

UM MAPEAMENTO DA PRODUÇÃO DE DISSERTAÇÕES SOBRE A TEORIA DA RELATIVIDADE NO ENSINO BÁSICO DO PAÍS: UM RECORTE DE 2000 A 2020

A MAPPING OF DISSERTATION PRODUCTION ON THE THEORY OF RELATIVITY IN BASIC EDUCATION IN THE COUNTRY: A 2000 TO 2020 OVERVIEW

JULIO CESAR CHIRICHELLA FELICIONI DE SOUZA

Secretaria de Educação do Estado de São Paulo (SEDUC-SP)

Resumo

Partindo-se do objetivo principal da pesquisa, que é a descrição, interpretação e avaliação da produção acadêmica em nível stricto sensu no Ensino de Relatividade do país através de uma abordagem de Estado do Conhecimento, buscou-se responder como estão as pesquisas em ensino de Relatividade, através da criação de grupos de descritores e análise de cada um deles, com representação dos índices através de figuras e tabelas. Um dos bancos de dados consultados foi o Banco de Teses e Dissertações - BDTD (MEC). As palavras de busca usadas para a pesquisa foram: Relatividade e Ensino. Quanto aos grupos de Descritores Base, pode-se destacar que o Mestrado Acadêmico tem o maior número de dissertações (72,0%, conforme o descritor Modalidade), e a região Sul apresenta o maior índice de produções (dez, conforme o descritor Local). Já quanto ao grupo de Descritores Pedagógicos, pode-se dizer que a Teoria da Relatividade Restrita é a teoria mais abordada (74,1%, conforme o descritor Teoria da Relatividade), os questionários são muito utilizados (74,1%, conforme o descritor Recursos Educacionais) e a Aprendizagem Significativa é o referencial teórico mais abordado (48,1%, conforme o descritor Referencial Teórico). A maioria das dissertações faz uso de documentos institucionais (88,9%, conforme o descritor Documentos Institucionais), mas de forma desatualizada. O foco maior das pesquisas é ensinar conceitos (59,3%, conforme o descritor Objetivos Formativos), porém com quase nenhum diálogo com fatores sociais, sociológicos e éticos. Este trabalho decorre da publicação de uma Dissertação que foi requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências pela Universidade Cruzeiro do Sul na data de 17 de dezembro de 2021, sob o título Um Estado do Conhecimento da Produção de Teses e Dissertações Sobre a Teoria da Relatividade na Educação Básica do Brasil Entre 2000 e 2020.

Palavras-chave: Relatividade. Educação Básica. Ensino de Física.

Abstract

Starting from the main objective of the research, which is the description, interpretation, and evaluation of academic production at a stricto sensu level in the Teaching of Relativity in the country through a "State of Knowledge" approach, we sought to answer how the research is in the teaching of Relativity, through the creation of groups of descriptors and analysis of each one of them, with representation of the indexes through figures and tables. One of the databases consulted was the Bank of Theses and Dissertations - BDTD (MEC). The search words used for the research were: Relativity and Teaching. As for the group of Base Descriptors, we can highlight those that the Academic Masters has the highest number of dissertations (72.0%, according to the Modality descriptor), and the South region has the highest production rate (Ten, according to the Local descriptor). As for the group of Pedagogical Descriptors, it can be said that the Theory of Restricted Relativity is the most discussed theory (74.1%, according to the Theory of Relativity descriptor), questionnaires are widely used (74.1%, according to the descriptor Educational Resources), and Meaningful Learning is the most discussed theoretical framework (48.1%, according to the Theoretical Framework descriptor). Most dissertations use institutional documents (88.9%, according to the Institutional Documents descriptor) but in an outdated way. The main focus of research is to teach concepts (59.3%, according to the Formative Objectives descriptor) but with almost no dialogue with social, sociological, and ethical factors. This work stems from the publication of a Dissertation that was a partial requirement for obtaining the title of Master in Science Teaching by the Cruzeiro do Sul University on December 17, 2021, under the title "A State of Knowledge of the Production of Theses and Dissertations on The Theory of Relativity in Basic Education in Brazil Between 2000 and 2020."

Keywords: Relativity. Basic education. Physics education.

I. INTRODUÇÃO

O ensino de Ciências no Brasil sempre foi alvo de críticas quanto à metodologia empregada pelos professores em todos os níveis (Valente e Kawamura, 2017). Conta também com grande preocupação por parte dos pesquisadores e docentes nas áreas científicas que apontam para a necessidade de melhora constante, aproximação com o dia a dia dos estudantes, uso das tecnologias disponíveis para atividades de ensino e sem esquecer da cobrança imposta pelos governos e mantenedores (Fernandes, 2015), que são traduzidas por índices de qualidade de ensino e metas institucionais, que buscam avaliar o trabalho docente por meio de um número atribuído ao fim de mais um ano letivo.

Um levantamento histórico sobre a incorporação do ensino de Relatividade na educação básica no Brasil revela que, apesar do impacto histórico e tecnológico das Teorias da Relatividade, bem como da curiosidade e da consequente vontade dos alunos de compreender os fascinantes e intrigantes fenômenos a elas relacionados, o ensino de tópicos de relatividade ainda não faz parte do currículo de física de grande parte dos países do mundo. No entanto, estudos têm apontado para a necessidade de inserção desses conteúdos nos currículos do ensino básico (Feitosa *et al*, 2023).

Outro ponto de atenção é que apenas recentemente o tema foi elencado nas ementas dos principais vestibulares do país (Feitosa *et al*, 2023), e no ENEM ainda não foi abordado, o que certamente contribuiu para o baixo quantitativo da produção científica de teses e dissertações considerando o escopo deste trabalho.

