

ANÁLISE DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PRESENTES EM TESES E DISSERTAÇÕES EM ENSINO DE FÍSICA (2001 – 2019)

AN REVIEW OF EXPERIMENTAL ACTIVITIES IN THESIS AND DISSERTATIONS ON PHYSICS TEACHING (2001 – 2019)

ANÁLISIS DE LAS ACTIVIDADES EXPERIMENTALES PRESENTES EN TESIS Y DISERTACIONES EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA (2001 - 2019)

Bruno Xavier Duarte¹
Juliana Rink²

Resumo: Considerando a importância do caráter investigativo e da autonomia para a formação científica dos indivíduos, realizamos um estudo de estado da arte cujo objetivo foi analisar as atividades experimentais, presentes em dissertações de mestrado e teses de doutorado em Ensino de Física, defendidas em programas de pós-graduação nacionais entre 2001 e 2019. A partir de buscas no banco de teses e dissertações do CEDOC-UNICAMP, selecionamos 218 trabalhos e neles identificamos 992 experimentos. A análise aponta para um baixo teor investigativo nas atividades, sendo que 62% dos experimentos apresentam roteiros de caráter fechado, dificultando uma ação autônoma por parte dos alunos.

Palavras-chave: Atividades experimentais. Ensino de Física. Pesquisa educacional.

Abstract: Considering the matter of inquiry aspects and autonomy for the individuals' scientific education, we carried out a state-of-the-art study whose objective was to analyze the experimental activities, reported in master's dissertations and doctoral theses in Physics Teaching, defended in Brazilian post degree research-programs between 2001 and 2019. Based on searches in the CEDOC-UNICAMP thesis and dissertation database, we selected 218 studies and identified 992 experiments in them. The analysis points to a low inquiry feature developed in the activities, with 62% of the experiments having closed-quality scripts, making it difficult for students to act autonomously.

Keywords: Physics experiments. Physics teaching. Educational research.

Resumen: Considerando la importancia del carácter investigativo y la autonomía para la formación científica de las personas, realizamos un estudio de estado del arte cuyo objetivo fue analizar las actividades experimentales, presentes en las disertaciones de maestría y tesis doctorales en la enseñanza de la Física, defendidas en programas de posgrado brasileños entre 2001 y 2019. A partir de búsquedas en la base de datos de tesis y disertaciones del CEDOC-UNICAMP, seleccionamos 218 trabajos e identificamos 992 experimentos en ellos. El análisis apunta a un bajo contenido investigativo en las actividades, con un 62% de los experimentos con guiones de carácter cerrado, lo que dificulta la acción autónoma de los estudiantes.

Palabras-clave: Actividades experimentales. Enseñanza de la Física. Investigación educativa.

Submetido 19/06/2023

Acceto 15/08/2023

Publicado 25/09/2023

¹ Licenciado em Física. Mestrando. UNICAMP. 0000-0002-6622-482X. E-mail: b214087@dac.unicamp.br

² Prof^a Dr^a. UNICAMP. 0000-0003-3491-8306. E-mail: jurink@unicamp.br

Introdução

Para Delizoicov, Angotti, Pernambuco (2002), o ensino de Ciências Naturais (que contempla a Física) é um conteúdo relevante para compreender, atuar e viver no mundo atual e que possui interfaces com as demais áreas do conhecimento. Os autores afirmam que o conhecimento já disponível oriundo de pesquisas em educação e ensino de Ciências nos indicam necessidade de mudanças nos diversos níveis de ensino, de modo que os processos de produção da Ciência sejam compreendidos e apropriados pela população.

Os atuais estudos acadêmicos na área indicam que uma das possibilidades de mudança que podem aperfeiçoar o ensino-aprendizagem refere-se à autonomia dos estudantes na construção de seu conhecimento (ABD-EL-KHALICK *et al.*, 2004; CARVALHO *et al.*, 2010, 2012; CARVALHO, 2018; ZÔMPERO; LABURU, 2011). Tais pesquisadores apontam que a autonomia e os processos de investigação em sala de aula devem oferecer condições para que o aluno entenda os fenômenos da natureza com um raciocínio hipotético-dedutivo, possibilitando assim uma mudança conceitual e o desenvolvimento das ideias, conforme assinala Sasseron (2015).

A autora enfatiza que o professor deve “possibilitar o papel ativo de seu aluno na construção de entendimento sobre os conhecimentos científicos” (SASSERON, 2015, p. 58), onde os mesmos “travam contato com fenômenos naturais, pela busca de resolução de um problema, exercitam práticas e raciocínios de comparação, análise e avaliação bastante utilizadas na prática científica”. Dessa maneira, o ensino por investigação pode ser entendido como uma abordagem didática, podendo estar vinculado a qualquer recurso de ensino que possibilite uma atuação mais aberta para o estudante. Assim, reconhecemos a relevância das discussões sobre o papel das atividades experimentais de natureza investigativa na formação científica para a cidadania, ponderando aspectos como planejamento, recursos disponíveis e estratégias de realização das mesmas (SARAIVA-NEVES; CABALLERO; MOREIRA, 2006.; BORGES, 2002; CARVALHO *et al.*, 2010, 2012).

Considerando a importância da temática e a presença da mesma na produção científica nacional, desenvolvemos uma pesquisa de iniciação científica entre os segundos semestres de 2021 e 2022, caracterizada como estudo do tipo estado da arte. Conforme Megid Neto e Carvalho (2018), quando um determinado campo de estudos atinge significativa quantidade de pesquisas é imprescindível “[...] conhecer, sistematizar, analisar e avaliar tal produção,

verificando seus avanços, suas limitações e eventuais deficiências, seus entraves teórico-metodológicos, suas lacunas” (MEGID NETO; CARVALHO, 2018, p. 99). Para os autores, desenvolver estudos periódicos sobre um campo de maneira descritiva e investigativa é um forte potencializador da socialização dos dados da pesquisa e pode contribuir para o aperfeiçoamento das citadas deficiências ou preenchimento das lacunas.

Assim, durante a graduação realizei uma pesquisa de iniciação científica (entre 2021-2022), onde, junto de minha orientadora, buscamos responder à seguinte questão de pesquisa: **as atividades experimentais de Física presentes nas dissertações e teses estão em consonância com as perspectivas atuais de ensino de Física, no que se refere ao caráter investigativo e à autonomia dos estudantes na construção do conhecimento?** O objetivo geral foi **analisar e discutir as características das atividades experimentais presentes nas produções acadêmicas em ensino de Física, sob a forma de dissertações de mestrado e teses de doutorado, defendidas em programas de pós-graduação nacionais entre 2001 e 2019, que tenham envolvido a realização de uma ou mais atividades experimentais de física.**

Buscamos diálogo com o aporte teórico já existente sobre ensino de Física (autores como Carvalho et al. (2010, 2012), Borges (2002), Sasseron (2015)) e com os diversos estudos do tipo já realizados pelo Centro de Documentação em Ensino de Ciências (CEDOC-UNICAMP³) nos níveis de iniciação científica, mestrado e doutorado, a exemplo de Ferreira (2019), Santos (2001), Fernandes (2009) e outros. Neste artigo, apresentamos uma síntese da pesquisa realizada, enfatizando seus principais resultados.

