i>
2017	Revisa Brasileira de Ensino de Física	OLIVEIRA, F.; PAIXÃO, J. A.	<i>Atividade experimental “hands-on” para o estudo das características de um gerador (pilha voltaica) e de um receptor (voltômetro) com material simples, de fácil acesso e baixo custo</i>
2019	Revisa Brasileira de Ensino de Física	SOUZA, P. V. S.; SILVA, C. J. V. da; BALHAZAR, W. F.	<i>O arrasto magnético e as correntes de Foucault: um experimento de baixo custo com vídeo-análise</i>
2019	Revisa Brasileira de Ensino de Física	DINIZ, A. M. F.; ARAÚJO, R. D.	<i>Uma abordagem prática para o ensino do eletromagnetismo usando um motor de indução de baixo custo</i>
2019	Revisa Brasileira de Ensino de Física	REIS, J. R. T.; RODRIGUES, A. G.; NETO, N. M. B.	<i>Medindo a constante dielétrica em líquidos: um estudo de caso para elaboração de uma proposta para formação de físicos experimentais</i>
2020	Revisa Brasileira de Ensino de Física	GONÇALVES, S. A. R.; ZUCOLOTTI, B.	<i>Uma ferramenta para simulação de sistemas superparamagnéticos</i>
2020	Revisa Brasileira de Ensino de Física	ALVES, P. V.; RIZZUTI, B. F.; GONÇALVES, R.	<i>Uma proposta didática para o estudo da interação magnética entre ímãs e algumas considerações epistemológicas</i>
2020	Revisa Brasileira de Ensino de Física	LENART, V. M.; SZMOSKI, R. M.; TURCHIELLO, R. de F.; GÓMEZ, S. L.	<i>Demonstração da geração de ondas eletromagnéticas estacionárias em um cabo coaxial</i>
2021	Revisa Brasileira de Ensino de Física	SOARES, A. A.; JUNIOR, J. B. P.; MOREIRA, A. P. F., CHIAVINI, L. C.	<i>Polaridade magnética e sensor Hall: uma proposta de experimento para os ensinos fundamental e médio</i>
2021	Revisa Brasileira de Ensino de Física	MOTTA, L.; SANTOS, A. C. F.	<i>Circuitos Resistivos Simétricos: uma Abordagem Experimental</i>
2022	Revisa Brasileira de Ensino de Física	ALVES, A. L.; SANTANA, D. M.; MACHADO, C. P.; LITTIKE, K. A.; PESSOA, M. S.; MOSCON, P. S.	<i>Potência e força eletromotriz em um gerador didático de corrente alternada</i>
2022	Revisa Brasileira de Ensino de Física	ALVES, A. L.; SOUZA, E. M. de; MACHADO, C.	<i>O transformador: teoria, construção e análise do rendimento</i>

		P.; LITTIKE, K. A.; SILVA, D. M. S. da.	
2022	Revisa Brasileira de Ensino de Física	OLIVEIRA, G. G. de; VASCONCELOS, A. H.; SOUSA, L. C. N.; COSTA, J. S. da; LIMA, A. P.; SILVA, A.; CHESMAN, C.	<i>Experimentos portáteis para aula sobre indução eletromagnética, geradores e motores</i>

Fonte: Elaborado pela autora

6.1 Análise das publicações segundo as perspectivas que norteiam os objetivos

Analisou-se a variedade dos objetivos propostos e encontrados nos artigos pesquisados de modo a detectar tanto os objetivos conceituais e procedurais envolvidos, quanto às perspectivas e enfoques que norteiam esses mesmos objetivos. Primeiramente, pretendeu-se mapear os objetivos conceituais, que dizem respeito ao que é preciso aprender e saber, e os objetivos procedurais, que se relacionam ao método de organização de coleta e tratamento de dados, ou seja, o que é preciso saber fazer. Em seguida, procurou-se verificar se as atividades experimentais eram propostas objetivando salientar aspectos que envolvem uma abordagem na qual a teoria está a serviço da prática, ou uma abordagem em que a prática está a serviço da aquisição de conhecimentos conceituais. Dessa forma, torna-se importante salientar que cada documento analisado pode apresentar mais de um objetivo proposto.

6.1.1 *Objetivos conceituais*

Analisando-se os artigos pesquisados, segundo os objetivos conceituais propostos e contidos nas atividades experimentais, foi confeccionado o Quadro II apresentado abaixo, que mostra o valor total de artigos correspondente a cada objetivo e, respectivamente, sua porcentagem.

Quadro II – Valor total de artigos em relação aos objetivos conceituais propostos nas atividades experimentais.

	Objetivos conceituais	Total	Total (%)
1	Aprendizagem de habilidades de manuseio de equipamentos	32	65,3
2	Aprendizagem de conceitos, relações, leis e princípios	45	91,8
3	Aprendizagem do processo de experimentação	16	32,7
4	Explorar a relação entre a física e a realidade	6	12,2
5	Explorar a relação entre a teoria e a prática	12	24,5
6	Promover uma visão mais íntegra da ciência	6	12,2
7	Demonstrar o uso do método experimental como um meio para o método analítico de resolver problemas	9	18,4
8	Proporcionar um lugar privilegiado para o trabalho em equipe	1	2,04
9	Estimular o interesse e a motivação para o ensino de Física	13	26,5
10	Promover o laboratório didático como um ambiente cognitivo fértil para a aprendizagem de Física	4	8,2
11	Desenvolver a elaboração de representações concretas referenciadas (Multimodalidade representacional)	5	10,2
12	Promover a mudança conceitual	5	10,2

Fonte: Elaborado pela autora

Observando o quadro, nota-se um certo predomínio de trabalhos que objetivam principalmente a aprendizagem de conceitos, relações, leis e princípios, correspondendo a 91,8% do total de 49 artigos analisados. Dentro dessa categoria, grande parte dos trabalhos utilizam a atividade experimental como meio de introduzir conceitos e estudar fenômenos e propriedades, assim como de proporcionar a consolidação e a aprendizagem de princípios científicos. Assim como é afirmado no artigo de Chaib e Assis (2007, p. 51), na experimentação “[...] os fenômenos são apreendidos de uma maneira mais palpável e com um efeito mais duradouro” (CHAIB; ASSIS, 2007, p. 51). Outros, como Ludke e Gomes (2010, p. 1503-4)

consideram que as atividades práticas “[...] permitem o reforço dos conhecimentos obtidos nos cursos teóricos de eletricidade” (LUDKE; GOMES, 2010, p. 1503-4).

No artigo de Magno, Andrade e Araújo (2010 p. 3403-2), sustenta-se a ideia de que na prática experimental é possível explorar de forma mais abrangente conceitos físicos ao afirmar que “[...] há uma influência positiva das atividades de laboratório na aprendizagem significativa de conceitos que são trabalhados nas aulas teóricas” (MAGNO; ANDRADE; ARAÚJO, 2010 p. 3403-2). Já Ribeiro, Almeida e Carvalho (2012), em seu artigo que dispõe de uma atividade experimental voltada ao conteúdo de indução eletromagnética em laboratório, assume que um dos principais objetivos na realização da atividade é a de estudar experimentalmente as leis da indução eletromagnética. Villalba et al. (2015, p. 1313-6) defende a mesma opinião ao enfatizar que “[...] o aprendizado significativo é muitas vezes alcançado pela prática no laboratório” e ao declarar que as duas experiências descritas em seu artigo permitem a reflexão sobre um conceito chave do eletromagnetismo, como em seu caso particular, a indução eletromagnética (VILLALBA et al., 2015, p. 1313-6).

Alguns ressaltam a importância da prática experimental na exploração de propriedades físicas importantes, como no caso de Viana e Arnold (2017, p. e2503-1) ao considerar que “[...] nas práticas de ensino, medir impedâncias elétricas é conteúdo obrigatório na exploração de propriedades de circuitos elétricos em correntes alternadas, usualmente ensinada na disciplina Física IV” (VIANA; ARNOLD, 2017, p. e2503-1).

A segunda parcela majoritária dos artigos analisados, que corresponde a 65,3% do total, enquadra-se na categoria direcionada à aprendizagem de habilidades de manuseio de equipamentos. Nesta, destaca-se principalmente a familiarização com o instrumental padrão e as técnicas de medidas importantes, na qual o estudante tem de compreender e manipular um instrumento de medida. A atividade experimental tem por objetivo ensinar o aluno a se servir de um material ou método, como por exemplo, a construção e montagem de equipamentos ou de sistemas experimentais, visando o entendimento da utilidade destes mesmos para a aprendizagem de física. Silva e Leal (2017, p. e1401-4) defendem essa posição, ao afirmar que “[...] cerca de 1.000 (mil) alunos das três séries escolares tiveram a oportunidade de desenvolver habilidades na confecção de equipamentos científicos [...], o que contribuiu significativamente para a melhoria do nível de conhecimentos científicos desses alunos” (SILVA; LEAL, 2017, p. e1401-4).

Outro artigo, como no de Diniz e Araujo (2019), traz uma abordagem prática para o ensino de eletromagnetismo a partir do desenvolvimento e construção de um motor aberto de indução trifásico de baixo custo nas disciplinas de física e máquinas elétricas de cursos técnicos. Ainda assim, observa-se que grande parte dos artigos presentes nessa categoria tem o interesse de proporcionar o entendimento do funcionamento de equipamentos, dada sua importância nas diversas aplicações tecnológicas pretendendo, como no caso específico do Ensino de Eletromagnetismo, a caracterização e classificação de aparelhos eletrodomésticos, assim como uma melhor compreensão sobre o princípio de funcionamento de equipamentos elétricos. A título de exemplo, Souza, Silva e Balthazar (2019, p. e20180257-2) alegam que o experimento proposto em seu trabalho “[...] não apenas possibilita que se realize uma discussão de conceitos básicos de física, mas também auxilia na compreensão do mundo tecnológico em que vivemos, promovendo o desenvolvimento de competências e habilidades de ampla aplicação por parte dos alunos” (SOUZA; SILVA; BALTHAZAR, 2019, p. e20180257-2).

Além disso, nota-se uma considerável predominância de artigos que enfatizam a construção de equipamentos e experimentos didáticos utilizando materiais recicláveis e de baixo custo para facilitar o acesso e proporcionar aos professores e alunos, principalmente da rede pública de ensino, a oportunidade de ter contato com experimentos de física, sem que haja necessidade de grandes investimentos financeiros na aquisição de equipamentos e de materiais de laboratório. Assim, prioriza-se o desenvolvimento de kits experimentais de fácil aquisição, de baixo custo e de fácil manuseio, contribuindo tanto para sua implantação em escolas públicas que dispõem de poucos recursos financeiros para montagem de laboratórios didáticos, quanto para o desenvolvimento de habilidades experimentais por parte dos estudantes. A título de exemplo, podemos citar Ludke e Graça (2011) em seu artigo que aborda uma prática experimental voltada ao estudo de campos elétricos de linhas trifásicas pelo método da cuba eletrolítica declara que:

A determinação experimental das propriedades do campo elétrico, E , e as superfícies equipotenciais associadas em laboratórios de física básica requer não somente experimentos de baixo custo e fácil construção, mas que forneçam dados que permitam aos alunos, estudar os conceitos de eletromagnetismo de uma maneira eficiente e atrativa (LUDKE; GRAÇA, 2011, p. 1703-1).

Outro trabalho, como no de Ganci e Ganci (2012) explicita o motivo pelo qual é enfatizado em seu trabalho a montagem de um conjunto de experimentos em eletrostática. Este diz respeito à facilidade de acesso a equipamentos que possam ser produzidos de materiais comuns e pelo próprio experimentados.

A utilização de experimentos enfatizando a aprendizagem do processo de experimentação constitui uma modalidade empregada com bastante frequência, correspondendo a 32,65% dos artigos pesquisados. Nessa categoria, focaliza-se exclusivamente o processo experimental, ou seja, efetua-se uma constante exploração de tudo o que compõe e acontece durante a realização de um experimento. Neste contexto, constata-se o potencial da experimentação para o desenvolvimento de habilidades práticas básicas promovendo a aprendizagem e o desenvolvimento de competências científicas. No íntimo dessas habilidades práticas, pode-se destacar conhecimentos que envolvem a obtenção e análise de dados, construção de gráficos e o tratamento estatístico dos dados. Citando caso análogo, Ribeiro, Almeida e Carvalho (2012) destacam em seu artigo algumas das principais estratégias que podem ser utilizadas na exploração de trabalhos experimentais. Estas estão relacionadas a elaboração de tabelas de registo de dados, o controle de variáveis, a elaboração de gráficos e a interpretação de gráficos.

Outro caso, como no artigo de Cruz e Soares (2015, p. 1311-6), destaca-se o desenvolvimento de habilidades e competências que envolvem o processo científico, ao afirmar que a experimentação permite ao estudante “[...] a sua familiarização com o processo científico, oferecendo a ele condições de desenvolver as suas habilidades e competências em relação à observação e à análise dos fenômenos físicos” (CRUZ; SOARES, 2015, p. 1311-6). Ainda assim, é possível destacar outros artigos que enfatizam a aprendizagem do processo de experimentação e do método científico experimental e o desenvolvimento das capacidades inerentes de um pesquisador experimental científico, como no caso de Reis, Rodrigues e Neto (2019, p. e20180081-5) ao observar que em sua atividade proposta o estudante “[...] foi capaz de, ao longo do processo, absorver as principais características do método experimental tais como procedimento por comparação, tentativa e erro, observação do fenômeno, correlação dos dados com o modelo teórico entre outros” (REIS, RODRIGUES E NETO, 2019, p. e20180081-5).

O emprego da experimentação para estimular a motivação e o interesse no ensino de Física é outra modalidade que aparece com uma considerável frequência nos artigos pesquisados, correspondendo a 26,5% do total. Nessa categoria, as aulas experimentais são consideradas favoráveis à motivação da aprendizagem dos alunos, se configurando em uma estratégia didática ao propiciar um ambiente favorável às abordagens das dimensões teórica, representacional e fenomenológica e estimular o interesse pela observação e investigação da natureza. Entre alguns exemplos relevantes que abordam essa proposta, pode-se destacar o artigo de Alves et al. (2002) que se refere à aprendizagem de eletromagnetismo via computação e programação simbólica, sendo as técnicas de programação uma estratégia válida capaz de trazer um divertimento concreto para os alunos que optaram por áreas de ciências exatas e tecnológicas, resultando num incentivo adicional ao processo de aprendizado.

Nessa ótica, a grande maioria dos artigos convergem opiniões, ao considerar que a prática experimental fornece uma compreensão adequada do funcionamento de equipamentos, servindo como fonte de motivação e interesse para o aprendizado de eletromagnetismo e, também como conhecimento relevante para aprendizagens futuras, como no caso de Dornelles, Araujo e Veit (2008) em seu trabalho sobre simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade. Outros abordam essa temática com o propósito de reavivar o interesse dos estudantes pela história da Física, como no de Chaib e Assis (2007, p. 51) ao afirmar que “[...] a exposição do trabalho de Oersted fica enriquecida, avivando o interesse dos alunos pela história do eletromagnetismo” (CHAIB; ASSIS, 2007, p. 51). Por outra perspectiva, alguns destacam a utilidade da experimentação para estimular a motivação e o interesse pelo método experimental, como no trabalho de Ribeiro, Almeida e Carvalho (2012, p. 4317-2) ao assegurar que “A aplicação deste método na sala de aula poderá contribuir para o desenvolvimento crítico dos alunos e o interesse pelo método experimental, base do conhecimento científico” (RIBEIRO; ALMEIDA; CARVALHO, 2012, p. 4317-2).