As atividades experimentais no Ensino de Física

No livro “Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa”, o ilustre pedagogo Paulo Freire (2020) questiona sobre o papel da escola e do aprendizado para a sociedade, assim como problematiza como uma prática docente crítica faz toda a diferença para a formação de um cidadão. Sobre essa prática, o autor afirma que “[...] saber ensinar não é transferir conhecimento, mas criar possibilidades para a sua própria produção ou sua construção” (FREIRE, 2020, p. 47). Conforme o autor, a docência deve buscar instigar os

³ Para mais informações, indicamos visita ao site <https://www.cedoc.fe.unicamp.br/>

alunos a serem ativos e críticos quanto ao conhecimento construído pela humanidade, ao invés de depositar inúmeras informações e conteúdos nos estudantes apassivados (FREIRE, 2020). Autores como Piaget defendem que para formar pessoas criativas é importante que tenhamos uma educação baseada na descoberta ativa por parte dos alunos, e não limitada à transmissão dos conhecimentos (PIAGET, 1969).

No campo do Ensino de Ciências, estudos como o de Carvalho *et al.* (2010, 2012), Pella (1969) e Borges (2002), permitem discutir e explorar princípios e estratégias para conceder aos estudantes autonomia para que possam construir seu conhecimento de maneira crítica e criativa, quebrando a passividade do aluno no processo de aprendizagem e o papel do professor como “transmissor” de conhecimentos. Uma das formas é o uso da experimentação nas aulas de ciências; a maneira com que as atividades experimentais são empregadas nas aulas e como podem ser aprimoradas, visando dar autonomia ao estudante para que ele construa seu conhecimento com devida liberdade. Conforme Duarte e Megid Neto (2020):

[...] a experimentação de caráter didático tem como principal objetivo fazer com que os alunos entrem em contato com os fenômenos e busquem estudá-los por intermédio de controle das variáveis intervenientes nos mesmos. A estratégia estimula, assim, a manipulação de materiais para observar e compreender determinados fenômenos por ações diretas dos alunos (DUARTE; MEGID NETO, 2020, p.1).

Saraiva-Neves, Caballero e Moreira (2006) declaram que uma atividade experimental aplicada no ensino de Ciências necessita dispor de uma situação problema aberta que motive os alunos a criarem o próprio plano de trabalho para resolvê-la, com uma dificuldade adequada ao nível de ensino em que está sendo aplicada. Em outras palavras, as atividades desenvolvidas com alunos devem respeitar e favorecer a atividade e autonomia do mesmo, o qual precisa ser o centro da aprendizagem (BORGES, 2002), e não mais o professor com um papel de “transmissor” do conhecimento e da verdade. O autor afirma que, nesses casos, “[...] para resolver um problema, um estudante deve fazer mais que simplesmente lembrar-se de uma fórmula ou de uma situação similar que conseguiu resolver” (BORGES, 2002, p. 22), onde o experimento se enquadra como um problema proposto para o aluno resolver, sem que os procedimentos sejam dados pelo professor ou um roteiro (BORGES, 2002).

Pella (1969) propôs uma categorização dos níveis de abertura e/ou investigação em

atividades experimentais (Quadro 1). Assim como nos trabalhos de Borges (2002) e Carvalho *et al.* (2012), usamos uma adaptação do quadro para classificar as pesquisas analisadas.

Quadro 1 – Níveis de investigação no laboratório de ciências

Etapas do procedimento	0	I	II	III	IV	V
Problema	Professor	Professor	Professor	Professor	Professor	Aluno
Hipóteses	Professor	Professor	Professor	Professor	Aluno	Aluno
Plano de trabalho	Professor	Professor	Professor	Aluno	Aluno	Aluno
Desenvolvimento	Professor	Aluno	Aluno	Aluno	Aluno	Aluno
Coleta de dados	Professor	Aluno	Aluno	Aluno	Aluno	Aluno
Conclusões	Professor	Professor	Aluno	Aluno	Aluno	Aluno

Fonte: adaptado de Pella (*apud* CARVALHO *et al.*, 2010).

Pella (1969) procurou criar uma maneira de categorizar uma atividade experimental de acordo com quem realiza determinada etapa do experimento. Quanto mais alto é o nível (ou seja, mais próximo de 5) mais são as etapas exercidas de maneira autônoma pelo estudante, conferindo maior abertura para o mesmo. Níveis baixos simbolizam experimentos em que quase todas as partes são feitas pelo professor. Assumindo esse referencial teórico, Duarte e Megid Neto (2020) constataram que a quase totalidade das propostas de atividades experimentais presentes nas coleções didáticas de Física aprovadas pelo PNLD em 2018 se enquadraram como experimentos com baixo nível de abertura, onde 98% dos 455 experimentos possuíam um roteiro passo a passo, com 93% do total de atividades classificadas como de nível **II**, conforme o quadro adaptado de Pella (1969, *apud* CARVALHO *et al.*, 2010).

Procedimentos metodológicos

Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa de iniciação científica do tipo estado da arte, a qual teve como produção primária um relatório-síntese final (DUARTE; RINK, 2022). De acordo com Megid Neto e Carvalho (2018), estudos dessa natureza possuem um caráter descritivo/analítico acerca da produção científica sobre um determinado tema, possibilitando inventariá-la e avaliá-la, com base em categorias e critérios de análise/classificação em

conformidade com os interesses e objetivos da pesquisa. Ainda, os autores ressaltam que tal análise possibilita uma avaliação acerca das tendências de pesquisa, principais resultados, contribuições ou lacunas (MEGID NETO; CARVALHO, 2018). Dessa maneira, organizamos a pesquisa em três etapas: definição do *corpus* documental; gênese dos descritores, leitura e classificação dos estudos; construção do quadro de análise e discussão dos dados.

Para a **seleção do *corpus* documental**, fizemos buscas no Banco de Teses e planilhas-mestras do CEDOC-UNICAMP. O CEDOC é coordenado pelo Grupo de Estudos e Pesquisas em Formação de Professores da Área de Ciências - FORMAR - Ciências⁴ da Faculdade de Educação da UNICAMP, desenvolvendo pesquisas nas áreas de Educação em Ciências e Educação Ambiental. O grupo tem se dedicado a estudos do tipo estado da arte que analisam o conteúdo da produção acadêmica, visando identificar parâmetros e tendências de pesquisa na área, tais como Megid Neto (1999), Santos (2001) e Fernandes (2009).

Efetuamos buscas no banco usando as palavras-chave “experiment”, “laborat” e “pratic”, cujo recorte temporal considerado foi 2001 – 2019. Usamos filtros para trabalhos realizados junto ao “ensino médio” e à área de conteúdo “Física”. Esse primeiro processo resultou em 274 trabalhos. Realizamos a leitura dos títulos e resumos dessas pesquisas, de modo a identificar aquelas que desenvolveram a prática de atividades experimentais⁵ de Física com alunos do ensino médio. Isso ocasionou a exclusão de 56 referências e o *corpus* documental resultante foi de **218 estudos**. Todos os arquivos digitais foram obtidos através dos repositórios das instituições de defesa e posteriormente organizados em pastas eletrônicas.