Cerca de 24,5% dos artigos investigados qualificam a relevância da experimentação como meio eficaz de explorar a relação entre a teoria e a prática. Nessa modalidade, utiliza-se a prática experimental no sentido de transpor a barreira entre a teoria e a prática levando a aprendizagem significativa. Dessa forma, a relação existente entre a teoria e a prática é definida como indissociável, tendo como característica a união e a dependência entre uma e outra prevalecendo também cada particularidade, ou seja, a teoria não mais comanda a prática mas

depende e tem como finalidade a prática, enquanto que a prática estabelece-se como atividade subjetiva e objetiva sendo o seu primado a prática em grau de conhecimento da realidade que transforma e das exigências que busca responder (MONTENEGRO; DOS REIS; MONTELO, 2006, p. 2-3). A título de exemplo, Cordeiro-Costa et al. (2017, p. e2501-2) defende essa ótica ao afirmar em seu artigo que “De fato, o trabalho visa o ensino e a aprendizagem de conceitos teorizados, partindo-se da aplicação prática destes conteúdos correlatos a estudos dentro da área de interesse desse alunado” (CORDEIRO-COSTA et al., 2017, p. e2501-2). Ainda assim, nota-se que alguns dos trabalhos pesquisados, como no caso de Axt, Moreira e da Silveira (1990), submetem a experimentação à condição para atingir a reformulação conceitual em um contexto mais amplo, não exclusivamente experimental, mas voltado para a integração teoria-experimento. Outros exploram a integração da teoria com o experimento, a fim de melhorar a compreensão de certos fenômenos físicos, assim como no trabalho de Santos, Santos e Fraga (2002, p. 185), ao dizer que “Para a melhor compreensão de certos fenômenos físicos buscamos a integração da teoria com o experimento não para justificá-lo, mas para ilustrar e torná-lo mais atrativo ao aluno” (SANTOS; SANTOS; FRAGA, 2002, p. 185). Alguns dispõem dessa modalidade, com o intuito de oportunizar uma reformulação de cursos de física básica, como no artigo de Reis, Rodrigues e Neto (2019, p. e20180081-1), ao assegurar que sua proposta metodológica de elaboração de projetos de experimentação “[...] traz potencialidades para reformulação de cursos de física básica via uma maior integração entre teoria e prática” (REIS; RODRIGUES; NETO, 2019, p. e20180081-1).

Pode-se também apontar artigos que adotam a experimentação partindo de uma vertente investigativa, ao utilizar o método experimental como um meio para o método de resolução de problemas, representando 18,4% do total. Essa articulação oferece condições para que o estudante crie e elabore sua própria estratégia para solucionar uma dada situação e, sendo assim, são apresentadas situações que exigem ações mais ativas, com o intuito de buscar suas próprias respostas, gerando novas descobertas. Brito (1985 p. 17) sustenta essa perspectiva, ao considerar que é por meio das medições que os alunos vão amadurecendo e compreendendo os conceitos essenciais e, depois de um certo ponto, “[...] os conceitos e definições abstratas começam a ser necessários para a solução de situações problemas concretos” (BRITO, 1985 p. 17). Ludke e Graça (2011, p. 1703-1) partem a favor dessa mesma linha de pensamento, ao afirmar em seu trabalho que o objetivo “[...] é discutir a aplicação do método de estudo de potenciais elétricos normalmente empregado para a solução de problemas eletrostáticos

simples, com o uso da cuba eletrolítica, normalmente empregada em medidas de potenciais em problemas eletrostáticos simples” (LUDKE; GRAÇA, 2011, p. 1703-1). Assim, espera-se que o aluno seja capaz de descrever tanto as propriedades físicas quanto prever o seu comportamento.

Ainda neste contexto, alguns artigos, como o de Santos, Santos e Fraga (2002), priorizam a utilização de sistemas experimentais, partindo-se de uma metodologia de fácil aplicação considerando as diferentes situações-problemas vivenciadas pelos estudantes em seu cotidiano. É possível ainda citar outros que estabelecem um problema padrão inicial com o intuito de demonstrar a utilidade do equipamento na investigação do comportamento de um sistema físico, tal como no trabalho de Nogueira (2008, p. 4306-1) ao mencionar que “Um problema de conversão eletromecânica de energia é utilizado para mostrar uma série de resultados obtidos mediante o emprego dos recursos de cálculo e visualização do simulador de campos FEMM” (NOGUEIRA, 2008, p. 4306-1). Outros utilizam essa modalidade a fim de promover o método de resolução de problemas através da linguagem de programação, como no trabalho de Alves et al. (2002, p. 202), ao afirmar que o uso da programação computacional “[...] gerou um ambiente extremamente positivo de aprendizado, explorando a expressão de conceitos abstratos e a sequência algorítmica de passos na resolução de problemas através da linguagem de programação do sistema Maple” (ALVES et al., 2002, p. 202).

Outros autores defendem a prática experimental como uma estratégia didática que busca promover aos estudantes uma visão mais íntegra da ciência, sendo estes 12,2% dos trabalhos analisados. Nessa modalidade, valoriza-se em particular o entendimento da ciência e de seus métodos ao introduzir na prática aspectos que envolvem tanto a história quanto a filosofia da ciência de maneira contextualizada, explícita e integrada. Dessa forma, potencializa-se o desenvolvimento de uma visão mais ampla sobre ciências e seu processo e o conhecimento de ciências em seus contextos de construção, com seus limites e alcances. Ainda assim, dentro da perspectiva social e cultural, reconhece-se a importância desta abordagem na maneira em que alcança a apreciação da ciência como um elemento essencial da cultura moderna, o entendimento sobre tomadas de decisões relacionadas às questões sociocientíficas e a consciência sobre normas e condutas da comunidade científica.

Já em relação à perspectiva histórica, reconhece-se sua influência na medida em que tem potencial para estimular o interesse dos alunos pela história da física. Tendo como exemplo,

Chaib e Assis (2007) trazem em seu trabalho uma breve contextualização histórica da experiência de Oersted ao descrever uma reprodução moderna de seus procedimentos e observações. Dessa maneira, os autores consideram que o seu trabalho estimula o interesse dos alunos pela história do eletromagnetismo já que “[...] visa contribuir para um entendimento mais concreto da física, refletido no conhecimento da sua história e na reprodução de seus principais fenômenos experimentais” (CHAIB, ASSIS, 2007, p. 41). É ainda possível observar outros trabalhos que buscam especialmente promover um resgate da relevância histórica e epistemológica da experiência, como é o caso de Filho et al. (2007) ao apresentar a primeira experiência crucial de Ampère, trazendo discussões a respeito de sua importância na história da física e, descrevendo uma reprodução moderna dos procedimentos e observações de Ampère. Dessa forma, é destacado pelos autores que seu objetivo é “[...] tornar a obra fundamental de Ampère mais conhecida pelos cientistas e estudantes” (FILHO et al., 2007, p. 612).

É ainda possível verificar outra modalidade muito aparente nos artigos pesquisados. Esta equivale a 12,2% do total e é caracterizada por explorar a relação entre a física e a realidade. Sendo assim, predomina-se a ideia de que a ciência objetiva uma caracterização verdadeira da realidade, visando descrições fiéis de como o mundo realmente é. Contudo, é possível notar que grande maioria dos trabalhos dentro dessa categoria buscam evidenciar uma explicação verdadeira do comportamento real de alguma situação ou fenômeno físico. A título de exemplo, Krapas et al. (2005) evidenciam em seu trabalho o uso da prática experimental como estratégia para aguçar as várias tentativas de explicação sobre o comportamento do prego. Já Brito (1985) adota uma abordagem que coloca em primazia a explicação por parte dos estudantes de como as coisas funcionam, ao fazer com que os mesmos representem uma situação real através de um diagrama, estabelecendo uma ponte entre o real e o conceitual. Outros como Motta e Santos (2021), enfatizam a vantagem de se utilizar uma abordagem experimental com equipamentos reais, a fim de proporcionar ao aluno uma maior aproximação com a realidade.

A aplicação da experimentação com a finalidade de promover a mudança conceitual é outra modalidade muito recorrente nos artigos analisados, equivalente a 10,2% da íntegra. Dessa forma, leva-se em conta as dificuldades de aprendizagem enfrentadas pelos estudantes em Física, utilizando a prática experimental como uma ferramenta didática importante para auxiliar os alunos a superá-las. Assim como destaca Dorneles, Araujo e Veit (2006) em seu trabalho, tais dificuldades podem estar estritamente relacionadas com as dificuldades

conceituais, concepções alternativas, uso indiscriminado da linguagem e raciocínios errôneos. Neste, os autores concebem um conjunto de atividades de simulação e modelagem computacionais, levando em conta as conhecidas dificuldades de aprendizagem enfrentadas pelos alunos na aprendizagem de circuitos elétricos e visando auxiliá-los a atingir o nível conceitual desejado.

Em outro trabalho mais recente, Dorneles, Araujo e Veit (2008) apresentam uma sequência ao primeiro artigo publicado, partindo da mesma proposta inicial, mas agora, além de ofertar somente um conjunto de atividades de simulação e modelagem computacionais com o único objetivo de auxiliar na superação das dificuldades de aprendizagem, é realizado um teste sobre a compreensão de conceitos físicos envolvidos em circuitos RLC. Podemos ainda citar outros que admitem a experimentação como estratégia para facilitar a reformulação conceitual em Física, como no artigo de Axt, Moreira e da Silveira (1990, p. 142) ao dizer que “[...] submete-se a experimentação, i.e., os experimentos selecionados e a sua forma de apresentação, à condição para atingir a reformulação conceitual em um contexto mais amplo, não exclusivamente experimental, mas voltado para a integração teoria-experimento” (AXT; MOREIRA; DA SILVEIRA, 1990, p. 142). Neste mesmo trabalho, utiliza-se a experimentação como meio de emergir contradições entre o pensamento do aluno e a realidade, a fim de promover uma mudança conceitual. Podemos destacar também o trabalho de Motta e Santos (2021) ao defender que por meio da prática experimental é possível levar os estudantes a confrontarem previsões a respeito dos experimentos, muitas vezes baseadas em concepções alternativas, com a realidade experimental, sendo este conflito “[...] um gatilho interessante para uma mudança conceitual, propiciando uma aprendizagem significativa” (MOTTA; SANTOS. 2021, p. e20210012-3).

Pode-se ainda destacar artigos que fazem uso da abordagem da multimodalidade representacional nas atividades experimentais, representando cerca de 10,2% dos trabalhos pesquisados. Nessa modalidade, utiliza-se a experimentação para se desenvolver uma compreensão dos diversos modos de representar um conceito, sem que se tornem dependentes de um modo particular ligado a um tópico específico. Sendo assim, a partir do contato e da manipulação com os experimentos, os estudantes devem aprender de maneira integrada os vários conceitos e formas de representar o discurso da ciência da natureza, se tornando uma estratégia cognitiva importante para a construção de significados científicos. É importante ressaltar que para que a aprendizagem em ciências se realize de maneira efetiva e engajada, é

preciso que tarefas de avaliação sejam igualmente diversificadas quanto ao seu aspecto representacional, além de que a natureza desse conhecimento tenha relevância cultural, com implicações locais, sociais, pessoais ou tecnológicas. Contudo, verifica-se que todos os artigos presentes nessa modalidade abordam uma temática relacionada ao uso de simulações e programas computacionais como forma de representação. Como exemplo, podemos citar o trabalho de Santos, Santos e Fraga (2002) que propõe um sistema de realidade virtual para a simulação e visualização de cargas pontuais discretas e seu campo elétrico. De princípio, é possível verificar a relevância tecnológica fortemente presente e associada a proposta experimental a partir da afirmação de que o objetivo principal do projeto “[...] é construir um sistema onde o usuário (usualmente um estudante) seja capaz de representar e visualizar a solução de problemas práticos relacionado ao campo elétrico” (SANTOS; SANTOS; FRAGA, 2002, p. 186).

Continuamente a esta ideia, os autores enfatizam a percepção de que com o avanço tecnológico, os métodos tradicionais são ineficientes e inadequados e, por isso, ressaltam a importância de se desenvolver um sistema que crie um ambiente no qual o usuário seja capaz de fazer representações. Devido às características relacionadas ao seu aspecto interativo com os objetos tridimensionais (3D) vigentes no sistema de realidade virtual, classifica-se como figurativa o modo de representação adotado na prática experimental. Este fato é verificado a partir da afirmação de que “Como a RV ajuda os usuários a estabelecerem uma interação 3D com os dados, ela tem abrangido protótipos, modelos físicos, linguagem de programação, linguagens de simulação e a simulação interativa visual” (SANTOS; SANTOS; FRAGA, 2002, p. 189). Pode-se ainda citar outro trabalho que traz um sistema de simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos, como no trabalho de Dorneles, Araujo e Veit (2006, p. 3308-8) ao enfatizar a importância de se utilizar como ferramenta para as atividades computacionais o software Modellus, possibilitando que o aluno “[...] construa, reflita e interaja com representações analíticas, analógicas e gráficas de objetos matemáticos” (DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2006, p. 3308-8).

Além do mais, é possível observar que uma quantidade pequena de trabalhos aponta o laboratório didático de experimentação como um ambiente cognitivo fértil para o aprendizado de Física, equivalente a 8,2% do total. Nos poucos em que essa percepção se manifesta, é possível notar a influência da abordagem construtivista na relação de ensino-aprendizagem. Bender, Sbardelotto e Magno (2004, p. 401) defendem essa ideia, ao afirmar que seu método

voltado a explicação de como as coisas funcionam “[...] pode ser de grande utilidade para os educadores, uma vez que sempre é possível adotar uma abordagem construtivista na relação de ensino-aprendizagem” (BENDER; SBARDELOTTO; MAGNO, 2004, p. 401).

Ainda no contexto da aprendizagem, a maioria dos trabalhos destaca que o material utilizado na atividade experimental deve ter relação com a estrutura cognitiva do aluno, ou seja, deve-se vincular com o conteúdo e organização de ideias acerca de uma determinada área de conhecimento, assim como destacam Dorneles, Araujo e Veit (2006) em sua proposta experimental sobre simulação e modelagem computacional para a aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade. Já dentro de uma linhagem epistemológica, verifica-se que alguns utilizam a experimentação de modo a propor uma atividade cognitiva, com o intuito de simular o método pelo qual os físicos criaram seu conhecimento. Dessa forma, os estudantes são capazes de construir seus conceitos de física, além de desenvolver habilidades de aprendizagem da ciência ao simular os processos que os físicos usam para construir conhecimento (OLIVEIRA et al., 2022).

Em minoria, pode-se mencionar os que utilizam a prática experimental como meio de proporcionar um lugar privilegiado para o trabalho em equipe, representando cerca de 2,04% dos artigos pesquisados. Neste, destaca-se, em particular, a importância do papel da interação social, tanto dos alunos entre si quanto com os professores e com o material instrucional. A atividade visa a formação de grupos entre os alunos, a fim de provocar o debate entre eles e instigar a negociação de significados conceituais, com a proposta de fazer com que os mesmos cheguem a uma resposta consensual. Essa estratégia didática tem o potencial de gerar resultados positivos em relação à aprendizagem de conceitos físicos. Assim como afirma Dorneles, Araujo e Veit (2008, p. 3308-12) “[...] os alunos do grupo experimental mostraram maior desenvoltura na capacidade de argumentação e maior disposição para um raciocínio conceitual” do que os alunos expostos ao ensino tradicional (DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2008, p. 3308-12).

6.1.2 Objetivos procedurais

Analisando os artigos segundo os objetivos procedurais, ou seja, os objetivos voltados à organização dos procedimentos experimentais, produzimos o Quadro III apresentado abaixo. Esta mostra o valor total correspondente a cada objetivo e, respectivamente, a sua porcentagem.

Quadro III – Valor total de artigos em relação aos objetivos procedurais propostos nas atividades experimentais.

	Objetivos procedurais	Total	Total (%)
1	Construção de equipamentos	27	55,1
2	Uso de tecnologias	14	28,6
3	Tratamento de dados	12	24,5
4	Técnicas de medição	8	16,3
5	Uso de analogias	4	8,2
6	Uso de inspeções visuais	4	8,2
7	Uso da argumentação	1	2,0

Fonte: Elaborado pela autora

Observando o quadro, é possível identificar, desde os primeiros anos, a predominância de trabalhos que, em especial, objetivam a construção e a montagem de equipamentos. Este corresponde a 55,1% dos artigos pesquisados e tem como enfoque a confecção de instrumentos didáticos para experimentos de física utilizando, na maioria das vezes, materiais de fácil acesso e baixo custo. Dessa forma, nota-se uma frequente preocupação em relação ao problema de escassez de recursos financeiros em relação a aquisição de materiais e instrumentos para aulas experimentais, fator que justifica a importância de se construir e desenvolver equipamentos em sala de aula para a realização de experimentos didáticos. A título de exemplo, podemos citar o trabalho de Gaspar (1990, p. 102), ao descrever um conjunto experimental para a demonstração da interação entre campo magnético e corrente elétrica, assumindo que a sua utilização “[...] tem despertado muito interesse por ser um equipamento de construção relativamente simples, de dimensões pequenas e que pode ser levado facilmente à sala de aula para demonstrações” (GASPAR, 1990, p. 102).

Podemos ainda destacar outros fatores que favorecem a construção de equipamentos utilizando materiais de baixo custo, assim como no artigo de Chaib e Assis (2007, p. 4) ao

descrever “[...] uma reprodução moderna dos procedimentos e observações de Oersted com materiais de baixo custo” e, no de Silva e Leal (2017), ao desenvolver uma proposta de construção de laboratórios didáticos de Física, no qual afirma-se que:

O módulo básico referente às atividades de laboratório de Eletricidade e Magnetismo é construído a partir do uso de vários equipamentos de fácil manuseio, como por exemplo: eletroscópios com tubo de papelão e folha de alumínio; o uso de materiais simples como canudos plásticos, ímãs e resistores; e a aquisição de equipamentos comerciais, tais como: transformadores e multímetros. (SILVA; LEAL, 2017, p. e1401-3)

Oliveira e Paixão (2017, p. e1402-1) também se alinham a essa perspectiva, ao descrever a construção de um voltâmetro pelos alunos “[...] recorrendo a materiais de baixo custo e fácil acesso” (OLIVEIRA; PAIXÃO, 2017, p. e1402-1).

Com 28,6%, pode-se destacar alguns trabalhos que propõem a utilização de recursos tecnológicos no método procedimental, requerendo conhecimentos práticos de informática, em que o uso de computadores se torna indispensável na experimentação. Estes apresentam-se a partir dos anos 80 e se intensificam com o passar dos anos. Dessa maneira, o meio tecnológico é utilizado com bastante frequência como instrumento de medida, tanto para medições quanto para o tratamento e análise de dados. Como exemplo, podemos citar o trabalho de Sousa, Sartori, Bell e Nunes (1998) que descreve uma atividade experimental sobre aquisições de dados e aplicações simples usando a porta paralela do micro PC, no qual é proposta uma interface de fácil montagem, visando transformar a porta paralela de um microcomputador em um digitalizador de baixo custo para a automatização do processo de coleta de dados. É possível ainda destacar outros que, devido ao avanço tecnológico computacional, enfatizam a demanda por métodos de aprendizagens que fogem do tradicional, baseando-se no conceito de software educacional. Como é o caso de Santos et al. (2002, p. 186-187) ao dizer que uma solução moderna seria “O desenvolvimento de um sistema que crie um ambiente no qual o usuário seja capaz de modelar, visualizar e interagir com a simulação proposta baseada em experimentos da Física real poderia ser considerado como uma solução para suprir esta demanda” (SANTOS et al., 2002, p. 186-187). Dessa forma, tal sistema seria uma ferramenta complementar para o estudo da Física, na qual possibilitaria a realização de experimentos virtuais, com a finalidade de esclarecer e reforçar o conhecimento teórico da Física.

Ainda sob essa perspectiva, podemos observar outros que concebem atividades de simulação e modelagem computacional utilizando softwares educacionais como complemento às atividades em sala de aula e no laboratório de Física ou eletrônica. Essa proposta é muito presente no trabalho de Dorneles, Araujo e Veit (2006), ao declararem que optou-se por escolher como ferramenta para a simulação e modelagem computacionais o software Modellus “[...] por permitir que o usuário crie, veja e interaja com representações analíticas, analógicas e gráficas de objetos matemáticos” (DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2006, p. 492). Existem outros que defendem o emprego de recursos tecnológicos visando criar maior dinamismo e exatidão em experimentos de física, como é possível verificar no artigo de Viana e Arnold (2017) em seu trabalho sobre desenvolvimento de um sistema automatizado para medição de impedância elétrica.

Podemos ainda mencionar trabalhos que adotam o método de tratamento e análise de dados em seu processo procedimental, correspondendo a 24,5%. Nesta modalidade, favorece-se mais o aspecto quantitativo em que são explorados trabalhos experimentais, como elaboração de tabelas de registo de dados, controle de variáveis, elaboração de gráficos, análise estatística dos dados e medição de parâmetros e variáveis. Como exemplo, podemos mencionar o trabalho de Cruz e Soares (2015, p. 1311-1), ao descreverem uma atividade que “[...] estabelece a curva característica corrente ID-voltagem VD de um diodo, a partir das medidas da diferença de potencial VD sobre ele e da corrente ID que circula através dele, para três diferentes temperaturas” (CRUZ; SOARES, 2015, p. 1311-1). Dessa forma, para a análise dos resultados, realizam-se diferentes gráficos a partir dos dados obtidos para a determinação da forma algébrica da curva característica do diodo. É possível destacar também o artigo de Dionísio e Spalding (2017) que desenvolveram um aparato experimental para medir a corrente elétrica e observar como ela varia em função do tempo. Essa variação produz um gráfico chamado de forma de onda (FO) da corrente elétrica que é construída “[...] a partir de uma tabela de dados com 128 medições de corrente realizados em 33,3 milissegundos” (DIONÍSIO; SPALDING, 2017, p. e1501-1). Villalba et al. (2015) também utilizam a experimentação para a tomada de dados, elaboração de gráficos e tratamento estatísticos dos dados utilizando o método dos mínimos quadrados, linearização da reta e cálculo de erros, ao descrever o passo-a-passo de cada processo experimental realizado:

Fizemos cada medição três vezes, no mínimo, e os valores que aparecem são a média de cada conjunto de medições. Para o cálculo do erro absoluto usamos as instruções do fabricante dos polímeros que dependem da escala real que usamos para calcular as medidas. Os resultados da Tabela 1 podem ser visualizados através da Fig. 8. Nela, pode-se observar a linearidade da dependência entre as duas variáveis, quando a intensidade da corrente é aumentada por um fator, a tensão no secundário aumenta por esse fator. (VILLALBA et. al, 2015, p. 1313-5)

Verifica-se que cerca de 16,3% dos artigos pesquisados buscam propor o procedimento experimental voltado exclusivamente para a técnica de medição. Neste conjunto, pode-se observar trabalhos que descrevem tanto um sistema simples de medição, ou que desenvolvem uma nova metodologia de medição a fim de ser testada e verificada e, até mesmo, outros que propõem atividades visando a superação de dificuldades relacionadas ao processo de medição. Como exemplo, podemos citar o trabalho de Eichler (1988) que apresenta um sistema de medição usando microcomputador acoplado a um experimento em Física. Já Viana e Arnold (2017) desenvolvem um sistema automatizado para a medição de impedância elétrica baseado em uma adaptação da metodologia convencional, no qual utiliza-se transdutores piezelétricos em vez de um analisador de impedâncias comercial, a fim de superar algumas dificuldades de medições presentes nestes. Sendo assim, o método de medição desenvolvido é testado com o interesse de verificar sua utilidade didática para o ensino de Física. Podemos ainda mencionar trabalhos, como o de Reis, Rodrigues e Neto (2019), que têm por objetivo trabalhar com os estudantes a resolução de problemas existentes nas medições, visando a descoberta e a construção de uma nova técnica de medida por parte dos mesmos.

Ainda assim, observa-se que são poucos os artigos presentes no conjunto analisado que utilizam o método de analogia como procedimento experimental, correspondendo a 8,2% do total. Este método é descrito a partir de um processo cognitivo de transferência de informação ou significado de uma situação experimental para outra, assim remetendo a relação de semelhança entre coisas ou fatos e sendo possível a comparação direta entre entidades diferentes, ou seja, conceitos, fenômenos, experiências, ações e até mesmo objetos. Dessa forma, podemos destacar o trabalho de Krapas et al. (2005) que faz o uso de analogias na etapa de desenvolvimento de hipóteses e explicações sobre o comportamento do prego, priorizando a relação de semelhanças entre objetos diferentes e investigação da causa das semelhanças. Outro exemplo é o trabalho de Oliveira et. al (2022, p. e20210388-3) ao declarar em sua sequência didática que os alunos “[...] podem gerar várias explicações com base em conhecimento prévio e raciocínio analógico” (OLIVEIRA et. al, 2022, p. e20210388-3).

Com a mesma porcentagem (8,2%), podemos ainda destacar artigos que utilizam o método de inspeções visuais como procedimento experimental. Pode-se verificar que é uma estratégia voltada mais aos aspectos qualitativos do experimento e é, em sua maioria, utilizado para a observação e análise visual de algum fenômeno ou comportamento físico, assim como para facilitar a percepção e a visualização dos mesmos. A título de exemplo, podemos mencionar Nogueira (2006, p. 448) que propõe em seu trabalho experimentos para o ensino de eletrostática com auxílio computadorizado, no qual afirma-se que “[...] a análise da distribuição de potenciais e campos vetoriais em dispositivos eletromagnéticos é enormemente facilitada pela inspeção visual” (NOGUEIRA, 2006, p. 448). Já Costa, Pietronero e Catunda (2013) assumem a estratégia de utilizar circuitos com baterias e lâmpadas para abordar qualitativamente os circuitos de corrente contínua, considerando ser possível assim observar o transiente de circuitos RC e, sendo este interessante principalmente pela demonstração qualitativa dos conceitos físicos envolvidos. Outro trabalho que podemos apontar é o de Cordeiro-Costa et. al (2017, p. e2501-2) ao propor uma atividade experimental de conteúdo interdisciplinar para aprendizagem de conceitos físicos relativos à eletricidade, em que com a participação de alunos “[...] propõe-se submeter uma população de minhocas aos efeitos da corrente elétrica e observar seu comportamento na interação com choque elétrico” (CORDERO-COSTA et. al, 2017, p. e2501-2). Outro caso um pouco distinto dos mencionados anteriormente é o de Dionisio e Spalding (2017) em seu trabalho sobre visualização da forma de onda e conteúdo harmônico da corrente elétrica alternada em eletrodomésticos, em que são apresentados alguns métodos para visualizar a forma de onda da corrente elétrica de alguns eletrodomésticos e o espectro de frequência destas formas de onda.

Ainda assim, mesmo correspondendo a uma parcela mínima de trabalhos no conjunto analisado, é possível observar aqueles que utilizam a estratégia da argumentação como método procedimental. Estes correspondem a apenas 2% dos artigos pesquisados e, além de ser um método que apresenta traços mais investigativos, é utilizado baseando-se na construção do raciocínio lógico em defesa de um ponto de vista correspondente a um assunto em situações de debate e discussões de ideias. Como exemplo, podemos citar o trabalho de Axt, Moreira e da Silveira (1990, p. 143) ao admitir que sua estratégia se baseia na argumentação, sendo esta “[...] apresentada na forma de evidências experimentais (argumento experimental) completadas com perguntas e proposições que envolvam abstrações nas quais poderão ou não ser utilizados dados disponíveis do experimento (argumento teórico)” (AXT; MOREIRA; DA SILVEIRA, 1990, p.

143). Sendo assim, os estudantes têm o dever de criar e desenvolver hipóteses, a predizer o que irá ocorrer para começar a experimentar e depois confrontar o resultado com a hipótese feita.

Por meio do conjunto de artigos analisados, verifica-se que são amplas as possibilidades de objetivos que uma atividade experimental pode adotar no processo de ensino- aprendizagem. Em relação aos objetivos conceituais, é importante salientar que embora estas atividades demonstrem limitações inerentes a sua própria natureza, acredita-se que podem contribuir para um aprendizado significativo se conduzidas adequadamente, tornando-se um recurso didático de extrema importância para o desenvolvimento de competências e habilidades que podem ser promovidos através da experimentação. Ainda assim, é preciso reforçar que a noção de objetivo, muito utilizada por diversos professores, é uma noção muito divergente da noção de abordagem, ou seja, podem existir várias abordagens para um mesmo objetivo de caráter cognitivo ou, ainda, uma mesma abordagem pode auxiliar a assimilação de muitos conhecimentos. Dessa forma, dizemos que a prática pode estar a serviço da aquisição de conhecimentos conceituais, quando se prioriza apenas o desenvolvimento conceitual do estudante, ou que a teoria está a serviço da prática, quando o enfoque é desenvolver conhecimentos provenientes da prática.

Já em relação aos objetivos procedurais, observamos que são muitos os trabalhos que optaram por propor mais de um objetivo em sua forma de organizar e desenvolver a experimentação. Além disso, verifica-se que aqueles que utilizam tecnologias como recurso integrante à atividade experimental, além de possibilitar o uso mais frequente de computadores e ferramentas tecnológicas modernas, nota-se que com o decorrer do tempo, esses recursos têm se inserido e se tornado cada vez mais acessíveis na esfera educacional. Dessa forma, o uso de tecnologias pode ser considerado uma opção interessante para o auxílio no estudo de temas que são mais abstratos dentro da Física, como no caso do eletromagnetismo. Podemos concluir que a utilização de recursos computacionais é importante na maneira em que é capaz de criar condições que aprimoram diversas habilidades e competências significativas nos estudantes. Ainda assim, é importante salientar que os trabalhos voltados para a construção de equipamentos têm seu potencial na medida em que oferecem atividades experimentais utilizando materiais alternativos, em que muitas vezes, são de fácil acesso e baixo custo. Isso facilita a implementação de atividades experimentais importantes no processo educacional, sem que sejam deixados de lado, por justamente necessitar de um equipamento que foge do orçamento da instituição.

6.2 Análise das publicações segundo as abordagens e classificações dos laboratórios didáticos no ensino de física

Neste capítulo, pretendeu-se analisar e classificar as diferentes abordagens do laboratório didático no ensino de Física. Para isso, levou-se em conta as diferentes características organizacionais que uma atividade experimental pode adotar, investigando-se cada procedimento típico e particular inerente à experimentação. Ainda assim, procurou-se considerar as concepções teórico-metodológicas no laboratório de física dentro das perspectivas de Pinho Alves (PINHO ALVES, 2000) e Moreira e Levandowsky (MOREIRA; LEVANDOWSKI, 1983).

6.2.1 Perspectiva de Pinho Alves

Analisando-se os trabalhos segundo as abordagens metodológicas no íntimo da perspectiva de Pinho Alves (PINHO ALVES, 2000), confeccionamos o Quadro IV apresentado em seguida, em que mostra a relação das concepções de laboratório didático e seu valor percentual.

Quadro IV – Valor percentual das abordagens de laboratório didático segundo as perspectivas de Pinho Alves.

Abordagens de laboratórios na perspectiva de Pinho Alves		Total	Total (%)
1	Laboratório tradicional	25	51
2	Laboratório divergente	12	24,5
3	Laboratório de demonstrações	8	16,3
4	Laboratório biblioteca	3	6,1
5	Laboratório de projetos	1	2

Fonte: Elaborado pela autora

Analisando o quadro acima, é possível constatar que o maior número de artigos pesquisados favorece a abordagem de laboratório tradicional. Apresentando um pouco mais da metade das publicações, encontram-se atividades de caráter mais convencional que, no que se

refere seu modo de organização, possuem maior grau de estruturação, reduzindo o tempo de reflexão dos estudantes, devido às restrições estabelecidas no roteiro, no qual, muitas vezes, são marcados pela impossibilidade de modificar a montagem experimental ou de decidir sobre o próximo passo experimental a ser tomado. Nota-se que, na maioria dos casos, seu roteiro organizado e pré-estabelecido é dirigido para a obtenção e tratamento de dados ou construção de equipamentos, sendo sua ênfase a verificação e a comprovação de leis ou teorias. Dessa forma, seu expressivo emprego pode ser interpretado devido à crença comum de que existe maior facilidade de sua implementação, já que demanda pouco tempo de preparo e execução, devido ao fato de utilizarem, em muitos casos, atividades já preparadas.