Partimos para a etapa de **definição dos descritores, leitura e classificação dos estudos**. Utilizamos descritores de Base Institucional e descritores de Base Específica, de acordo com Megid Neto e Carvalho (2018). O descritor de análise é, de acordo com os autores, um termo usado “[...] para indicar os aspectos a serem observados na classificação e descrição do conjunto de pesquisas selecionadas [...], bem como na análise de suas características e tendências” (MEGID NETO; CARVALHO, 2018, p.108). Os descritores de base institucional foram: título da pesquisa; autor(a); orientador(a); grau de titulação acadêmica; ano de defesa; instituição acadêmica. Em alguns casos, algumas dessas informações não puderam ser obtidas diretamente no documento da dissertação/tese. Nesses casos, buscamos complementar essas informações

⁴ Para mais informações, indicamos visita ao site <https://www.formar.fe.unicamp.br>

⁵ Nesta pesquisa não consideramos experimentos virtuais (simuladores).

consultando diretamente o currículo Lattes dos autores e/ou a base de dados da Capes.

Explicitamos abaixo os descritores específicos, ligados aos aspectos das atividades experimentais analisadas, com base na pesquisa de Duarte e Megid Neto (2020).

- **Área da Física:** Mecânica, Termologia, Ondulatória, Óptica, Eletricidade, Física Moderna e Introdução à Física.
- **Conteúdo abordado:** conforme área da Física abordada, especificamos o conteúdo como por exemplo, queda livre, empuxo, indução magnética etc.
- **Tipo de material utilizado:** caseiro/de baixo custo, de laboratório, kit experimental ou de custo elevado.
- **Obtenção de medidas:** se houve ou não obtenção de medidas/dados experimentais quantitativos.
- **Controle de variáveis:** quantos são os fatores que o estudante pode modificar sem limitações (como usar diversas alturas de queda de um objeto).
- **Responsável pela realização:** professor ou alunos.
- **Nível de abertura:** utilizamos o referencial de Pella (1969) adaptado para os propósitos desta pesquisa. Conforme o Quadro I, consideramos nível 0 quando experimento demonstrativo totalmente realizado pelo professor. Quanto mais perto do nível V mais a atividade é investigativa, partindo de uma situação-problema e estimulando desde a formulação de hipóteses e o planejamento por parte dos alunos, incentivando o desenvolvimento da autonomia, protagonismo e pensamento crítico-reflexivo dos alunos (DUARTE; MEGID NETO, 2020).

Nas situações em que não foi possível identificar elementos essenciais para classificação de um ou mais descritores específicos no texto completo da tese ou dissertação, atribuímos ao descritor o dado “NA” (Não Identificado).

Desenvolvemos uma ficha de classificação para cada pesquisa, composta por campos de preenchimento para os descritores e para observações gerais. Cada documento recebeu um código de identificação composto pela letra “P” seguida de um número correspondente à ordem de análise do estudo, exemplo: P003.

Assim, a partir da leitura na íntegra dos trabalhos, realizamos a etapa de análise e discussões com base nos descritores, utilizando como técnica a análise de conteúdo (BARDIN, 1977) e processo de categorização *a priori*, com base nos descritores apresentados

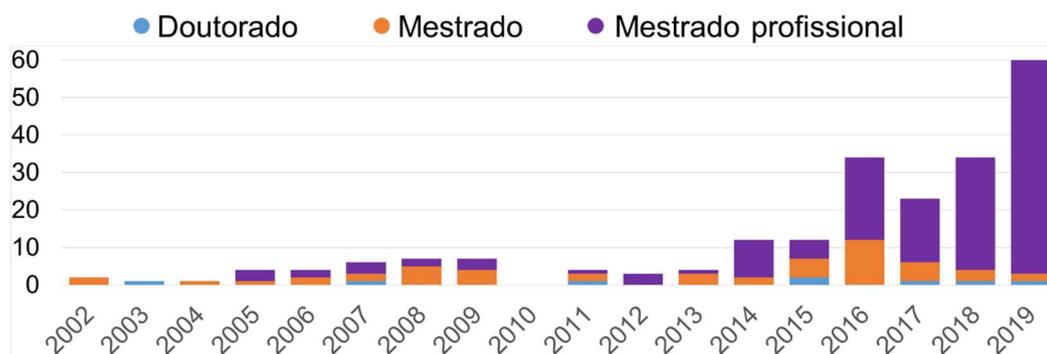
anteriormente. Os dados foram inseridos em uma planilha do software Excel®, na qual usamos o recurso “Tabelas Dinâmicas”, que possibilitou gerar gráficos e fazer cruzamentos dos campos de interesse.

Resultados e discussões

Nas 218 teses e dissertações identificamos um total de 992 de atividades experimentais. A quantidade de experimentos que cada pesquisa desenvolveu varia significativamente, a depender de seus objetivos, disposição de materiais ou da formulação de um produto educacional. A maioria dos trabalhos (78%) usou de 1 a 5 atividades em suas práticas, enquanto o restante usou 6 ou mais. Há estudos que empreenderam grandes quantidades de experimentos, somando 33 (P002), 50 (P038) ou até 70 (P018) experimentos relatados por uma única dissertação ou tese. Entendemos que cada pesquisa possui seu contexto e seus propósitos específicos, o que explicaria trabalhos que usaram de um número maior de experimentos.

Destacamos o crescimento das pesquisas acadêmicas que desenvolveram atividades experimentais no ensino de Física, conforme gráfico 1. Houve aumento geral no número de estudos, embora não tenhamos identificado estudos defendidos em 2001 e em 2010.

Gráfico 1: distribuição das 218 pesquisas do corpus documental conforme ano de defesa



Fonte: autoria própria.

Sobre o **grau de titulação acadêmica**, encontramos sete pesquisas de Doutorado (3%), 51 de Mestrado (24%) e 156 de Mestrado Profissional (MP) (73%). Identificamos uma expansão das defesas de mestrados profissionais a partir de 2013, que perfazem cerca de 79% das pesquisas defendidas entre esse ano e 2019. Conforme gráfico 1, vemos um notável crescimento, onde no ano de 2019 há 57 trabalhos, perto de 6 vezes mais em comparação com

2014, que possui 10 defesas de MPs. Quase todas as pesquisas pertencentes a esse subconjunto trazem um conjunto de práticas que produzia/recomendava/desenvolvia atividades experimentais a serem trabalhadas em turmas do ensino médio. Também é recorrente a existência de um produto educacional, o que é característico de boa parte dos programas de Mestrado Profissional, e em específico, do Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Segundo Zara e Casanova (2020), o MNPEF é um curso de pós-graduação em rede, de âmbito nacional, autorizado pela CAPES e implantado por iniciativa da Sociedade Brasileira de Física em 2013, sendo voltado para professores da educação básica. Conforme os pesquisadores:

O objetivo do Programa é capacitar professores da Educação Básica em nível de mestrado quanto ao domínio de conteúdos de Física e de técnicas atuais de ensino para aplicação em sala de aula. Diferente do mestrado acadêmico cuja produção primária é uma produção científica essencialmente acadêmica como um artigo, como o mestrando do MNPEF deve gerar um Produto Educacional (PE) a ser usado em sala de aula, sem desqualificar a geração de artigos acadêmicos que, neste caso, é visto como uma produção secundária. (ZARA; CASANOVA, 2020, p. 269).

Em estudo de revisão sistemática sobre os produtos educacionais produzidos no âmbito do MNPEF, os autores concluíram que há predomínio de propostas de caráter experimental e na forma de sequência ou roteiros didáticos. A esse respeito, nossos resultados estão em consonância com a pesquisa de Zara e Casanova (2020).

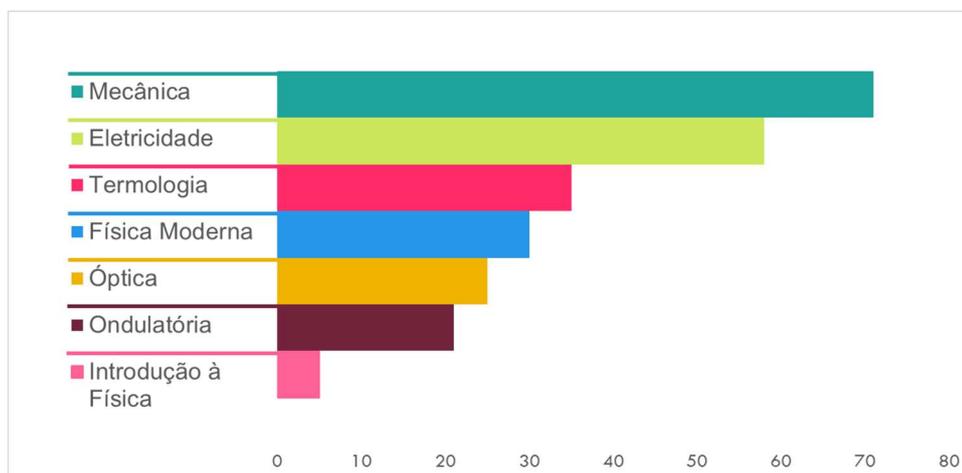
A respeito das **instituições de defesa**, destacamos a produção acadêmica na UFRGS (20 trabalhos), na USP e na UFSCar em São Paulo (19 pesquisas) e a UFES com 23, superando a quantidade das demais instituições. Quanto à **dependência administrativa**, predominam instituições de natureza pública (91%), enquanto as particulares representam 9% dos estudos.

Em relação à **distribuição geográfica** das instituições de defesa, a soma de trabalhos defendidos nas instituições de ensino superior de 4 estados corresponde a mais de 50% das pesquisas. O Rio Grande do Sul lidera com 17% do total de trabalhos, seguido por São Paulo (13%), Espírito Santo (12%) e Minas Gerais (11%). Na sequência vemos o estado do Rio de

Janeiro com 9,6%, Paraná com 7,8% e Santa Catarina com 5%. Todos os demais estados representam, individualmente, menos de 3% do total.

Sobre a **área da Física** abordada nas atividades experimentais, predominam trabalhos que desenvolveram nas áreas de Mecânica, com 70 trabalhos, e Eletricidade, somando 57 pesquisas. Os resultados podem ser visualizados no gráfico 2. Essa predominância também foi observada por Duarte e Megid Neto (2020) nos experimentos presentes em livros didáticos, perfazendo 53% das 445 atividades analisadas. O resultado pode ser explicado em parte pela disponibilidade de se obter materiais para atividades nessas áreas e pela facilidade de planejar experiências devido ao seu caráter físico. Por exemplo, em Mecânica a maioria dos experimentos trata de uma análise de um movimento simples ou de algum sistema estático (os quais são simples de montar com materiais caseiros ou reutilizados). Já em Eletricidade, há a conveniência dos materiais de menor custo para estudo da eletrostática e eletrodinâmica (como fios, resistores, leds etc.).

Gráfico 2: distribuição das pesquisas conforme área da Física identificada nos experimentos desenvolvidos nas pesquisas



Fonte: autoria própria.

Outras áreas em geral podem possuir elementos dificultadores e, a título de exemplificação, citamos a Termologia, na qual é indispensável o uso de uma fonte de calor, mas isto demanda certa cautela por parte do professor/pesquisador por motivos de segurança; e nem sempre há possibilidade de uso de tais equipamentos em laboratórios das escolas (BORGES, 2002). Já em Física moderna, os fenômenos analisados são predominantemente de

natureza extrema (da ordem de grandeza de átomos ou de velocidades relativísticas). Em Óptica muitas vezes é necessário o uso de fontes de luz monocromáticas, bem como de lentes esféricas e similares, que são materiais relativamente caros. Entendemos que tais causas podem contribuir para haver menor quantidade de experimentos de tais áreas nas pesquisas analisadas; contudo, assumimos que outros fatores podem ocasionar o resultado obtido.

Apesar disso, chamamos atenção para a presença de atividades experimentais sobre Física Moderna, fato o qual não foi observado nos livros didáticos aprovados no PNLD 2018, conforme Duarte e Megid Neto (2020). No *corpus* desta pesquisa identificamos 30 trabalhos que exploraram o tema em turmas do ensino médio, mesmo sendo temas de difícil aplicação empírica sem equipamentos adequados. Citamos a pesquisa P096, que abordou o tema “Física de partículas” através de um experimentos simples, criativo e que incentiva a reflexão sobre o funcionamento de um acelerador de partículas (excerto na figura 1).

Observamos a relação entre o ano do ensino médio e a área da Física das atividades experimentais desenvolvidas. Isso muito provavelmente se deve a maneira que o currículo da disciplina Física no ensino médio era organizado antes do Novo Ensino Médio. Por exemplo, no 1º ano predominam experimentos na área de Mecânica, sendo abordado em 47 pesquisas; no 2º ano há uma distribuição mais proporcional de experimentos da área da Termologia (26) e Mecânica (20), seguido por Óptica e Ondulatória, correspondendo, respectivamente, à 10 e 7 trabalhos. Por último, no terceiro ano e, contabilizando também o 4º ano de ensino técnico integrado ao médio, assim como no 1º ano há prevalência de experimentos em uma única área, neste caso na área de Eletricidade, desenvolvida por 48 pesquisas.

Outro ponto importante a ser considerado em relação à aplicabilidade de uma atividade experimental é o **material utilizado**, que pode influenciar significativamente no seu desenvolvimento. No contexto do ensino médio público brasileiro, infelizmente notamos o frequente desprovimento de laboratórios de Física ou de ciências e de materiais e equipamentos voltados para experimentos e, quando possuem, podem não ser utilizados por várias razões (BORGES, 2002). Uma maneira de contornar essa carência é o uso de materiais caseiros, de baixo custo ou reciclados/reutilizados, projetando um “impacto” menor no orçamento da escola

ou dos professores, fato inclusive também apontado pela literatura da área (BORGES, 2002; BASSOLI, 2014).