Em segundo lugar, correspondendo a 24,5% do total de publicações, observa-se propostas de abordagens mais ousadas, quando comparadas às tradicionais. Estas podem ser denominadas de Laboratório Divergente e, seu modo de trabalho procura ir de encontro com a abordagem de caráter tradicional. Sua dinâmica enfatiza a possibilidade do estudante de decidir quanto ao esquema, o procedimento, os objetivos a serem adotados, além de oportunizar a resolução de problemas, já que as respostas não são pré-concebidas. Nesta modalidade, procura-se instigar o pensamento consciente e a interação dos estudantes com a experimentação a partir de sua participação ativa. Quando comparado ao laboratório tradicional, observa-se que uma quantidade menor de artigos adota a abordagem divergente e, este fato pode ser justificado por motivo da complexibilidade de sua utilização, devido à exigência de um tempo maior para o planejamento destas atividades por parte dos professores. Dessa forma, em muitos casos, existe o impedimento de uma preparação mais adequada para essas atividades já que muitos professores possuem uma carga horária pequena, quando comparada com a quantidade de conteúdo a serem ministrados.

Além destes, pode-se ainda mencionar o caso dos professores que estão acostumados com as metodologias tradicionais e, por isso, deixam de implementar atividades de caráter divergente no ensino de Física. Mesmo assim, nota-se que uma considerável quantidade de publicações adota práticas alternativas e, isto pode ser justificado em virtude de seu potencial em despertar a curiosidade e interesse nos estudantes, já que é uma prática que busca desenvolver tanto os conhecimentos conceituais quanto os cognitivos. Além disso, são atividades que priorizam a necessidade constante de participação dos alunos na dinâmica de ensino, se tornando um meio necessário pelo qual é possível romper com a passividade, a fim de fazer com que os mesmos se relacionem diretamente com os fenômenos sobre os quais se

referem os conceitos. Contudo, é visível o interesse que se tem em utilizar essa prática para investigar, interpretar e compreender o mundo em que se vive, visto que, em relação ao seu êxito no processo de aprendizagem em Física, supera qualquer proposta de aspecto tradicional marcada por suas propostas fechadas e descontextualizadas.

No que se refere às experiências que adotam a abordagem classificada como laboratório de demonstração, foram observadas propostas que visam a apresentação de fenômenos, auxiliando no desenvolvimento de habilidades de observação e reflexão por parte dos alunos. Correspondendo a 16,3% das publicações analisadas, essas atividades priorizam ilustrar tópicos trabalhados em sala de aula, sendo o professor responsável por realizar a experimentação, enquanto o estudante se torna um mero espectador. Dessa forma, é uma abordagem metodológica que não necessita de um ambiente específico e de aparelhos sofisticados, podendo ser desenvolvida em qualquer sala de aula. Analisando os artigos pesquisados nesse conjunto, nota-se que sua grande maioria considera a importância de se realizar experimentos fáceis de serem executados e implementados, tendo em vista de que muitas instituições educacionais não possuem condições necessárias e ambientes capazes de ofertar uma prática experimental mais elaborada e que demanda de equipamentos específicos. Dessa forma, acredita-se que esse tipo de experiência seja um tanto mais motivadora para o professor, já que não requer carga horária específica e pode ser realizada a qualquer momento na explicação de conceitos e resolução de problemas.

Ainda assim, pode-se constatar que uma quantidade pequena de artigos busca trazer propostas relacionadas ao laboratório biblioteca. Esta abordagem equivale a apenas 6,1% das publicações analisadas e consiste em oferecer diversos experimentos de rápida execução, tendo como característica principal o fácil manuseio, permitindo a realização de dois ou mais experimentos no espaço reservado para aula de laboratório. Em relação ao seu modo de organização, o laboratório biblioteca não se distancia muito do tradicional, já que seu roteiro é estruturado e pouco flexível, se diferenciando somente na quantidade de medidas realizadas, gráficos solicitados e dados tabulados. Dessa forma, é possível observar, através da análise realizada, que a maioria dos artigos que se propõe realizar este tipo de abordagem são caracterizados por descrever conjuntos experimentais ou sequência didática de experimentos.

A título de exemplo das publicações que trazem abordagens relacionadas ao laboratório biblioteca, podemos mencionar a publicação de Dorneles, Araujo e Veit (2008, p. 3308-7) em

que apresenta “[...] um conjunto de quatro atividades computacionais que requerem constante interação dos alunos entre si, com os recursos computacionais e com o professor, ao responderem questões conceituais presentes nos guias de cada atividade” (DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2008, p. 3308-7). Outro que podemos destacar é o trabalho de Motta e Santos (2021, p. e20210012-1) ao propor uma “[...] sequência didática experimental utilizando material de baixo custo e fácil acesso, na qual circuitos elétricos resistivos simétricos são conceituados e montados” (MOTTA; SANTOS, 2021, p. e20210012-1). Ainda assim, é possível notar uma considerável resistência em se utilizar essa perspectiva de laboratório, pois é evidente que existe uma insatisfação com seus aspectos relacionados ao processo de ensino e aprendizagem em Física. Isso acontece pois, além de ser uma metodologia que exige considerável planejamento, devido à condição em que se apresenta maiores quantidades de experimentos em uma atividade, torna-se um processo de ensino passivo e sistemático em que se prioriza apenas a transmissão e recepção de conhecimentos pré-determinados. Contudo, sabe-se que a aprendizagem baseada nessa concepção dificilmente resulta na aquisição e construção de novos conhecimentos e, muito menos, favorece a capacidade de questionamento, já que seu único dever é verificar e comprovar um resultado pré-estabelecido pelo professor.

Por fim, os artigos propondo atividades baseadas na abordagem de laboratório de projetos correspondem aproximadamente a 2% do total e, portanto, verifica-se que é a categoria que menos se manifesta no conjunto de publicações. Como exemplo, podemos mencionar Reis, Rodrigues e Neto (2019), cuja uma nova abordagem experimental para a determinação da constante dielétrica em líquidos. Tal proposta é baseada em metodologias de aprendizagem por projetos, visando a elaboração de projetos de experimentação com o objetivo de desenvolver no estudante as capacidades inerentes de um pesquisador experimental e trazer potencialidades para a reformulação de cursos de física básica (REIS; RODRIGUES; NETO, 2019).

Devido à condição de que este tipo de laboratório está mais vinculado ao treinamento da futura profissão de Físico, sendo oferecido apenas nos últimos estágios do curso de formação, é uma abordagem que necessita que os estudantes já tenham passado por um treinamento anterior, sendo de extrema importância o domínio de técnicas de medidas, planejamentos, procedimentos experimentais e do conteúdo em si. Dessa forma, não é objetivo o aprendizado de conceitos e de técnicas de experimentação. É, portanto, objetivo deste laboratório a realização de um novo ensaio experimental visando o desenvolvimento de um relatório, em forma de artigo, a ser publicado futuramente. No ensino de Física, é possível

observar em todos os anos de formação uma recorrente dificuldade dos alunos em compreender conteúdos de Física e, por conta disso, a experimentação é utilizada principalmente como uma estratégia importante para auxiliar na compreensão e aprendizagem de conceitos, a fim de tornar-se possível o entendimento e a visualização de fenômenos. Por conta disso, propostas baseadas no laboratório de projetos são menos visadas e implementadas no ensino de Física. Contudo, verifica-se que essa abordagem se torna um tanto desinteressante e irrelevante, já que muitos alunos ainda necessitam alcançar um nível significativo de compreensão conceitual.

6.2.2 *Perspectiva da Moreira de Levandowsky*

O Quadro V fornece um quadro de produção de artigos classificados segundo as abordagens metodológicas baseadas na perspectiva de Moreira e Levandowsky (MOREIRA; LEVANDOWSKI, 1983).

Quadro V – Abordagens de laboratório didático segundo as perspectivas de Moreira e Levandowsky

Abordagens de laboratórios na perspectiva de Moreira e Levandowsky		Total	Total (%)
1	Laboratório programado	29	59,2
2	Laboratório com ênfase na estrutura do experimento	14	28,6
3	Laboratório sob um enfoque epistemológico	6	12,2

Fonte: Elaborado pela autora

Por meio do quadro, é possível observar a existência de um número significativo de publicações que abordam elementos relacionados ao laboratório de ensino programado, correspondendo a 59,2% do total. Dessa forma, verifica-se que essas publicações se encontram distribuídas de maneira bastante regular no decorrer dos anos, em que é possível averiguar a presença de artigos com essa abordagem em praticamente todos os anos. Essa concepção de laboratório tem como principal enfoque propiciar a aprendizagem de habilidades de manuseio de instrumentos e a aprendizagem do conteúdo ministrado na aula e, portanto, visa facilitar a aprendizagem de conceitos, relações, leis e princípios, ou seja, de conhecimentos já estabelecidos. Consequentemente, o aluno é guiado através de um procedimento bem detalhado destinado a produzir resultados específicos, em que são utilizados roteiros baseados em algum modelo de ensino como referencial teórico-pedagógico. A título de exemplo, podemos destacar o artigo de Viana e Arnold (2017) que propõe o desenvolvimento de um sistema automatizado para a medição da impedância elétrica, no qual é apresentado, em uma de suas seções, a teoria de circuitos, baseada em álgebra fasorial, que explica o procedimento utilizado para a determinação da impedância elétrica. Podemos também citar o trabalho de Dionisio e Spalding (2017) que, além de descrever o aparato experimental e o método de aquisição e análise de dados, se baseia no princípio da conversão de sinais analógicos em digitais e no princípio da transformada de Fourier. Ainda assim, é possível verificar que a grande maioria dos artigos

pesquisados propõe a comparação dos resultados obtidos experimentalmente com os previstos teoricamente. Como exemplo, podemos citar o trabalho de Villalba et al. (2015) que descreve um procedimento detalhado para medição das tensões induzidas em bobinas secundárias em função da corrente que existe na bobina primária, a fim de se obter uma dependência linear entre elas. Dessa maneira, deve-se verificar se os resultados obtidos experimentalmente concordam com as previsões teóricas da Lei de Faraday-Henry. Podemos ainda citar outros que utilizam a prática experimental como meio de proporcionar o ensino e a aprendizagem de conceitos teorizados, como o de Cordeiro-Costa et. al (2017, p. e2501-2), ao afirmar que seu trabalho visa “[...] o ensino e a aprendizagem de conceitos teorizados, partindo-se da aplicação prática destes conteúdos correlatos a estudos dentro da área de interesse desse alunado, no caso, alunos dos cursos das ciências agrárias” (CORDEIRO-COSTA et. al, 2017, p. e2501-2).

A predominância dessa abordagem de laboratório pode ser explicada pelo fato de que é uma concepção fácil de ser implementada no ensino, já que não exige uma complexa demanda de organização e planejamento por parte do professor. Sendo isso, a experimentação é utilizada apenas como meio facilitador na compreensão de conteúdos, sendo sua função principal, a comprovação de teorias. Ainda assim, é possível verificar que muitas publicações se baseiam em uma visão simplista da experimentação, em que a ciência é compreendida única e exclusivamente através de uma concepção ultrapassada e tradicional. A atividade experimental não é orientada para a reflexão e muito menos, é utilizada como instrumento capaz de propiciar a construção e aprendizagem de conceitos necessários. Os alunos detêm o papel de agente passivo enquanto o professor continua sendo o detentor do conhecimento, ou seja, o aluno tem o dever de seguir um procedimento proposto pelo professor, buscando chegar aos resultados esperados. Dessa forma, a relevância das atividades experimentais para o processo de ensino-aprendizagem é vista apenas priorizando uma ótica motivadora, em que os aspectos cognitivos são deixados de lado, enfatizando apenas os resultados e desmerecendo o processo de coleta e análise de dados.

Correspondendo a 28,6% do total de publicações, encontram-se as atividades experimentais que adotam a abordagem de laboratório com ênfase na estrutura do experimento. Nesta concepção de laboratório, prioriza-se principalmente a aprendizagem da experimentação, no qual enfatiza-se a identificação da estrutura do experimento que está sendo realizado pelo aluno. Como exemplo, podemos citar Reis, Rodrigues e Neto (2019) em seu trabalho que tem como enfoque a aprendizagem do método experimental, ao considerar que uma das vantagens

de se utilizar esse método é que o estudante trabalha com um nível de conhecimento mais relacionado com o seu estágio de desenvolvimento intelectual no momento, fazendo com que “os níveis de abstração diminuam consideravelmente liberando esforço intelectual para ser usado no aprendizado do método científico experimental” (REIS; RODRIGUES; NETO, 2019, p. e20180081-2). Sob essa mesma ótica, podemos mencionar também a publicação de Ribeiro et al. (2012, p. 4317-2) que propõe um método alternativo para a experiência de indução eletromagnética em que sua aplicação é capaz de contribuir para o “[...] desenvolvimento crítico dos alunos e o interesse pelo método experimental, base do conhecimento científico” (RIBEIRO et al., 2012, p. 4317-2). Ainda assim, podemos destacar o artigo de Ludke e Graça (2011) ao declarar que pelo estudo de campos elétricos de linhas trifásicas pelo método da cuba eletrolítica, os alunos sejam capazes de “[...] descrever as propriedades do potencial e campo elétrico sob as linhas de transmissão e prever o comportamento das linhas reais a partir de ensaios obtidos através da análise de um modelo utilizando cubas eletrolíticas e multímetros digitais de baixo custo” (LUDKE; GRAÇA, 2011, p. 1703-1).

Por último, encontram-se os artigos que apresentam uma abordagem laboratorial mais voltada para um enfoque epistemológico, sendo esta modalidade responsável por 12,2% do total. Nesta concepção de laboratório, prioriza-se relacionar todos os aspectos básicos relativos à experimentação num enfoque epistemológico. Esses aspectos dizem respeito à identificação do fenômeno de interesse, dos conceitos, dos princípios, do método e dos resultados. Dessa maneira, é abordada de forma mais profunda a questão da natureza do conhecimento e a forma como ele é produzido. Observando o quadro, torna-se explícito que são poucas as publicações que apresentam aspectos relacionados a este tipo de abordagem. Ainda assim, é visível que os poucos artigos presentes nessa categoria demonstram atenção em despertar reflexões epistemológicas acerca da construção histórica pela qual a experimentação se estabeleceu no ensino de ciências. Como exemplo, podemos mencionar o trabalho de Sousa et. al (1996), ao apresentar um breve histórico da eletrostática e descrever os princípios de operação e os detalhes de construção de um eletroscópio eletrônico. Outro que podemos citar é Chaib e Assis (2007, p. 41) em seu artigo que tem como propósito contribuir para “[...] o resgate da relevância da experiência de Oersted”, em que é feita uma breve contextualização histórica desta experiência visando descrever uma reprodução moderna dos procedimentos e observações de Oersted com materiais de baixo custo (CHAIB; ASSIS, 2007, p. 41). Ainda neste, admite-se a importância dessa abordagem experimental para o enriquecimento do trabalhado construído por

Oersted, da mesma forma em que tem potencial de instigar nos alunos o interesse pela história do eletromagnetismo. Partindo dessa mesma linha de pensamento, podemos destacar ainda o trabalho de Filho, Chaib, Caluzi e Assis (2007) que propõe apresentar a primeira experiência crucial de Ampère, visando discutir sua importância na história da física e descrever uma reprodução moderna dos procedimentos e observações de Ampère.