Figura 1: exemplo de experimento de Física moderna

<p>ATIVIDADE “EXPLORANDO OS MODELOS”</p> <p>Adaptado de Gurgel e Pietrocola (2011)</p> <p>DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE:</p> <p>“O Descobrimto de Rutherford (Espalhamento Rutherford)”</p> <p>Nesta atividade, você e os membros de sua equipe usarão os métodos desenvolvidos por Ernest Rutherford no começo de 1900, e que, ainda são usados em nossos dias pelos físicos de partículas, em seus experimentos com aceleradores. Estes métodos permitem aos cientistas identificar as características de partículas que realmente não podem ser vistas. Você aprenderá o quanto melhor devem ser suas medidas, quando você não pode ver o objeto estudado.</p> <p>No chão da sala de aula há dois tampos grandes de isopor, debaixo do qual, foram colocadas figuras planas.</p> <p>O trabalho de seu grupo é identificar a forma da figura sem vê-la. Você somente pode jogar bolinhas contra o objeto escondido, e observar a deflexão que se produz na trajetória das bolinhas depois de se chocar com a figura. Seu grupo terá cinco minutos para “observar” a figura.</p> <p>Coloque um pedaço de papel sobre o tampo de isopor para esboçar a trajetória das bolinhas. Logo depois, analise esta informação para determinar a forma efetiva do objeto. Faça um pequeno desenho das figuras que o grupo analisou e responda as perguntas abaixo:</p>	<p>QUESTÕES:</p> <ol style="list-style-type: none">1) Você pode determinar o tamanho e a forma do objeto?2) Como poderia saber se as figuras têm detalhes em sua forma, que são pequenos comparados com o tamanho das bolinhas?3) Como você pode confirmar suas conclusões sem olhar o objeto? <p>Fonte: Gurgel, I.; PIETROCOLOA, M. O papel da imaginação no pensamento científico: análise da criação científica de estudantes em uma atividade didática sobre o espalhamento de Rutherford. <i>Caderno Brasileiro de Ensino de Física</i>, v. 28, n. 1: p. 91-122, abr. 2011</p>
--	---

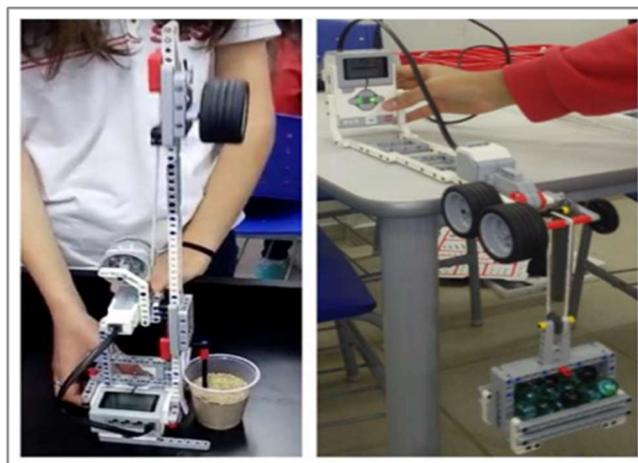
Fonte: retirado de P096 (RODRIGUES-MOURA, 2016, p.135).

Identificamos que o uso de materiais caseiro e/ou de baixo custo está presente na maioria das atividades experimentais desenvolvidas, sendo empregues em 191 (77,9%) pesquisas englobando itens como papel, bexiga, pilha, bola de gude, imã, limalha de ferro, canudo plástico, papelão, lata de alumínio, prego, fita, alicate etc. Muitos desses materiais, como papelão, lata de alumínio e garrafa PET são também materiais reutilizados e em tese não geram custo direto para a aquisição. Materiais de laboratório, como fontes de tensão, multímetros, galvanômetros e vidrarias em geral, foram usados em 24 (9,8%) pesquisas, cuja maioria desenvolveu as experiências em escolas que possuíam laboratórios com equipamentos fundamentais. Em algumas exceções constatamos que os materiais laboratoriais foram adquiridos pelo próprio professor/pesquisador.

Materiais de alto custo foram usados em 10 pesquisas, correspondendo a 4,1% do total.

A mesma porcentagem é observada para uso de materiais do tipo “kit experimental”. Como exemplo de material de alto custo podemos citar: um interferômetro científico (P061), gás Hélio pressurizado (P098), um painel solar (P110) e um telescópio 70mm (P190). Já os trabalhos que usaram kits experimentais, podemos citar os kits da LEGO MINDSTORMS® (P120, P125, P181) e da Fischertechnik® (P086, P148). Na figura 2 vemos uma foto do uso do kit LEGO (um elevador robótico) usado como material para experimentação.

Figura 2: kit LEGO MINDSTORMS® usado como material para experimentação



Fonte: retirado de P181, TAVARES (2019, p.49).

A contagem deste descritor ultrapassa o número total de 218 pois em diversos trabalhos há uso de vários tipos de materiais diferentes. Encontramos experimentos que usaram alguns materiais caseiros e um ou outro de laboratório, ou algum de alto custo; o que mostra certa pluralidade nos materiais demandados pelas atividades no contexto das pesquisas analisadas. Isso está em consonância com a afirmação de Bassoli (2014, p. 590), sobre não haver necessidade de um laboratório totalmente equipado para realizar experimentações, pois há muitas escolas que “[...] não possuem infraestrutura laboratorial mas que realizam atividades práticas em locais improvisados e com materiais de baixo custo e/ou emprestados”.

Em relação à **obtenção de medidas** em um experimento científico, a coleta de dados depende dos objetivos e da finalidade da atividade. Os dados quantitativos servem de base para testes de teorias, indicação de tendências (ou ausência destas) em relação ao sistema estudado, bem como para provar relações entre variáveis (BORGES, 2002). Contudo, para experiências

didáticas pensadas para o ensino médio não há a necessidade desse elevado rigor científico, mas sim em algo pensado para introduzir os alunos na resolução de problemas experimentais (CARVALHO *et al.*, 2010). Muitas vezes, pensando em um experimento demonstrativo, há apenas a manipulação dos materiais com a finalidade de expor um determinado fenômeno, onde o foco da atividade não está nos dados obtidos, mas apenas na demonstração.

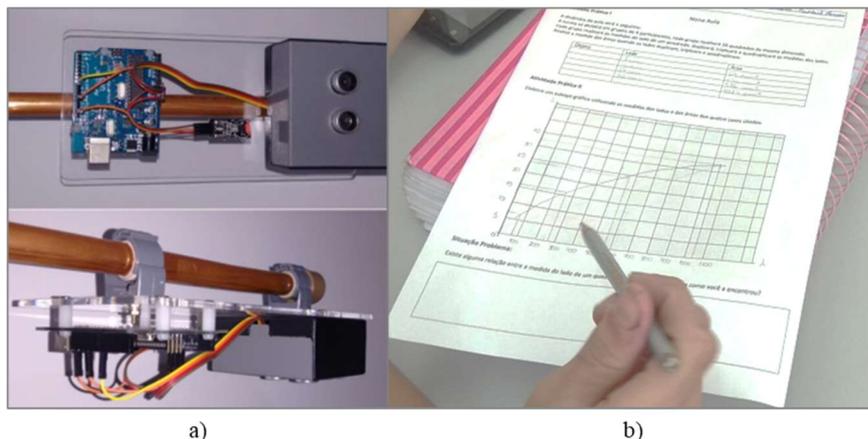
Identificamos coleta de dados em 142 (65,1% dos) estudos. Encontramos 63 pesquisas (29%) que usaram atividades experimentais sem relatar nenhuma coleta de dado numérico com finalidade de análise e em 13 trabalhos (6% das pesquisas) não identificamos se houve ou não essa coleta de dados. Isso indica que na maioria das atividades houve atenção ao aspecto quantitativo da atividade experimental. Em geral, nesses experimentos os dados são coletados com um certo propósito, algumas vezes objetivando plotar os dados em um gráfico e analisar o fenômeno através da relação entre as variáveis (como em experimentos de movimento uniforme ou sobre a lei de Ohm). Em outros casos, os dados são utilizados apenas no momento para salientar alterações no sistema em tempo real (como é o caso de medidas de temperatura, para mostrar a variação desta).

A figura 3 b) ilustra um gráfico montado através de dados obtidos de um experimento de introdução à Física, versando sobre justamente sobre medidas, unidades etc.