Em comparação com as outras abordagens citadas anteriormente, verifica-se que são poucas as publicações que preferem aderir este tipo de modalidade de laboratório. Esse fato pode ser justificado devido às limitações e obstáculos presentes na esfera educacional, dificultando seu uso como estratégia de ensino. Dessa forma, é evidente a existência de uma significativa desconsideração de atividades que intencionam estreitar uma relação entre a epistemologia e ensino de Ciências, sem favorecer um olhar para a experimentação pautado no questionamento e, muito menos, na busca de conhecimentos socialmente construídos.

6.3 Análise das publicações segundo a disposição do ensino de laboratório

Neste capítulo, pretendeu-se detectar a disposição do ensino de laboratório considerando duas principais vertentes, laboratório estruturado (LE) e laboratório não estruturado (LNE). Para isso, levou-se em conta a maneira com a qual a atividade experimental é organizada, estruturada e disposta.

O Quadro VI fornece um panorama de produção de artigos classificados segundo a disposição do ensino de laboratório das atividades experimentais.

Quadro VI – Disposição do ensino de laboratório

Disposição do Ensino de Laboratório		Total	Total (%)
1	Laboratório Estruturado	39	69,4
2	Laboratório Não-Estruturado	15	30,6

Fonte: Elaborado pela autora

Pode-se constatar, a partir do quadro acima, que há uma significativa diferença na distribuição das atividades quanto à disposição do ensino de laboratório. Em relação às atividades que apresentam aderir a proposta de Laboratório Estruturado, que corresponde à 73,55% do total, é possível verificar que muitas das publicações pesquisadas descrevem a experimentação a partir de uma perspectiva que visa oferecer ao estudante procedimentos detalhados, em que o aluno recebe instruções que o guiam através de um procedimento destinado a produzir certos resultados específicos. Dessa forma, o roteiro experimental é estruturado e pouco flexível, pelo qual os alunos são orientados passo-a-passo nos procedimentos experimentais.

Como exemplo, pode-se citar o trabalho de Sousa, Sartori, Catunda e Nunes (1996) ao descrever em detalhes a construção de um eletroscópio. Sendo assim, os autores afirmam que “Para um perfeito funcionamento do protótipo é importante seguir cuidadosamente os detalhes mostrados”, ou seja, o que medir e como medir foge da esfera de decisão dos alunos. (SOUSA; SARTORI; CATUNDA; NUNES, 1996, p. 63). É possível ainda mencionar a publicação de Eichler (1988) em que, apesar de permitir a participação mais ativa dos alunos, a atividade

experimental proposta é utilizada a partir de um procedimento orientado utilizando o computador. Nesse sentido, o autor enfatiza que “[...] o computador fornece ao estudante a sequência em que esta deve processar-se” além de que, “detecta erros, comunicando-os ao aluno, além de fornecer informações teóricas” (EICHLER, 1988, p. 12). Ludke (2012) também demonstra propor uma atividade experimental baseada no laboratório estruturado ao apresentar detalhes da construção de um capacímetro destinado a medidas de capacitância elétrica de pequenos objetos metálicos próximos entre si. O autor enfatiza que o procedimento experimental “[...] consiste em ligar o dispositivo, baixar a esfera a cerca de 0,5 mm de altura entre a sua borda inferior e o plano e medir a frequência em MHz obtida com um osciloscópio analógico” (LUDKE, 2012, p. 3501-4). Contudo, o aluno recebe instruções que o guiam através de um procedimento único destinado a produzir resultados específicos.

Em uma atividade estruturada enfatiza-se a verificação experimental dos princípios físicos e, decorrente a isso, torna-se fácil observar que os roteiros utilizados nessa modalidade seguem tanto uma linha tradicional de ensino, quanto da instrução programada. Além destes, podemos ainda enfatizar a relação existente entre o laboratório estruturado com as atividades de demonstração e verificação.

Em segundo lugar, observa-se as publicações que demonstram propor atividades baseadas na disposição de ensino de Laboratório Não-Estruturado, representando cerca de 30,6% do total. Em uma atividade não estruturada, é proposto um problema ao aluno, o deixando inteiramente livre para usufruir do procedimento como quiser, organizar seus dados e chegar às próprias conclusões e resultados. Portanto, faz-se o uso de roteiros abertos com maiores possibilidades de intervenção e modificações por parte dos alunos ao longo das etapas do procedimento experimental. Sendo assim, as etapas de execução, análise e conclusões demandam um grande envolvimento por parte dos estudantes, exigindo um tempo maior de estudo por parte destes.

Tendo como exemplo, pode-se mencionar o trabalho de Brito (1985, p. 6) ao enfatizar em sua proposta experimental que “Não se trata do professor escolher os temas que ele considera os mais adequados, mas deixa aos alunos a tarefa de levantar as coisas que lhe interessam” (BRITO, 1985, p. 6). Além deste, pode-se ainda citar a publicação de que propõe uma atividade experimental visando a aprendizagem de Eletromagnetismo via Programação e Computação Simbólica em que mostra-se ao aluno a possibilidade de “[...] construir

ferramentas por si próprio, utilizando a linguagem de programação do sistema” (ALVES; AMARAL; NETO, 2002, p. 203). Santos, Santos e Fraga (2002) demonstram também aderir esse tipo de abordagem laboratorial ao apontar que o maior interesse da proposta experimental era, à princípio, “[...] fornecer um sistema de treinamento no qual o usuário pudesse interagir e construir seu próprio experimento em eletromagnetismo” (SANTOS; SANTOS; FRAGA, 2002, p. 188).

Diferentemente do Laboratório Estruturado, o Laboratório Não-Estruturado encoraja a redescoberta dos princípios físicos através da exploração de alternativas e, é por conta dessa característica que torna-se possível perceber uma tendência que essas atividades apresentam em seguir a linha divergente de ensino. Além disso, levando em consideração esses fatores, é fácil identificar a ligação existente entre o laboratório não estruturado e as atividades de caráter investigativo. A título de exemplo, pode-se mencionar Reis, Rodrigues e Neto (2019) ao evidenciar em seu trabalho, em um curso convencional de física e utilizando um problema sobre capacitores e propriedades dielétricas de materiais que “trabalhou-se com o aluno a abordagem teórica do problema, a generalização do mesmo e a posterior construção do experimento com coleta e análise de dados” (REIS; ROGRIGUES; NETO, 2019, p. e20180081-5). Dessa forma, sua proposta experimental tinha como principal fundamento desenvolver as capacidades inerentes de um pesquisador experimental a partir de uma investigação na qual o estudante deveria:

[...] 1) planejar um experimento científico, 2) coletar e analisar os dados experimentais, 3) correlacionar os resultados experimentais ao modelo teórico, 4) chegar a conclusões que validem, ou não, o modelo e 5) verificar possíveis consequências a partir das conclusões científicas obtidas. (REIS; ROGRIGUES; NETO, 2019, p. e20180081-3)

6.4 Análise das publicações segundo o grau de direcionamento das atividades experimentais

Na análise dos trabalhos, também procurou-se identificar o grau de direcionamento das atividades experimentais, em que foram considerados aspectos relacionados à forma com que a experimentação foi estruturada e desenvolvida, ou seja, se existiu maior ou menor participação do aluno em sua execução ou elaboração, se foram conduzidas pelo professor de forma direta ou indireta, entre outros. Dessa maneira, procurou-se destacar se as atividades apresentam um caráter de Demonstração, Verificação ou Investigação.

Quadro VII – Grau de direcionamento das atividades experimentais

Grau de direcionamento das atividades experimentais		Total	Total (%)
1	Verificação	27	55,1
2	Investigação	12	24,4
3	Demonstração	10	20,4

Fonte: Elaborado pela autora

Observando o quadro VII, constata-se que uma das modalidades mais utilizadas pelos autores nas publicações pesquisadas refere-se ao emprego de atividades de verificação. As atividades experimentais de verificação são aquelas utilizadas com o objetivo de verificar ou confirmar alguma lei ou teoria. Neste tipo de abordagem, o professor é responsável tanto por conduzir as instruções procedimentais, quanto por identificar o problema e relacionar o trabalho com outros anteriores. Essas atividades caracterizam-se pela previsibilidade dos resultados, em que o aluno é orientado a seguir instruções, a fim de se obter resultados já pré-estabelecidos. Contudo, sustenta-se a ideia de que as hipóteses devem ser testadas e provadas através da verificação. Considera-se que atividades experimentais dessa natureza têm o potencial de proporcionar aos alunos condições para observar fenômenos que obedecem à lógica da teoria, além de desenvolver habilidades relacionadas ao ato de interpretar e seguir instruções, manusear equipamentos e executar as atividades.

Entre alguns exemplos relevantes de propostas de atividades de verificação pode-se destacar o trabalho de Magno, Andrade e Araújo (2010) que descreve uma atividade de

construção de um gaussímetro de baixo custo, enfatizando a ideia de que diferentes experimentos podem ser realizados utilizando o gaussímetro proposto, sendo assim possível “[...] comprovar experimentalmente as leis de Ampère, de Faraday e de Gauss para o magnetismo, bem como medir e estudar propriedades magnéticas de materiais” (MAGNO; ANDRADE; ARAÚJO, 2010, p. 3403-1). Ainda na categoria de construção de equipamentos, podemos mencionar o artigo de Alves et. al (2022) ao apresentar uma proposta experimental voltada a construção de um transformador do tipo nuclear, podendo ser utilizada para a verificação da transformação da tensão com o número de espiras no secundário.

Em relação às contribuições educacionais que essas atividades permitem, podemos citar o trabalho de Ribeiro, Almeida e Carvalho (2012) ao evidenciar o potencial destas em permitir que o aluno associe a razão à observação, funcionando também como fonte de motivação do que se vai estudar, assim como a verificação do que se foi estudado. Pode-se mencionar também o trabalho de Cruz e Soares (2015) que propõe uma atividade de verificação das propriedades de um diodo simples a partir da observação de seu comportamento. Já a publicação de Alves, Rizzuti e Gonçalves (2020) apresenta uma sequência de experimentos que permite estimar a força de repulsão entre pares de ímãs cilíndricos iguais. Os autores afirmam que é por meio dessa proposta de atividade experimental que se tem a chance de estimar valores para o efeito de interação entre ímãs, podendo verificar experimentalmente a validade das estimativas.

Dessa forma, verifica-se que são amplas as possibilidades de utilização de atividades experimentais que pretendem a verificação de leis e teorias físicas. Mesmo que estas atividades tenham uma tendência em se alinharem a uma visão simplista e absoluta da natureza da Ciência, acredita-se que quando implementadas e conduzidas adequadamente, podem contribuir para um aprendizado significativo. Ainda assim, é evidente a utilização desse tipo de experimentação como facilitadora na compreensão de conteúdos de Física. Por ser uma atividade que proporciona uma relação entre a teoria e a prática, é muito utilizada como estratégia para aproximar o aluno à sua realidade e vivências, fator que facilita a aprendizagem de conteúdos considerados difíceis.

A segunda parcela majoritária dos artigos analisados, correspondendo a 24,4% do total, enquadra-se na categoria que se refere às atividades de investigação. Essas atividades caracterizam-se por serem aquelas que demandam do aluno a necessidade de discutir, relatar, refletir, e desenvolver argumentos com o intuito de resolver alguma questão ou problema.

Sendo assim, as atividades experimentais estruturadas como investigações não se limitam a manipulação de objetos e observação de fenômenos, pois são oferecidos problemas práticos que os alunos devem resolver sem a imposição de roteiro ou instrução do professor. O problema é um desafio colocado ao estudante para que, por meio de uma investigação, desenvolva uma solução para esse problema, em que cabe a ele a percepção e geração do problema, o planejamento de suas ações, escolha dos procedimentos, seleção dos materiais e equipamentos utilizados, as observações e realizações de medidas necessárias, análise dos dados e interpretação dos resultados (BORGES, 2002). Privilegia-se a participação ativa do estudante, pois a atividade dispõe de um certo grau de autonomia no qual o professor tem apenas o papel de guia da investigação, ao propor desafios aos alunos para que estes sejam capazes de levantar suas próprias hipóteses e soluções. Contudo, o aluno é o agente atuante na construção do conhecimento, pois são atividades baseadas na perspectiva de aprendizagem construtivista, que considera que nenhum conhecimento é assimilado do nada, mas deve ser reconstruído pela estrutura de conceitos já existentes.

Deste modo, as situações problemáticas têm a capacidade de produzir um conflito cognitivo ao fazer com que o estudante perceba a inadequação de suas teorias atuais, na medida em que é estimulado a refletir, questionar, ir atrás de alternativas e, assim, transformar suas ideias e conceitos (BASTOS, 1998). Como exemplo, podemos citar o trabalho de Axt, Moreira e Silveira (1990) que propõe uma atividade de experimentação seletiva e associada à teoria como estratégia para facilitar a reformulação conceitual em Física, com objetivo de capacitar o aluno a identificar ideias conflitantes com o formalismo proposto pelo professor. Dessa maneira, os autores se baseiam na percepção construtivista de que o indivíduo “[...] ao interagir com o mundo em que vive, constrói concepções com as quais tenta explicar os fenômenos que observa ao seu redor” (AXT; MOREIRA; SILVEIRA, 1990, p. 140).

Alves et. al (2022) em seu trabalho de investigação que visa a aprendizagem de eletromagnetismo via programação e computação simbólica, pretende-se o amadurecimento e a fixação de conceitos através da construção de rotinas computacionais. Os autores afirmam que o aluno pode construir ferramentas por si próprio, utilizando a linguagem de programação do sistema, após um primeiro contato com os comandos e a sintaxe básica. Dessa maneira, observou-se que “[...] vários alunos partiram para a experimentação de conjecturas criativas e possíveis derivações teóricas dos conceitos ensinados, muitas vezes resultando em novas ideias” (ALVES et. al, 2022, p. 2012). Pode-se ainda destacar outro que utiliza a simulação e

modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade, como o trabalho de Dorneles, Araujo e Veit (2006), ao assumir que a estratégia de ensino envolveu, além das atividades computacionais, desenvolvidas no laboratório de informática, um método colaborativo presencial e o método Predizer, Observar, Explicar. Sendo assim, o aluno deve criar “[...] um modelo que explore a resistência elétrica em função da resistividade (ρ) e de parâmetros geométricos, de modo que através dele, se possa investigar as relações existentes entre estes conceitos físicos para diversas condições iniciais” (DORNELES, ARAUJO E VEIT, 2006, p. 495).

Através do conjunto de propostas de atividades com natureza investigativa, percebe-se que muitas publicações consideram a estratégia investigativa um elemento articulador para a reconstrução de conceitos já existentes na estrutura do cognitivo do estudante, buscando sempre a transformação, seja ela relacionada aos aspectos conceituais, aos conteúdos de Eletromagnetismo, ou mesmo comportamentais, como a capacidade de reflexão, abstração, generalização, síntese e de senso crítico. Dessa maneira, a aprendizagem de procedimentos e atitudes torna-se tão importante quanto à aprendizagem de conceitos ou conteúdo. Já que são atividades que costumam apresentar maior flexibilidade metodológica, é possível verificar sua potencialidade em alcançar uma vasta gama de objetivos educacionais no processo de ensino-aprendizagem. Além do mais, observa-se que essas atividades se assemelham à linha de pensamento que conduz a abordagem de ensino divergente, já que possibilita o poder de decisão do estudante quanto ao esquema e ao procedimento a ser adotado.

Em contraste com as atividades de verificação, as atividades de caráter investigativo demonstram ser mais complexas quanto a sua implementação, pois exigem um planejamento prévio mais articulado por parte do professor, visando conduzir as ações dos alunos e conferir sentido ao que estes realizam. Além disso, o professor deve oferecer um ambiente cooperativo, crítico e sociável que permita a investigação, privilegiando o debate e reflexão das diferentes opiniões com a pretensão de comparar e confrontar as diferentes concepções existentes.

Por último, representando 20,4% das publicações analisadas, temos as atividades experimentais de demonstração. Essa modalidade de experimentação define-se por ser aquela em que os estudantes são colocados em uma posição de observador do fenômeno, enquanto o professor tem o papel central na atividade, pois executa a atividade ao assumir a função de experimentador. As atividades de demonstração são utilizadas principalmente para ilustrar um

determinado fenômeno físico, facilitando a compreensão do aluno sobre o conteúdo abordado em sala de aula. Sua utilização no ensino de Física é marcada pela quantidade restrita de materiais, baixo tempo de execução e maior controle do professor. Dessa maneira, observa-se que muitas dessas atividades são realizadas como meio de introduzir algum conteúdo e são, geralmente, integradas às aulas expositivas. Além disso, é muito utilizada como estratégia para despertar o interesse dos alunos no assunto abordado, ou até mesmo, como meio de relembrar os conteúdos trabalhados, ao serem inseridos no término da aula.

A partir da análise realizada, verifica-se que as atividades de demonstração tendem a ser desenvolvidas e estruturadas através de dois procedimentos distintos, podendo ser denominados de demonstrações fechadas e demonstrações abertas. Enquanto as demonstrações fechadas são caracterizadas por apenas ilustrar fenômenos físicos, colocando o professor como agente ativo no processo experimental, as atividades de demonstrações abertas proporcionam aos alunos um espaço para reflexão e oportunidade para elaboração de hipóteses, assim como a discussão sobre os assuntos, a fim de explicar os fenômenos observados. Nessa última, os estudantes têm a possibilidade de participar das etapas da atividade, já que é uma modalidade que apresenta maior flexibilidade e abertura para discussões e questionamentos.

A título de exemplo das atividades de demonstração fechadas, podemos citar Gaspar (1990), ao propor em seu trabalho um conjunto experimental para a demonstração da interação entre o campo magnético e corrente elétrica, assumindo que “[...] sua utilização tem despertado muito interesse por ser um equipamento de construção relativamente simples, de dimensões pequenas e que pode ser levado facilmente à sala de aula para demonstrações” (GASPAR, 1990, p. 102). Podemos ainda mencionar a publicação de Filho, Chaib, Caluzi e Assis (2007) que apresenta uma atividade de demonstração didática da interação entre correntes elétricas, visando uma montagem simples e acessível para ilustrar os fenômenos observados por Ampère. Nessa mesma ótica, podemos destacar Lenart et. al (2020) em sua publicação que apresenta uma “[...] demonstração simples e didática da existência de ondas estacionárias de tensão em um cabo coaxial” (LENART et. al, 2020, p. e20200178-7). Já em relação às atividades que apresentam aspectos relacionados a demonstração aberta, pode-se destacar, em princípio, o artigo de Brito (1985) que propõe uma sequência didática que envolve uma problematização, montagem e execução do experimento, uma organização dos conhecimentos adquiridos e, a aplicação destes conhecimentos na análise de novas situações problemas. Dessa forma, os estudantes são solicitados a fornecer explicações sobre o funcionamento das coisas.

Pode-se ainda citar o trabalho de Krapas et. al (2005) que apresenta um experimento didático de baixo custo que tem sua ênfase no estudo do movimento de materiais ferromagnéticos sob a ação de uma corrente elétrica, no qual pretende-se mostrar como um experimento aparentemente simples pode acionar em alunos com certa experiência em física uma gama tão variada de explicações. Observa-se também o artigo de Chaib e Assis (2007), ao propor a experiência de Oersted em sala de aula. Sendo assim, os autores afirmam que a realização de experimentos de baixo custo dentro de salas de aula pode vir a ser uma fonte de ilustração, motivação e discussão a respeito do assunto a ser tratado. Dessa maneira, as aulas de eletromagnetismo são enriquecidas, pois os alunos têm oportunidade de visualizar os fenômenos em sala de aula, além de poderem acompanhar a descrição dos efeitos com as próprias palavras de Oersted (CHAIB; ASSIS, 2007).

6.5 Análise das publicações segundo a linha epistemológica que orienta as atividades experimentais

O propósito desta seção foi de analisar as convicções filosóficas da natureza da ciência que orientam as atividades experimentais. Dessa maneira, examinamos a teoria científica que conduz os comportamentos de alguns professores de física, ao lidarem com o ensino de Física no contexto de um laboratório e investigamos a relação entre essas teorias e o mundo em que se intenciona aplicá-las.

6.5.1 Teorias científicas

Quadro VIII – Linha epistemológica: Teorias científicas

Linha epistemológica: Teorias científicas		Total	Total (%)
1	Indutivismo	44	89,8
2	Falsificacionismo	3	6,1
3	Programa de pesquisa de Lakatos	2	4,0
4	Paradigma de Kuhn	0	0
5	Teoria anarquista do conhecimento de Feyerabend	0	0

Fonte: Elaborado pela autora

De acordo com o quadro, é possível observar uma significativa predominância da visão ideológica indutivista quando nos referimos à produção do conhecimento científico, em que é possível verificar, nas publicações pesquisadas, posturas que denotam aspectos relacionados ao empirismo e verificacionismo. Dessa maneira, afirmações que denotam um certo indutivismo foram encontradas na maioria dos artigos analisados como, por exemplo, pode-se mencionar Cruz (1997), ao evidenciar o raciocínio indutivo, que parte de dados particulares da experiência sensível a fim de se obter, através de generalizações, uma verdade geral. A prática conta com uma montagem que deve ser realizada pelo professor sem a presença dos alunos na qual, em três vidros, são colocados um dado, um cilindro e um paralelepípedo, respectivamente, que devem ser lacrados em seguida. Destaca-se que o objetivo da prática é “[...] imaginar como

ficará a peça no interior do vidro, em cada um dos casos, quando os vidros forem tombados de 180 graus” (CRUZ, 1997, p. 284). Dessa forma, afirma-se que:

[...] um modelo pode ser criado e muitas hipóteses podem ser analisadas (velocidade com que o vidro será tombado, dimensões do vidro, tipo da peça no interior do vidro, etc...). Podem ser realizadas aproximações e inclusive a simplificação de um modelo para posterior generalização para o fato real, ou seja, o vidro sobre a mesa. (CRUZ, 1997, p. 284)

Sendo assim, desprende-se sua postura verificacionista, ao ressaltar a condição de que as possíveis comprovações das hipóteses desenvolvidas “[...] dependem de uma análise criteriosa dos resultados que serão obtidos e que de posse dos resultados, além de uma boa base de conhecimento, um bom cientista necessita soltar sua criatividade e imaginação na tentativa de encontrar um modelo que explique os resultados” (CRUZ, 1997, p. 284). Nesse contexto, observa-se aspectos relacionados à posição indutivista, uma vez que o cientista possui leis e teorias universais a sua disposição, sendo possível derivar delas várias consequências que servem como explicações e previsões. Pode-se ainda citar o trabalho de Lima, Foschini e Magini (2001) que aborda uma proposta experimental sobre o efeito termiônico, em que é possível destacar trechos que comportam a conjunção das posturas empirista e verificacionista:

As experiências envolvendo a observação deste efeito são realizadas comumente em válvulas, que são dispositivos constituídos basicamente de um tubo onde se faz vácuo com dois eletrodos internos. O efeito é verificado através da geração de uma diferença de potencial elétrico entre os eletrodos, sendo o terminal negativo chamado de catodo e o positivo, de anodo. (LIMA; FOSCHINI; MAGINI, 2001, p. 391)

Analisando o trecho, é possível notar tanto uma perspectiva empirista, no que se refere a origem do conhecimento, ao considerar que os fatos são originados pela observação, quanto uma concepção de validação do conhecimento científico, já que o auge do processo experimental se relaciona com o ato de verificar e comprovar. Outro artigo que apresenta assumir uma visão indutivista da ciência é o de Krapas et. al (2005), ao considerar uma primazia da observação na produção de ideias, sendo a tarefa principal do cientista a de comprovar as teorias científicas:

Inserido o prego numa das extremidades do tubo da caneta e acionado o interruptor, observa-se a ejeção do prego pela outra extremidade do tubo. Outras vezes o prego adquire comportamento diferente: oscila dentro do tubo até parar no seu centro. Algumas vezes outro efeito pode ser observado: o prego vai até a outra extremidade, retorna e é ejetado na extremidade inicial. É possível verificar ainda a imobilidade do prego no caso em que ele é inicialmente colocado no centro do tubo. Este efeito se torna mais notável quando o tubo é colocado na vertical. (KRAPAS et. al, 2005, p. 600)

Observa-se então, que o mecanismo de como proceder uma tal verificação seria a indução, a repetição sistemática e rigorosamente controlada dos experimentos, levando a uma generalização. Já na publicação de Alves, Rizzuti e Gonçalves (2020) é possível verificar em um trecho a ideia de que as teorias científicas são derivadas de maneira rigorosa da obtenção dos dados da experiência adquiridos por observação e experimento: “Partiremos da experimentação para mostrar como podemos justificar como campos magnéticos admitem uma representação vetorial usando a simples observação e argumentos físicos e matemáticos.” (ALVES; RIZZUTI; GOLÇALVES, 2020, p. e20200285-1).

Em contraste com as publicações que propõem atividades experimentais partindo de um posicionamento indutivista, observa-se que uma quantidade muito inferior de artigos apresenta características relacionadas à visão falsificacionista da ciência. Tais características se baseiam na perspectiva de que a observação é orientada pela teoria e a pressupõe, além de que, as teorias são interpretadas como conjecturas especulativas ou suposições criadas livremente pelo intelecto humano, no sentido de superar problemas e dar uma explicação adequada do comportamento de alguns aspectos do universo. Depois das teorias especulativas serem propostas, devem ser testadas por observação e experimento. As teorias que não resistem a testes devem ser eliminadas e substituídas por conjecturas especulativas ulteriores, enquanto as teorias mais adaptadas sobrevivem. Sendo assim, a ciência progride por tentativa e erro, por conjecturas e refutações.

Como exemplo, podemos citar o trabalho de Alves, Amaral, Neto e Cheb-Terrab (2002) que propõe um método para a aprendizagem de eletromagnetismo via programação e computação simbólica. Através da atividade, os autores relataram que “[...] vários alunos partiram para a experimentação de conjecturas criativas e possíveis derivações teóricas dos conceitos ensinados, muitas vezes resultando em novas ideias, que por sua vez são também programáveis, recomeçando assim um ciclo” (ALVES; AMARAL; NETO; CHEB-TERRAB, 2002, p. 2012). Nesse sentido, observa-se uma priorização do processo de intuição e descoberta,

no qual o experimentador pode derivar dedutivamente as hipóteses que foram criadas na tentativa de resolver o problema, sendo possível realizar deduções lógicas, partindo de proposições de observação singulares como premissas, para chegar à falsidade de leis e teorias universais por dedução lógica. Pode-se ainda citar o trabalho de Oliveira et. al (2022) que traz uma proposta visando apresentar aos alunos o método científico, ainda no Ensino Médio, de forma concreta, em que a observação, a proposição e a refutação de hipóteses são fundamentais para a criação de um modelo para o fenômeno físico estudado. Dessa forma, os autores descrevem o método experimental, baseado na visão falsificacionista, em passo-a passo:

1. Os alunos encontram algum fenômeno físico interessante que precisa ser explicado. Normalmente, uma atividade experimental.
2. Os alunos reúnem dados sobre o fenômeno, identificam padrões interessantes e apresentam várias explicações para o porquê de o fenômeno estar acontecendo. Inicialmente, todas as ideias são aceitáveis, para incentivar o cognitivo a pensar sobre o problema em questão.
3. Eles, então, testam suas explicações/previsões, conduzindo um ou mais experimentos de teste. O objetivo principal é eliminar as explicações em vez de “prová-las”. Essa é a chave para a natureza não desinteressante do processo. No ISLE, “prever” significa dizer qual seria o resultado do experimento de teste se uma determinada hipótese fosse verdadeira.
4. As ideias que não são eliminadas são mantidas e testadas novamente com mais experimentação.
5. Finalmente, os alunos aplicam as ideias que estabeleceram para resolver problemas do mundo real, por exemplo, com uma aplicação tecnológica. (OLIVEIRA et. al, 2022, p. e20210388-3)

Analisando o trecho acima, é possível verificar que as falsificações são o ponto chave da atividade, pois afirma-se que “[...] o objetivo principal é eliminar as explicações em vez de prová-las” (Id, p. e20210388-3). Observa-se que as teorias são interpretadas como conjecturas no sentido de superar problemas e dar uma explicação adequada do comportamento de algum fenômeno físico. Depois de as teorias especulativas serem propostas, são testadas por observação ou experimento. Sendo assim, as teorias que não resistem a testes são eliminadas, enquanto as teorias que não são eliminadas são mantidas e testadas novamente com mais experimentação.

Por último, representando apenas 4% das publicações pesquisadas, encontram-se as atividades experimentais que demonstram apoiar-se sob uma perspectiva baseada na teoria de Programa de Pesquisa de Lakatos. Nesta descrição de ciência, as teorias são vistas e apresentadas como estruturas organizadas, em que é somente por meio de uma teoria coerentemente estruturada que os conceitos adquirem um sentido preciso. Sendo assim, a construção de um conceito envolve sua aparição inicial como uma ideia vaga, seguido por seu

esclarecimento gradual quando a teoria na qual ele desempenha um papel assume uma forma mais precisa e coerente. Dessa forma, compreende-se que a experimentação precisa somente poderá ser levada à cabo a partir do momento em que se tem uma teoria capaz de produzir previsões sob a forma de afirmações precisas. A título de exemplo, podemos citar o trabalho de Axt, Moreira e Silveira (1990) que apresenta uma atividade de experimentação seletiva e associada à teoria como estratégia para facilitar a reformulação conceitual em Física, baseando-se na argumentação. Os autores destacam que tal estratégia:

[...] é apresentada na forma de evidências experimentais (argumento experimental) completadas com perguntas e proposições que envolvam abstrações nas quais poderão ou não ser utilizados dados disponíveis do experimento (argumento teórico). São estes argumentos, reunidos em função das contradições detectadas nos alunos, que comandam a escolha do experimento, i.e., dado um determinado argumento necessário, passa-se a selecionar e eventualmente conceber o experimento que poderá ser útil para veicular tal argumento. (AXT, MOREIRA E SILVEIRA, 1990, p. 143)

Pelo trecho citado, é possível observar que as teorias são consideradas como espécies de todos estruturados, já que existe uma preocupação em fazer com que os conceitos adquiram sentido preciso. Ainda assim, faz-se uma ênfase à dependência que a observação tem da teoria, na medida em que as proposições de observação são formuladas na linguagem de alguma teoria. Dessa maneira, observa-se uma forte ligação entre a precisão de sentido de uma afirmação e o papel desempenhado por ele numa teoria, resultando de modo bastante direto na necessidade de teorias coerentemente estruturadas. Outro traço importante que podemos destacar é o estágio comparativamente tardio em que o teste experimental se torna importante.

Pode-se ainda citar outro que demonstra se fundamentar na metodologia de Programa de Pesquisa de Lakatos ao interpretar as teorias como estruturas organizadas de alguma espécie, como é o caso de Santos et. al (2002), ao propor uma experimentação baseada em um Sistema de Realidade Virtual para Simulação e Visualização de Cargas Pontuais Discretas e seu Campo Elétrico. Os autores enfatizam que os “[...] conceitos relacionados com o Eletromagnetismo como a carga elétrica e onda eletromagnética apresentam-se como elementos complexos e de difícil visualização” e, sendo assim, percebe-se que os estudantes frequentemente apresentam uma dificuldade natural no aprendizado de conceitos-chave juntamente com sua aplicação em situações práticas (SANTOS et. al, 2002, p. 186). Visando superar este obstáculo, é apresentado um sistema servindo de ferramenta complementar para o estudo de física, no qual é possível a

realização de experimentos virtuais com a finalidade de esclarecer e reforçar o conhecimento teórico da física.