Destacamos que alguns trabalhos utilizam de recursos eletrônicos para coleta automática de dados, como a plataforma Arduino e seus componentes (sensores de luz, distância, umidade etc.), conforme a figura 3 a). Estudos como P047, P059, P085, P133 entre outros usam a mesma plataforma para coletar os dados, mas com objetivos distintos. Identificamos pesquisas que ressaltam a cultura MAKER e a educação STEM, dado o uso desses equipamentos e da mentalidade do “faça você mesmo”. Um maior aprofundamento no tema é feito por Soster (2018), no qual a autora define o que é educação MAKER bem como termos relacionados a esse, através de uma pesquisa que busca unir teoria e prática dentro do conceito de MAKER e STEM. Essas temáticas são atualmente alvo de muitas pesquisas, mas

embora no *corpus* documental analisado isso não tenha sido constatado, seria um tema interessante para investigações futuras.

Figura 3: a) exemplo de pesquisa que usou um Arduino e um sensor de ultrassom para coletar medidas de distância; b) gráfico montado através de dados coletados em um experimento



Fonte: a) retirado de P216, ALVES (2019, p.58); b) retirado de P188, DOVAL (2019, p.89).

Prosseguindo, dada a proposta de analisarmos o caráter investigativo de atividades experimentais, tentamos identificar o “quanto” de um experimento está sob controle de quem o realiza. Conforme Carvalho *et al.* (2010), quanto mais distanciado de uma atividade passo a passo e roteirizada, como uma “receita de bolo”, maior é o grau de liberdade intelectual do estudante ao praticar. Assim, avaliar quantas e quais variáveis são controláveis é um dos principais fatores que influenciam na análise do nível de abertura.

Contabilizamos que em 65 (29,8%) das pesquisas não há nenhum tipo de **controle de variável** cedido aos estudantes nos experimentos. São atividades puramente roteirizadas, com cada passo já determinado por um roteiro ou algum tipo de descrição (seja por texto, vídeo ou falas do professor). De maneira crescente, temos que: em 22,0% dos trabalhos há experimentos com apenas uma variável; em 31 pesquisas (14,2%) identificamos a liberdade de modificar/administrar exatamente dois aspectos referentes à atividade; três variáveis controláveis representam apenas 6% do total. Em pouco menos de um quinto dos trabalhos (18%) é oferecido nos experimentos mais do que três parâmetros manipuláveis disponíveis para os estudantes; o que é interessante, pois indica que no total de atividades desenvolvidas em uma pesquisa os alunos tiveram uma considerável autonomia na realização destas, podendo

controlar em diversos momentos (ou controlar diversos aspectos em um único momento) alguns parâmetros pré-selecionados pelo pesquisador.

Nas situações investigadas, identificamos que a atividade experimental pode ser realizada ou pelo professor, caracterizando-se como um experimento demonstrativo; ou pelos alunos (individualmente ou em grupo). Em um experimento puramente demonstrativo, por mais que o diálogo seja possibilitado (a depender do contexto da demonstração), consideramos que não há em si a ação autônoma dos estudantes na realização das atividades e nas investidas para contornar possíveis problemas ou desafios (CARVALHO *et al.*, 2010). Nesse caso, ainda de acordo com os autores, o professor exerce um papel diferente, não mais de “demonstrador” e sim de observador e encorajador. Ainda, os mesmos autores defendem que quando o aluno é responsável pela realização das atividades, esse dispõe de maior liberdade no desenvolvimento das etapas do experimento, bem como na independência para tentar buscar por conta própria a solução para eventuais casualidades e contratempos, pois é “[...] na passagem da etapa de explicar o *como* fizeram para o *porquê* deu certo, nas passagens das relações qualitativas entre as variáveis para sistematização em uma fórmula, que o conceito se estabelece” (CARVALHO *et al.*, 2010, p. 63).

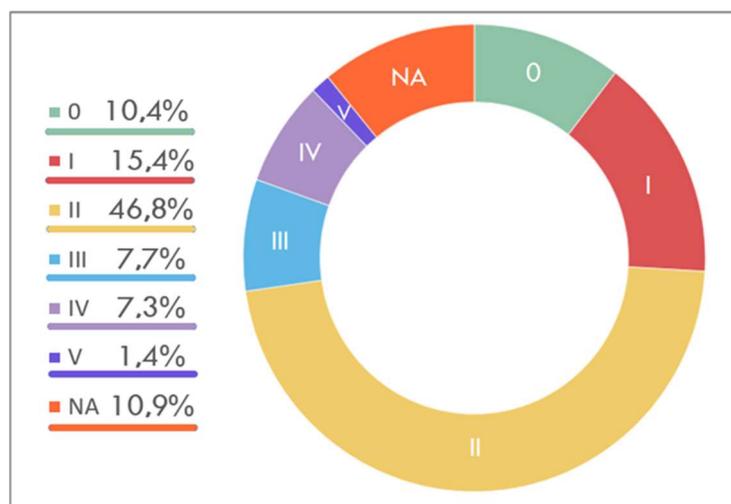
O professor/pesquisador como responsável pela realização dos experimentos aparece em 39 (16,4% dos) trabalhos. Em contrapartida, em 183 pesquisas os alunos são responsáveis exclusivamente pela realização de pelo menos uma das experiências desenvolvidas na pesquisa. Em 15 trabalhos não havia informações suficientes para inferir sobre quem realizava a atividade, sendo assim classificados como “NA”. Vale ressaltar que em 19 trabalhos há tanto experimentos demonstrativos, realizados pelo professor, quanto experimentos realizados pelos alunos.

Para classificar quantitativamente qual o grau de autonomia na realização da atividade, usamos o descritor **nível de abertura**. A avaliação do nível de abertura referente às atividades experimentais requer uma ampla gama de informações coletadas dos estudos para que haja uma análise substanciada. É necessário identificar quem é o responsável por cada etapa do experimento (cerne do problema, levantamento de hipóteses, formação do plano de trabalho, desenvolvimento das atividades, coleta de dados e conclusões). Além disso, a aferição da quantidade de variáveis controláveis e da presença (ou não) de roteiro (bem como de suas características) também são elementos necessários para a classificação. Cada uma dessas

características referentes ao planejamento, execução e conclusão de um experimento indica as condições com a qual este será trabalhado por quem o realiza, contribuindo para identificar a dimensão investigativa da atividade.

Na figura 4, trazemos a distribuição do nível de abertura dos experimentos, classificados com base no quadro de análise do caráter investigativo de Pella (1969).

Figura 4: Distribuição das pesquisas conforme nível de abertura das atividades experimentais



Fonte: autoria própria.

Notamos a presença acentuada de atividades experimentais com um plano de trabalho já pronto para o aluno apenas seguir - caracterizados como níveis **I** e **II** de abertura pela nomenclatura de Pella, 62% dos 992 experimentos se enquadram nesse tipo de circunstância. Entendemos que oferecem pouca autonomia para o estudante, ficando este à cargo puramente de executar a atividade e de coletar os dados (no caso do grau de abertura **I**) e de tirar suas próprias conclusões sobre a experiência (no caso das de nível **II**). Essa informação segue no que foi analisado nos descritores anteriores, dado que em cerca de 30% dos experimentos não há nenhuma variável controlável na atividade.