Já em relação às teorias científicas mais modernas, denominadas como Paradigmas de Kuhn e Teoria anarquista do conhecimento de Feyerabend, não foi possível encontrar qualquer publicação que apresentasse seguir uma dessas vertentes epistemológicas.

6.5.2 Relação entre as teorias e o mundo em que se intenciona aplicá-las

Quadro IX – Linha epistemológica: Relação entre as teorias e o mundo em que se intenciona aplicá-las

Relação entre as teorias e o mundo em que se intenciona aplicá-las		Total	Total (%)
1	Instrumentalismo	20	40,8
2	Realismo	29	59,1

Fonte: Elaborado pela autora

No que diz respeito às teorias e o mundo em que se intenciona aplicá-las, pode-se constatar que há uma certa predominância de trabalhos que apresentam assumir uma postura mais sintonizada com o realismo. O realismo interpreta que a ciência cria teorias científicas que visam descrever com veracidade as entidades e os fenômenos que ocorrem no universo, considerando que eles são independentes da nossa capacidade de descobri-los. Sendo assim, a ciência visa uma caracterização verdadeira da realidade do mundo. Através da análise, verifica-se que, além das possíveis potencialidades, a prática experimental é muito utilizada como meio de aproximar o aluno da realidade. Como exemplo, podemos mencionar o trabalho de Alves et. al (2022) ao afirmar em sua publicação que “O uso de sistemas físicos reais como recurso didático de caráter teórico-experimental potencializa o diálogo em sala de aula, aproxima o estudante da realidade que o cerca e tem a função pedagógica de propiciar uma melhor compreensão conceituada de teorias físicas.” (MION; ANGOTTI, 2004, apud ALVES et. al, 2022, p. e20210379-2). É possível citar também Motta e Santos (2021, p. e20210012-3) ao considerar a visão de que “[...] uma grande vantagem da abordagem experimental com equipamentos reais é que o aluno entra em contato com a realidade, fazendo medidas e obtendo resultados não tão exatos quanto aqueles que aparecem nos exercícios propostos dos livros didáticos” (MOTTA; SANTOS, 2021, p. e20210012-3).

Pode-se ainda mencionar aqueles que propõem a prática experimental visando descrever justamente o mundo como realmente é, assim como no caso de Santos et. al (2002) que apresenta um sistema de realidade virtual para simulação e enfatiza a percepção de que “[...] foi importante garantir que o sistema simulasse um “mundo” seguro e preciso, correspondendo exatamente aos teoremas, leis e fórmulas de livros.” (SANTOS et. al, 2002, p. 188). Existem outros que conduzem a prática experimental a partir de uma visão realista como forma de promover uma possível mudança conceitual no aluno. Nesse caso, podemos destacar o artigo

de Axt, Moreira e Silveira (1990) em que a experimentação é utilizada visando a reformulação conceitual, na medida em que instiga contradições entre o pensamento do aluno e a realidade. Pode-se mencionar alguns que enfatizam a concepção de que a realidade existe independentemente da nossa cognição, como é o caso de Villalba et. al (2015, p. 1313-2) ao dizer que “[...] teorias científicas são geralmente desenvolvidas para explicar os fenômenos que observamos experimentalmente em laboratório, ou como consequência de nossas observações, com o objetivo final de encontrar a causa oculta que os produz.” (VILLALBA et. al, 2015, p. 1313-2). Ainda sob essa ótica, pode-se citar Souza, da Silva e Balthazar (2019, p. e20180257-1) ao afirmar em seu artigo que “A física é uma ciência que busca sempre uma melhor compreensão dos fenômenos físicos que nos cercam.” (SOUZA; DA SILVA; BALTHAZAR, 2019, p. e20180257-1).

Em oposição direta ao realismo, foi observado um número considerável de publicações que demonstram orientar-se por meio de uma posição instrumentalista, correspondendo a cerca de 40,8% do total. Pela perspectiva instrumentalista, o componente teórico da ciência não descreve a realidade, pois considera-se que a realidade é um produto da mente humana e existe na medida em que é percebida por nós. Dessa maneira, as teorias são compreendidas como instrumentos projetados para relacionar um conjunto de estado de coisas observáveis com outros, não podendo ser julgadas em termos de sua verdade ou falsidade, mas antes em termos de sua utilidade como instrumentos.

Nesse contexto, as teorias são consideradas apenas meros esquemas para aquisição de dados e cálculo. A título de exemplo, podemos citar o artigo de Ressel e Bucalon (1986) que apresenta um método para a medida de capacitância, no qual constitui uma ficção conveniente que habilitam os alunos a relacionar e prever manifestações observáveis das propriedades dos capacitores. Pode-se destacar o trabalho de Alves et. al (2002) que se volta à aprendizagem de eletromagnetismo via programação e computação simbólica, em que são utilizadas técnicas de programação em CA (Computação Algébrica), para promover um controle instrumental do mundo observável. Os computadores não passam de um instrumento pedagógico criado para facilitar o método experimental: “Neste trabalho, descrevemos nossa experiência com o uso de comandos de Mapple e basicamente da sua linguagem de programação como instrumentos de aprendizagem em um curso de introdução à teoria eletromagnética.” (ALVES et. al, 2002, p. 202). Pode-se também mencionar o trabalho de Magno et. al (2004) que apresenta um sistema experimental utilizando osciloscópio de baixo custo como instrumento de medida, em que é

ressaltada a importância de sua utilidade como instrumento para a geração e aquisição de sinais eletrônicos: “Neste sentido, a obtenção de sistemas de baixo custo que possam simular as funções básicas de um osciloscópio pode se transformar em um importante instrumento de ensino e pesquisa, principalmente para uso em instituições com pouca infraestrutura laboratorial.” (MAGNO et. al, 2004, p. 117).

Ainda nesse contexto, é possível destacar o artigo de Dorneles, Araujo e Veit (2006) em que os autores afirmam que optou-se pelo software Modellus para a simulação e modelagem computacionais “[...] por permitir que o usuário crie, veja e interaja com representações analíticas, analógicas e gráficas de objetos matemáticos” (DORNELES; ARAUJO; VEIT, 2006 p. 492). Neste último, observa-se com clareza a ideia de que as elaborações teóricas são projetadas para nos dar um controle instrumental do mundo observável e são utilizadas como artifício para facilitar a análise dos dados obtidos. Nogueira (2006), em seu artigo sobre experimentos para o ensino de eletrostática com auxílio computadorizado, também demonstra assumir uma perspectiva instrumentalista ao dizer que seu trabalho “[...] descreve um experimento para o ensino de eletrostática utilizando programas para cálculo de campos baseados na técnica dos elementos finitos.” (NOGUEIRA, 2006, p. 445). Verifica-se uma tendência em se buscar métodos ou recursos para mensurar a prática experimental, já que são utilizados programas para cálculo de campos, servindo de recurso instrumental capaz de lidar com a realidade.

Podemos também mencionar o artigo de Ludke (2012) a partir da premissa instrumentalista de que o fato de não termos como observar as consequências do comportamento de um capacitor diretamente, mostra que ela não existe realmente, mas é um instrumento utilizado para chegar aos cálculos de capacitância: “[...] justifica-se a investigação de um método que possibilite medir adequadamente e com a necessária precisão experimental, capacitâncias entre objetos metálicos condutores de dimensões na ordem de alguns centímetros, o que não pode ser feito com as técnicas supracitadas dentro da realidade dos laboratórios de física universitária de países em desenvolvimento.” (LUDKE, 2012, p. 3501-1).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa se iniciou à procura do entendimento de como é tratado e entendido o laboratório didático no processo de ensino-aprendizagem, já que em muitos casos, não compre sua função. Dessa forma, fez-se necessário a busca por argumentos metodológicos e epistemológicos para compor o corpo de uma construção teórica que justifique o papel e a função do laboratório didático no ensino de Eletromagnetismo.

Diante da análise dos dados que obtivemos, demonstrou-se que essa temática consiste atualmente em um tema de grande interesse dos pesquisadores, devido tanto pelo número expressivo de publicações, quanto pela diversidade de enfoques abordados. Nas primeiras décadas, é possível observar a existência de poucos trabalhos visando adotar a experimentação como uma estratégia para ensinar física. Depois de alguns anos, com o surgimento de novas propostas metodológicas e diferentes possibilidades de equipamentos e montagens, nota-se que a implementação do laboratório didático no Brasil adquire força, tornando-se alvo de interesse dos pesquisadores.

Os resultados mostram que existe um consenso de que a experimentação é uma atividade fundamental no ensino de Física. A atividade experimental é interpretada, na maioria dos casos, como uma estratégia de ensino para despertar o interesse e a motivação entre os alunos e aumentar a capacidade de aprendizagem. Sendo assim, os objetivos das atividades experimentais realizadas usualmente são o de ilustrar conceitos aprendidos em aulas teóricas ou de testar e comprovar uma lei ou teoria.

Existem outros que atribuem a experimentação à função de facilitadora na compreensão dos conteúdos. Nesta, a atividade experimental é utilizada visando minimizar as dificuldades dos alunos em compreender conteúdos de Física, especificamente em Eletromagnetismo. Em outras palavras, a experimentação auxilia na compreensão dos temas abordados e em suas aplicações do cotidiano, já que proporciona uma relação entre a teoria e a prática. Dessa forma, prioriza-se a percepção de que a contextualização aproxima o estudo de Física à realidade e vivências dos alunos, facilitando a aprendizagem de conteúdos considerados difíceis e distantes de seu senso comum. A função da atividade experimental é fazer com que a teoria se adapte à realidade, em que são necessárias a construção de vínculos entre os conteúdos e os conhecimentos prévios dos alunos, podendo ser estabelecidos com tema do cotidiano destes.

De modo geral, constata-se que há uma concordância de todos os autores em defender o uso de atividades experimentais, podendo-se destacar dois aspectos fundamentais pelos quais eles acreditam na eficiência desta estratégia:

- a) Capacidade de estimular a participação ativa dos alunos, despertando seu interesse e curiosidade, favorecendo um efetivo envolvimento com sua aprendizagem;
- b) Desenvolvimento de um ambiente motivador, agradável, estimulante e rico em situações novas, desafiadoras e problematizadoras, que seja capaz de propiciar a construção e aprendizagem de conceitos, priorizando aspectos cognitivos relacionados ao desenvolvimento de raciocínio crítico, tomada de decisões e socialização dos alunos.

Mesmo que as atividades experimentais sejam consideradas aliadas na obtenção de melhores resultados no processo de ensino-aprendizagem de Física, existem as dificuldades referentes a sua implementação. Estas podem ter relações com a condição escolar vigente na instituição de ensino, em que é possível notar, em muitos casos, a falta de uma estrutura adequada para a realização dessas atividades experimentais, a inexistência de laboratórios didáticos ou materiais necessários, ou até mesmo, a falta de um professor capacitado e que esteja disposto a planejar e organizar uma prática experimental. Existem também aqueles docentes que não inserem a prática experimental em sua metodologia de ensino, por estarem acostumados às metodologias tradicionais, baseadas na transmissão do conhecimento. Contudo, nota-se um expressivo emprego de estratégias metodológicas simples, pois acredita-se que há uma maior facilidade de sua utilização em condições de aula, uma vez que normalmente demanda um menor tempo de preparo e execução, principalmente quando são implementadas apenas como meio de se ilustrar um determinado fenômeno, pretendendo facilitar o aprendizado do conceito abordado.

Mesmo assim, para que as atividades sejam desenvolvidas e implementadas de maneira adequada, a metodologia experimental adotada deve ser selecionada considerando os principais objetivos a serem alcançados, dado que as diferentes modalidades de experimentação tendem a priorizar e favorecer o alcance de diferentes objetivos educacionais. Contudo, desenvolver atividades experimentais no ensino de Física requer uma visão ampla e diversificada por parte dos docentes, sobre os mais diversos campos que esta ciência possa atingir.

Os resultados também reforçam a existência de uma série de possibilidades do uso das atividades experimentais no ensino. Estas podem apresentar-se como atividades de verificação e demonstração, em que são associadas a uma abordagem tradicional de ensino, e até como atividade de natureza investigativa, representadas a partir de uma visão construtivista de ensino. Nota-se que, ao passar os anos, houve uma intensificação do espírito inovador no ensino de ciências, em que fortificou-se a ideia de tornar o estudante mais ativo e participativo, assumindo-o como elaborador do seu próprio conhecimento.

Em geral, observa-se que muitos artigos demonstram se repousar sob uma visão simplista e tradicional da ciência sobre a experimentação, baseada no empirismo, do observar para teorizar. Os textos presentes nos documentos analisados cumprem fielmente os interesses de um ensino tradicional, já que é evidente a presença de características relacionadas ao dogmatismo e a reprodução do conhecimento de forma. Assim sendo, diante do conservadorismo denotado na visão de uma parcela de publicações analisadas, observa-se um processo de inculcação ideológica indutivista no tocante à produção do conhecimento. Esta condição acaba fomentando uma percepção errada aos alunos da Ciência como uma verdade absoluta, em que o método é compreendido como uma sequência de etapas definitivas e que não erra.

Arelado à questão de que o modelo positivista/empirista ocupa, desde sempre, um lugar de destaque no mundo do conhecimento, por ser uma concepção de ciência baseada na objetivação, experimentação e matematização, ou seja, aspectos quantitativos, e que, conseqüentemente, deixam de lado os aspectos qualitativos que envolvem a abordagem dos problemas humanos e sociais, verifica-se uma constante dominação masculina no que se refere a produção de conhecimento pertinente ao tema. Essa relação pode ser justificada pelo fato de que a objetividade sempre fez parte do mundo dos homens, em contraposição à subjetividade, que era considerada uma característica feminina. Nessa perspectiva, a ciência pode ser classificada como androcêntrica já que é em si uma projeção da ideologia dos valores masculinos. Sendo assim, verifica-se que a ciência é derivada da tradição patriarcal pois, a maior parte dela, foi desenvolvida e controlada por homens brancos e de classe alta, que compõe o mundo científico. Esta condição contribui para a invisibilidade da mulher como sujeito/objeto do conhecimento, ou seja, a questão da dominação masculina infere no negligenciamento da mulher como cientista que produz resultados, em que estes não são considerados

representativos. Nesse sentido, observa-se um silenciamento das mulheres em relação a produção científica.

Por fim, esses resultados indicam novas direções para a utilização da prática experimental em sala de aula, revelando as atuais tendências das propostas formuladas pelos pesquisadores da área. Ainda assim, é importante salientar que tais propostas se encontram longe dos trabalhos realizados em grande parte das escolas, condição que aponta a necessidade de desenvolvimento de novos estudos que procurem aprofundar discussões sobre essa temática, visando melhorar suas articulações e pretendendo uma efetiva implementação das mesmas em diferentes ambientes escolares.

Por fim, é possível refletir acerca das implicações desta pesquisa para a minha formação e atuação profissional, já que essa investigação tem o potencial de estimular a reflexão acerca do meu papel enquanto educadora, contribuindo para a afirmação da identidade docente e, além de tudo, conduzir um caminho teórico-metodológico que melhor possibilita a mediação entre o processo formativo e a realidade escolar. Desta forma, compreendo que o desenvolvimento desta pesquisa legitima a emancipação docente, pois pode interferir positivamente na constituição de saberes educativos, instrutivos e didáticos e na compreensão da própria prática pedagógica.

REFERÊNCIAS

ALVES, D. T.; AMARAL, J. V.; NETO, J. F. M.; CHEB-TERRAB, E. S. Aprendizagem de Eletromagnetismo via Programação e Computação Simbólica. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 24, n. 2, p. 201-213, 2002.