Atividades com roteiros fechados do tipo “receita de bolo” predominam nas pesquisas classificadas nesses dois níveis de abertura. Há algumas pesquisas nas quais não identificamos um roteiro escrito propriamente dito, mas as ações de desenvolvimento, coleta de dados e conclusões são descritas gradualmente através da fala do professor, que dita o que deve ser feito. Contabilizamos a presença de roteiros nos experimentos dos trabalhos do *corpus*

documental e verificamos que em 68 (31%) dessas as atividades são guiadas por roteiros passo-a-passo. Roteiros para o professor, fortemente presentes nos produtos educacionais dos mestrandos profissionais, aparecem em 56 (25,1% das) pesquisas, contudo esses roteiros muitas vezes também indicavam para o professor como ele deveria descrever a atividade para que os alunos a realizassem, também se enquadrando assim como uma atividade com baixo nível investigativo.

A significativa presença de experimentos de caráter pouco investigativo e com instruções passo-a-passo para o desenvolvimento deste também foi constatado na pesquisa de Duarte e Megid Neto (2020), acerca das atividades experimentais presentes nas obras aprovadas no PNL D de 2018, mas em maior percentual nele, onde 93% dos 455 experimentos se enquadraram nos níveis **I** e **II**. Em termos quantitativos, a quantidade contabilizada em ambos os níveis é de 619 atividades das 992 deste trabalho, 164 a mais do que todos os experimentos presentes nos livros didáticos (independentemente do nível de abertura).

Experimentos com grau de abertura **III**, **IV** e **V**, entendidos como de atividades que fornecem considerável liberdade de ação aos estudantes, foram classificados em 17, 16 e 3 pesquisas apenas, respectivamente. Nesses casos, os experimentos analisados ofereciam maior grau de liberdade de ação para o estudante, onde o plano de trabalho para a realização da experiência ficava à cargo dos alunos (no caso do nível **III**), as hipóteses sobre um dado fenômeno não eram cedidas pelo roteiro/professor (nível **IV**) e onde a escolha do problema a ser analisado estava sob responsabilidade dos estudantes (nas atividades de nível **V**). Em comparação com o observado por Duarte e Megid Neto (2020), nas teses e dissertações analisadas há um número relativamente mais expressivo de experimentos de cunho investigativo. Conforme Carvalho *et al.* (2010) e Borges (2002), atividades experimentais com caráter investigativo são comprovadamente muito eficazes para apoiar a construção do conhecimento por parte do estudante, onde nestas há o incentivo ao pensamento crítico, à superação de obstáculo, à formulação de hipóteses e elaboração de conclusões baseadas em fatos. Bassoli (2014, p.583) ressalta que as atividades investigativas “[...] diferem das outras por envolverem, obrigatoriamente, discussão de ideias, elaboração de hipóteses explicativas[...]”. Assim, com os três níveis somando pouco mais de 16% do total, nota-se que

são poucas as atividades experimentais que se adequam ao que atualmente é consenso no meio científico no que se refere às metodologias investigativas para o ensino de ciências.

A título de exemplo, na figura 5 trazemos um dos quatro experimentos desenvolvidos na pesquisa P083. A atividade requer que o aluno grude canudos plásticos na parede, mas não indica diretamente que para fazer isso é necessário atritar o mesmo com um pano de lã. Notamos que não há um itinerário de desenvolvimento definido nem uma hipótese indicada sobre o porquê o canudo fica grudado na parede. O processo para que o canudo grude é deixado à cargo da criatividade e pensamento dos estudantes, que precisam criar um plano de trabalho e descobrir como fazê-lo e explicar por que isso acontece, baseado na experiência realizada. Classificada como de nível **IV**, essa atividade é um exemplo similar a outros encontrados em nosso *corpus* documental.

Figura 5: trecho do roteiro de um experimento classificado com nível de abertura IV

Neste experimento são usados os seguintes materiais, canudos de plástico (refrigerantes ou sucos), confetes de papel, bexiga de assoprar, paredes (da própria sala) e um pano de lã. Esses materiais são de fácil acesso para a realização do experimento. E antes de iniciarmos as perguntas, faça a leitura das seções 1.1 e 1.5.1 da sua unidade de ensino.



Figura 29. Bexiga de assoprar, canudos de plástico.

Pergunta 1. Como proceder para que os canudos de plástico fiquem grudados na parede?

Pergunta 2. O que faz o canudo ficar grudado na parede? Explique.

Pergunta 3. Porque com o tempo os canudos que estavam grudados na parede caem? Explique?

Pergunta 4. Procedam, utilizando os confetes e os materiais sobre a mesa, para atrair a maior quantidade de confetes de uma só vez sem tocá-los.

Fonte: retirado de P083, MOTA (2016, p.119).

Já os experimentos demonstrativos (representados pelo nível 0) aparecem em 23 (10,9% dos) trabalhos. Foram realizados para mostrar, comprovar ou exemplificar rapidamente algum tipo de fenômeno. No caso das pesquisas analisadas, essas atividades são desenvolvidas pelos profissionais (pesquisadores e/ou professores) e exibidas para a turma, com o manuseio e as conclusões feitas por estes. Por mais que não possua um caráter investigativo na sua execução, encontramos nas pesquisas relatos de que, durante atividades demonstrativas, o docente instigava e questionava os alunos sobre o que observaram e o que concluíram sobre.

Por fim, não conseguimos avaliar o nível de abertura de 10,9% dos trabalhos devido à falta de informações referentes aos experimentos e à realização/aplicação dos mesmos.

Considerações finais

Retomando a questão de pesquisa, consideramos que as atividades experimentais, presentes nas dissertações e teses analisadas, estão **parcialmente** em consonância com as perspectivas acadêmicas atuais na área de ensino de Física, referentes ao ensino investigativo e ao papel das experiências didáticas de Física no ensino médio. Menos de 20% das pesquisas utilizaram experimentos com um nível de abertura (PELLA, 1969) igual ou superior a III, o que significa um alto grau de autonomia cedido aos estudantes para a realização do experimento, fomentando assim o pensamento crítico e a criatividade para resolver os problemas propostos.

Em 24% das pesquisas os experimentos dispuseram de 3 ou mais variáveis controláveis no que se refere ao seu desenvolvimento pelos estudantes. Em consonância com as observações de Borges (2002), inferimos que atividades experimentais favorecem que os alunos estejam no centro da aprendizagem. As atividades investigativas, por darem liberdade de ação para quem a realiza, incentiva a ação por parte do aluno para desenvolver o plano de trabalho criticamente, dado o controle das ações centrado no estudante.

Ainda que a maioria das 218 pesquisas analisadas se enquadrem como indutivas e tenham instruções passo a passo, a presença das atividades não-indutivas e investigativas foi um resultado importante e em número considerável; diferentemente da análise de experimentos nos livros didáticos de física do PNLD 2018, realizada por Duarte e Megid Neto (2020), que identificou que mais de 90% possuíam nível de abertura II ou inferior.

Contudo, ressaltamos que os resultados dessa pesquisa indicam considerações apenas no que se refere aos limites de estudo estipulados. Apesar dos dados apontarem algumas

tendências sólidas, evidenciamos que não contemplamos neste estudo experimentos virtuais ou simulações, nem selecionamos para o corpus documental teses e/ou dissertações que desenvolveram atividades experimentais com outro nível escolar para além do ensino médio. O estudo dessas práticas sob o contexto de outros níveis (como fundamental e ensino superior) podem ser temas para futuras pesquisas averiguarem, podendo indicar lacunas ou tendências específicas para cada contexto de aprendizagem.

Sublinhamos que a análise do grau investigativo de uma atividade, a qual teve papel central neste estudo, possui um caráter subjetivo e foi realizada com base nas informações presentes nos relatórios das pesquisas. Em virtude dessa subjetividade, entendemos que a classificação quantitativa não teve o intuito de ser categórica e/ou finalista. Para além do grau investigativo das atividades, é importante considerar que todas as pesquisas do *corpus* documental realizaram um papel essencial de divulgar e ampliar o uso de atividades experimentais em sala de aula. Saraiva-Neves, Caballero e Moreira (2006) observaram que trabalhos experimentais eram usados com baixa frequência nas aulas, tendo alguns alunos entrevistados neste trabalho sugerido que “[...] todas as aulas deviam ser dadas com base em trabalhos experimentais” (SARAIVA-NEVES; CABALLERO; MOREIRA, 2006, p.395). Uma vez que essa e outras pesquisas indicam essa inconstância do uso de experimentos, cada um dos 218 trabalhos aqui analisados contribuiu não só para que os alunos percebessem a Física como uma ciência divertida e empírica, como muito provavelmente serviram de referência para os professores envolvidos nas pesquisas. O número significativo de defesas de mestrados profissionais que usaram atividades experimentais mostra que há uma ampla gama de professores e professoras interessados no uso de tais práticas.

Afinal, esperamos que nosso estudo contribua para as discussões sobre ensino por investigação e experimentação no ensino de Física e de Ciências no geral. As pesquisas de pós-graduação referentes ao tema estão crescendo e acompanhar essa tendência de crescimento, bem como avaliar o aspecto qualitativo dessa produção, é de suma importância para o aprimoramento desta metodologia estudada e para a disseminação do conhecimento acadêmico para o principal agente pedagógico no ensino médio: o professor. Por mais que haja essa lacuna na disposição de materiais e de informação necessária para os docentes (BORGES, 2002; SARAIVA-NEVES; CABALLERO; MOREIRA, 2006), esperamos que, conforme a importância das atividades experimentais for sendo consolidada, mais investimentos e mais

iniciativas surjam para fortalecer essa metodologia de ensino, cuja qual comprova-se como um meio extremamente eficiente de gerar alfabetização científica (CARVALHO *et al.*, 2010) e de incentivar o aluno a ser autônomo na construção do seu conhecimento.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo financiamento recebido na primeira metade da pesquisa (PIBIC-IC)-UNICAMP. Aos pesquisadores do projeto Estado da Arte em Ensino de Ciências (EAEC) e ao Prof. Dr. Jorge Megid Neto, que além de me incentivar a seguir na carreira acadêmica, também colaborou com sugestões e referências para este estudo.

Referências

- ABD-EL-KHALICK, F. *et al.* Inquiry in Science Education: International Perspectives. **Science Education**, s/1, v. 88, e.3, p. 397-419, 2004.
- ALVES, W. R. da S. **Galileu e o experimento da Torre de Pisa no ensino médio**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2019.
- BARDIN, L. Análise de conteúdo. Lisboa, **Edições 70**, 1977.
- BASSOLI, F. Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 20, n. 3, p. 579-593, 2014.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. Ensino de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.
- CARVALHO, A. M. P. de, *et al.* **Ensino de Física**. Cengage Learning. São Paulo, 2010.
- CARVALHO, A. M. P. de *et al.* **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. Cengage Learning. São Paulo, 2012.
- CARVALHO, A. M. P. de. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p; 765-794, 2018. DOI:10.28976/1984-2686rbpec2018183765. Acesso em 20 mai. 2023.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. Editora Cortez, São Paulo, 2002.
- DOVAL, J. P. M. **Desenvolvimento e aplicação de uma sequência didática com foco nas relações matemáticas que englobam leis físicas**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2019.
- DUARTE, B. X., MEGID NETO, J. Análise das atividades experimentais contidas nas coleções didáticas de Física aprovadas no PNLD 2018. CNPq: **Relatório Científico**. Campinas, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2020.

DUARTE, B. X., RINK, J. Atividades experimentais no ensino de Física: uma análise de teses e dissertações brasileiras (2001-2019). CNPq: **Relatório Científico**. Campinas, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2022.

FERNANDES, R. C. A. **Tendências da pesquisa acadêmica sobre o ensino de ciências nas séries iniciais da escolarização (1972-2005)**. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

FERREIRA, L. A. **Atividades experimentais em Física nos anos iniciais do ensino fundamental: estudo de dissertações e teses (1972-2012)**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Programa de Pós-graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 63ª ed. Rio de Janeiro/São Paulo: Paz e Terra, 2020.

MEGID NETO, J. **Tendências da pesquisa acadêmica sobre o ensino de ciências no nível fundamental**. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

MEGID NETO, J.; CARVALHO, L. M. de. Pesquisas de estado da arte: fundamentos, características e percursos metodológicos. In: ESCHENHAGEN, G. M. L.; VÉLEZ-CUARTAS, G.; MALDONADO, C.; PINO, G.G (Edits). **Construcción de problemas de investigación: diálogos entre el interior y el exterior**. Universidad Pontificia Bolivariana / Universidad de Antioquia: Medellín, 2018. p. 97-113.

MOTA, R. de O. **O ensino de eletrostática em uma perspectiva investigativa: analisando o processo de construção de conhecimento científico de estudantes da 3ª série do ensino médio do IFES campus Linhares**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.

PELLA, M. O. The laboratory and science teaching. In: ANDERESSEN, H. O. **Readings in science education for the secondary school**. New York: Macmillan, 1969. p. 233–237.

PIAGET, J. **Psicologia e Pedagogia**. Biblioteca de mediações. Paris: Éditions Denöel, 1969.

RODRIGUES-MOURA, S. **Da world wide web às partículas elementares: sequência didática baseada no método DBR-TLS com vistas à alfabetização científica e técnica**. Dissertação (Mestrado em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas) - Programa de Pós-Graduação em Docência em Ensino de Ciências e Matemáticas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

SARAIVA-NEVES, M.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A.. Repensando o papel do trabalho experimental, na aprendizagem da física, em sala de aula – um estudo exploratório. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 383-401, 2006.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio**, Belo Horizonte, v. 17, n. especial, p. 49-67, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-2117201517s04>. Acesso em: 4 de jun. 2023.

SANTOS, E. D. dos. **A experimentação no ensino de ciências de 5ª a 8ª séries do ensino fundamental: tendências da pesquisa acadêmica entre 1972-1995**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

SOSTER, T. S. **Revelando as essências da Educação Maker:** percepções das teorias e das práticas. Tese (Doutorado em Educação) - Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação: Currículo, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2018.

TAVARES, M. F. C. **Desenvolvimento de uma sequência didática utilizando a robótica educacional e gamificação na física do bate estacas e elevador.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação (UNIFAL-MG), Alfenas, 2019.

ZARA, R. A., CASANOVA, S. S. Análise dos produtos educacionais provenientes do mestrado nacional profissional em ensino de Física. **Arquivos do Mudi**, Maringá, v. 24, n.3, p. 267-276, 2020.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.