ALVES, P. V.; RIZZUTI, B. F.; GONÇALVES, R. Uma proposta didática para o estudo da interação magnética entre ímãs e algumas considerações epistemológicas. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 42, p. e20200285, 2020.

ALVES, A. L.; SANTANA, D. M.; MACHADO, C. P.; LITTIKE, K. A.; PESSOA, M. S.; MOSCON, P. S. Potência e força eletromotriz em um gerador didático de corrente alternada. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 44, p. e20210379, 2022.

ALVES, A. L.; SOUZA, E. M. de; MACHADO, C. P.; LITTIKE, K. A.; SILVA, D. M. S. da. O transformador: teoria, construção e análise do rendimento. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 44, p. e20210413, 2002.

ALVES FILHO, J. P. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 174-188, 2000.

ANDRADE, J.A.N. de; LOPES, N.C.; CARVALHO, W.L.P. de. Uma análise crítica do laboratório didático de física: a experimentação como uma ferramenta para a cultura científica. In: **Anais... VII Enpec**. Florianópolis, 2009.

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

AXT, R.; MOREIRA, M.A; SILVEIRA, F.L. da. Experimentação seletiva e associada à teoria como estratégia para facilitar a reformulação conceitual em Física. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 12, n. 1, p. 139-159, 1990.

AZEVEDO, M. Z. P.S. Ensino por Investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALO, A. M.P. **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática**. São Paulo: Thomson, 2004.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BAROLLI, E.; A. VILLANI. Subjetividade e Laboratório Didático. **Investigações em Ensino de Ciências**, 3, 3, p. 143-159, 1998.

BAROLLI, E.; LABURÚ, C. E.; GURIDI, V. Laboratorio didáctico de ciencias: caminos de investigación. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 9, n. 1, p. 88-110, 2010.

BENDER, A. L.; SBARDELOTTO, D. R.; MAGNO, W. C. Usando motores DC em experimentos de Física. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 26, n. 4, p. 401-405, 2004.

BASTOS, F. Construtivismo e ensino de ciências. In: NARDI, R. **Questões atuais no ensino de ciências**. São Paulo: Escrituras Editora, 1998. p. 9-25.

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

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática, e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec. 2002. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: fevereiro de 2022.

BRITO, A. A.S. Das coisas da vida para a Física das coisas: um exemplo em eletricidade. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 7, n. 2, p. 3-20, 1985.

CORDEIRO-COSTA, B.; DIAS I. P.; SUZUKI, P. M.; ALMEIDA, I. S.; ALMEIDA, J. F. de. Conteúdo interdisciplinar para aprendizagem de conceitos físicos relativos à eletricidade. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 39, n. 2, p. e2501, 2017.

COSTA, G. G. G.; PIETRONERO, R. C.; CATUNDA, R. C. P. T. Experimentos com supercapacitores e lâmpadas. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 35, n. 1, p. 1305, 2013.

CHAIB, J.P.M.C.; ASSIS, A.K.T. Experiência de Oersted em sala de aula. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 29, n. 1, p. 41-51, 2007.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** Milton Keynes, Open University, 1939.

CHARLOT, Bernard. Da relação com o saber: elementos para uma teoria. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

CHAVES, Jossuele Maria Fagundes; HUNSCHE, Sandra. **Atividades experimentais demonstrativas no ensino de Física: panorama a partir de eventos da área.** Universidade Federal do Pampa. Rio Grande do Sul, 2014.

CRUZ, G. K.da. Uma Nova Visão para Conduzir as Atividades Iniciais do Laboratório de Eletricidade. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 19, n. 2, p. 282-286, 1997.

CRUZ, V. S. da; SOARES, V. Determinação experimental da constante de Boltzmann a partir da curva característica corrente-voltagem de um diodo. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 37, n. 1, p. 1311, 2015.

DESCARTES, R. Discurso do Método. Tradução: Ciro Mioranza. São Paulo, SP: Editora Escala, 2009.

DINIZ, A. M. F.; ARAÚJO, R. D. Uma abordagem prática para o ensino do eletromagnetismo usando um motor de indução de baixo custo. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 41, n. 1, p. e20180216, 2019.

DIONISIO, G.; SPALDING, L. E. S. Visualização da forma de onda e conteúdo harmônico da corrente elétrica alternada em eletrodomésticos. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 39, n. 1, p. e1501, 2017.

DORNELES, P. F.T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: Parte I – circuitos elétricos simples. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 28, n. 4, p. 487-496, 2006.

DORNELES, P. F. T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade. Parte II - circuitos RLC. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 30, n. 3, p. 3308, 2008.

EICHLER, J. Um sistema de medição usando microcomputador acoplado a um experimento em Física (oscilações elétricas). **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 10, n. 1, p. 12-23, 1988.

FEYERABEND, P. *Against Method: Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge* (Londres: New Left Books, 1975).

FEYERABEND, P. *K. Contre la méthode* Paris: Seuil. 1988a.

FILHO, M. P. S.; CHAIB, J.P.M.C.; CALUZI, J.J.; ASSIS, A.K.T. Demonstração didática da interação entre correntes elétricas. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 29, n. 4, p. 605-612, 2007.

FIOLHAIS, C. TRINDADE, J. Física no computador: o Computador como uma ferramenta do ensino aprendizagem das ciências físicas. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 25, n. 3, 2003.

FORÇA, A. C; LABURÚ, C. E; SILVA, O. H.M. Atividades experimentais no ensino de física: Teorias e práticas. In: Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Campinas/SP, 2011.

GANCI, A.; GANCI, S. Demonstration experiments in electrostatics: low cost devices. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 34, n. 2, p. 2501, 2012.

GASPAR, A. Conjunto experimental para a demonstração da interação entre campo magnético e corrente elétrica. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 12, n. 1, p. 93-103, 1990.

GASPAR, A. *Atividades experimentais no ensino de física: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I.C.C. Atividades experimentais de demonstração em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em ensino em ciências**, Agosto, 10(2), 2005.

GRANDINI, N. A.; GRANDINI, C. R. Os objetivos do laboratório didático na visão dos alunos no curso de Licenciatura de Física da UNESP-Bauru. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 26, p. 251-256, 2004.

GONÇALVES, S. A. R.; ZUCOLOTTI, B. Uma ferramenta para simulação de sistemas superparamagnéticos. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 42, p. e20200313, 2020.

GONÇALVES, M. E; CARVALHO, A. M. P. As atividades de conhecimento físico: um exemplo relativo à sombra. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, vol. 12, n. 1, p. 7-16, 1995.

HEIDEMANN, L. A. et al. Atividades experimentais com enfoque no processo de modelagem científica: Uma alternativa para a ressignificação das aulas de laboratório em cursos de graduação em física. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, v. 38, n. 1, p. 1-15, Mar. 2016.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de la laboratório. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n 3, p. 299-313, 1994.

HOFFMANN, J. L. **O panorama de uso da experimentação no Ensino da Física em municípios da região Oeste do Paraná: uma análise dos desafios e das possibilidades.** 2017. 198 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017.

KRAPAS, S.; RODRIGUES, L. C.; NETO, A. V. de M.; CAVALCANTI, G. de H. Prego voador: Um desafio para estudantes de eletromagnetismo. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 27, n. 4, p. 599-602, 2005.

LABURÚ, C.E. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 23, 383-405, 2006.

LABURÚ, C. E.; SILVA, Osmar Henrique Moura da. O laboratório didático a partir da perspectiva da multimodalidade representacional. **Ciência & Educação (Bauru)**, 17(3), p. 721-734, 2011.

LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M. O. Laboratório didático a partir da perspectiva da multimodalidade representacional. **Ciência & Educacao**, 17, 721-734, 2011.

LAKATOS, I. O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica. In: LAKATOS, I. e MUSGRAVE, A. (org.) **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento.** São Paulo: Cultrix, 1979.

LENART, V. M.; SZMOSKI, R. M.; TURCHIELLO, R. de F.; GÓMEZ, S. L. Demonstração da geração de ondas eletromagnéticas estacionárias em um cabo coaxial. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 42, p. e20200178, 2020.

LIMA, E. F. de; FOSCHINI, M.; MAGINI, M. O Efeito Termoiônico: Uma nova proposta experimental. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 23, n. 4, p. 391-394, 2001.

LUDKE, E.; GRAÇA, C. O. Estudando campos elétricos de linhas trifásicas pelo método da cuba eletrolítica. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 33, n. 1, p. 1703, 2011.

LUDKE, E. Um indutímetro para laboratório didático de eletromagnetismo. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 32, n. 1, p. 1505, 2010.

LUDKE, E. Um método para experimentação com baixas capacitâncias. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 34, n. 3, p. 3501, 2012.

MAGALHÕES, M. de F.; SANTOS, W. M. S; DIAS, P. M. Uma Proposta para Ensinar os Conceitos de Campo Elétrico e Magnético: uma Aplicação da História da Física. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 24, N. 4, p. 489-496, 2002.

MALHEIROS, B.T. **Metodologia da pesquisa em educação**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

MAGNO, W. C.; ARAUJO, A. E. P. de; LUCENA, M. A.; MONTARROYOS, E. Realizando experimentos didáticos com o sistema de som de um PC. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 26, n. 2, p. 117-123, 2004.

MAGNO, W. C.; ANDRADE, M.; ARAÚJO, A. E. P. de. Construção de um gaussímetro de baixo custo. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 32, n. 3, p. 3403, 2010.

MICHELS, P.B. The role of experimental work. **American Journal of Physics**, 30, p. 172-178, 1965.

MION, R. A.; ANGOTTI, José André Peres . Investigação-ação e a formação de professores em física: o papel da intenção na produção do conhecimento crítico. In: IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2004, Jaboticatubas. **IX Encontro de pesquisa em Ensino de Física: Formação e prática profissional de professores de Física**, 2004.

MONTENEGRO, M. E.; REIS, D. G. dos; MONTELO, V. A. **A relação entre a teoria e a prática no curso de pedagogia**. Universitas FACE. 2006.

MOREIRA, M. A.; LEVANDOWSKI, C. E. **Diferentes abordagens ao ensino de laboratório**. Porto Alegre: Ed. da Universidade, Ufrgs, 1983.

MOTTA, L.; SANTOS, A. C. F. Circuitos Resistivos Simétricos: uma Abordagem Experimental. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 43, p. e20210012, 2021.

MÜHL, E.H. Habermas e a educação: racionalidade comunicativa, diagnóstico crítico e emancipação. **Educação & Sociedade**, 32(117), p. 1035-1050, 2011.

NEDELSKY, L. Introductory physics laboratory. **American Journal of Physics**, 26, 2, p. 51-59, 1958.

NOGUEIRA, A. F. L. Experimentos para o ensino de eletrostática com auxílio computadorizado. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 28, n. 4, p. 445-451, 2006.

NOGUEIRA, A. F. L. O uso da simulação numérica de campos eletromagnéticos como ferramenta de ensino. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 30, n. 4, p. 4306, 2008.

OLIVEIRA, F.; PAIXÃO, J. A. Atividade experimental “hands-on” para o estudo das características de um gerador (pilha voltaica) e de um receptor (voltímetro) com material simples, de fácil acesso e baixo custo. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 39, n. 1, p. e1402, 2017.

OLIVEIRA, G. G. de; VASCONCELOS, A. H.; SOUSA, L. C. N.; COSTA, J. S. da; LIMA, A. P.; SILVA, A.; CHESMAN, C. Experimentos portáteis para aula sobre indução eletromagnética, geradores e motores. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 44, p. e20210388, 2022.

OSTERMAN, F. A epistemologia de Kuhn. **Cad. Cat. Ens, Fís.**, vol. 13, n. 3, p. 184-196, 1996.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Educação. Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor PDE, 2016. Curitiba: **SEED/PR.**, 2018. V.2. (Cadernos PDE). Disponível em:

<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2016/2016_pdp_fis_unicentro_claudiatres.pdf > . Acesso em: 22/02/22. ISBN 978-85-8015-094-0.

PEROTONI, M. B.; SILVA, S. N. N. Construction and measurement of an electromagnetic noise generator based on an automotive coil. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 39, n. 4, p. e4310, 2017.

PINHO ALVES, J. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 174-188, ag. 2000.

PIRONDI, P. G. Multímetro barato para experiências de eletricidade. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, v. 2, n. 3, p. 3-14, 1980.

REIS, J. R. T.; RODRIGUES, A. G.; NETO, N. M. B. Medindo a constante dielétrica em líquidos: um estudo de caso para elaboração de uma proposta para formação de físicos experimentais. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 41, n. 1, p. e20180081, 2019.

RESSEL, R. e BUCALON, A. J. Medida de capacitância por meio de cargas e descargas periódicas. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 8, n. 1, p. 3-24, 1986.

RIBEIRO, M. S.; FREITAS, D. S.; MIRANDA, D. E. A problemática do ensino de laboratório de Física na UEFS. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 19, n. 4, p. 444-447, 1997.

RIBEIRO, C. A. e BROSSON, P. Modelo de um pára-raios em cuba eletrolítica. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, v. 3, n. 1, p. 22-26, 1981.

RIBEIRO, D. T.; ALMEIDA, A. M.; CARVALHO, P. S. Indução eletromagnética em laboratório. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 34, n. 4, p. 4317, 2012.

ROSA, C. W. da. Concepções teórico-metodológicas no laboratório didático de física na universidade de passo fundo. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.**, vol.5, n.2, p. 97-108, 2003.

SANTOS, A. V. dos; SANTOS, S. R. dos; FRAGA, L. M. Sistema de Realidade Virtual para Simulação e Visualização de Cargas Pontuais Discretas e seu Campo Elétrico. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 24, n. 2, p. 185-195, 2002.

SCHIEL, D. Mapeamento de campos eletrostáticos em uma cuba eletrolítica. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, v.1, n.1, p. 6-13, 1979.

SCHULZ, P. Os impactos e influências da Revista Brasileira de Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol 4, n. 1, e20180225, 2019.

SÉRÉ, M. G; COELHO, S. M; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino de física. In: **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 20, n. 1, p. 30-42, abr. 2003.

SILVA, J. C. X.; LEAL., C. E. dos S. Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de ensino médio. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 39, n. 1, p. e1401, 2017.

SOARES, A. A.; JUNIOR, J. B. P.; MOREIRA, A. P. F., CHIAVINI, L. C. Polaridade magnética e sensor Hall: uma proposta de experimento para os ensinos fundamental e médio. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 43, p. e20210185, 2021.

SOUSA, D. F. de; SARTORI, J. L.; CATUNDA, T.; NUNES, L. A. O. Eletroscópio de Alta Sensibilidade. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 18, n. 1, p. 61-64, 1996.

SOUSA, D. F. de; SARTORI, J.; BELL, M. J. V.; NUNES, L. A. O. Aquisições de dados e aplicações simples usando a porta paralela do micro PC. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 20, n. 4, p. 413-422, 1998.

SOUZA, P. V. S.; SILVA, C. J. V. da; BALTHAZAR, W. F. O arrasto magnético e as correntes de Foucault: um experimento de baixo custo com vídeo-análise. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 41, n. 2, p. e20180257, 2019.

TAVARES, J. M. H. Duas interpretações popperianas na metodologia econômica: falsificacionismo e racionalismo crítico. Monografia (Bacharelado em Economia) – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 77, 2010.

TESSER, Gelson João. Principais linhas epistemológicas contemporâneas. **Educar em Revista**, [S.l.], v. 10, n. 10, p. p. 91-98, 1995. ISSN 1984-0411. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/educar/article/view/36044/22233>>.

VIANA, J. C.; ARNOLD, F. Desenvolvimento de um sistema automatizado para medição de impedância elétrica. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 39, n. 2, p. e2503, 2017.

VILLALBA, J. M.; FERREIRA, L.; ARRIBAS, E.; NÁJERA, A.; BELÉNDEZ, A. Estudio experimental de la inducción electromagnética entre dos bobinas: Dependencia con la corriente eléctrica. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, vol. 37, n. 1, p. 1313, 2015.