Este panorama ilustra as dificuldades presentes no sistema educacional brasileiro, sendo que suas virtudes e falhas são bem conhecidas de quem tem a vivência docente (Fernandes, 2015). Assumindo a posição de educadores enquanto agentes de transformação social, faz-se necessário identificar e analisar os caminhos e direcionamentos das pesquisas empreendidas nas Instituições de Ensino Superior.

Assim, apresenta-se neste estudo um levantamento de como e onde os docentes-pesquisadores estão produzindo conhecimento na área de Física Moderna e Contemporânea (FMC), mais especificamente quanto ao tópico Teoria da Relatividade, tendo por base a seguinte pergunta norteadora: Quais são as características das pesquisas relacionadas ao Ensino da Teoria da Relatividade no Brasil entre 2000 e 2020?. Para isto, foi adotada a abordagem do tipo Estado do Conhecimento, sendo realizada uma pesquisa de descrição, interpretação e avaliação da produção acadêmica em nível *stricto sensu* no Ensino de Relatividade do país, no período de 2000 a 2020.

A estrutura geral deste estudo pode ser delineada da seguinte forma: Analisar a importância do Ensino da Teoria da Relatividade na Educação Básica, e contextualizar via legislação educacional a abordagem do tema; Detalhar a metodologia, os instrumentos e o corpo de pesquisa, assim como o escopo; Apresentar os resultados desse Estado do Conhecimento, com figuras, dados estatísticos e algumas conclusões e ao final apresentar considerações sobre os resultados alcançados, retomando os objetivos principais.

II. A IMPORTÂNCIA DE ENSINAR A TEORIA DA RELATIVIDADE NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Nos últimos anos vem sendo investigados os problemas de se inserir de forma efetiva no programa de Física da Educação Básica (EB) os conteúdos da chamada Física Moderna e Contemporânea (FMC). Além dessa inserção, há clara preocupação dos pesquisadores e professores de que este conteúdo seja tratado de forma clara, objetiva e adequada às metas estabelecidas pelos documentos curriculares nacionais (Valente e Kawamura, 2017).

Ainda sobre essa inserção, pode-se dizer que seria um movimento de aproximar os estudantes da EB dos caminhos de pesquisa da atualidade, pois assim os mesmos teriam contato com tópicos relevantes da FMC, o que complementa a formação científica nesta etapa inicial. Deve-se ter o cuidado de não restringir essa ação a somente acrescentar mais conteúdo no currículo sem direcionamento ou sentido algum, é preciso contextualizar a FMC com o desenvolvimento tecnológico atual, sem esquecer da História da Ciência e de fatores sociológicos que fazem parte de descobertas da Física.

É amplo o leque de temáticas que podem ser utilizadas no ensino de FMC como, por exemplo: Tópicos Ambientais e sua relação com a Física, o conceito de energia após a gênese da Relatividade, a dualidade onda partícula, etc. Desde o fim do século XIX até os dias de hoje a Física passou pela maior revisão conceitual da sua história, o que levou os

historiadores da Ciência a separar a Física Clássica (FC) da FMC (Gaspar, 2008).

A FMC nasce de problemas de fronteira da FC que foram resolvidos mediante uma grande revisão dos conceitos básicos da Física como espaço, tempo, matéria e energia (Gaspar, 2008). A Teoria da Relatividade é uma dessas respostas para os problemas da FC que cresceu, tomou forma e se tornou um dos pilares da Ciência atual. Para fundamentar a importância do ensino da Teoria da Relatividade na Educação Básica temos que olhar para os documentos institucionais, que tratam do currículo da Educação Básica e estabelecem metas e parâmetros para o Ensino de Física. Recentemente, se pode observar que o Ensino de Relatividade utiliza diversas metodologias e cenários distintos (Januário e Massoni, 2023), sendo estas articuladas com a Arte, a Cosmologia, a Filosofia da Ciência, etc.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais de Ensino Médio (PCNEM) (BRASIL, 1999) de 1999 trazem as habilidades e competências que os estudantes precisarão adquirir, de acordo com o mesmo, durante a realização desta que é a última etapa da Educação Básica, o que deriva do entendimento da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB/1996) (BRASIL, 1996). De acordo com os PCNEM, são abordados os objetivos do EM, que devem corresponder às necessidades da vida contemporânea, e o desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos, que correspondam a uma cultura geral e uma visão de mundo (BRASIL, 1999, p.6). Ou seja, ao tratar a FMC podemos promover a contextualização de assuntos e temas de fronteira da Física, noticiados amplamente pela mídia e trazê-los para sala de aula.

Tratando diretamente da Teoria da Relatividade podemos ver nos PCNEM a importância que é dada a esse conteúdo e à FMC em geral: A possibilidade de um efetivo aprendizado de Cosmologia depende do desenvolvimento da teoria da gravitação, assim como de noções sobre a constituição elementar da matéria e energética estelar. Essas e outras necessárias atualizações dos conteúdos apontam para uma ênfase à Física Contemporânea ao longo de todo o curso, em cada tópico, como um desdobramento de outros conhecimentos e não necessariamente como um tópico a mais no fim do curso. Seria interessante que o estudo da Física no Ensino Médio fosse finalizado com uma discussão de temas que permitissem sínteses abrangentes dos conteúdos trabalhados. Haveria, assim, também, espaço para que fossem sistematizadas ideias gerais sobre o universo, buscando-se uma visão cosmológica atualizada. (BRASIL, 1999, p. 26).

As Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNEM+) (BRASIL, 2002) indicam que com a publicação dos PCNEM, o objetivo do componente curricular de Física para a Educação Básica se modificou muito, pois agora envolve a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar da sociedade (BRASIL, 2002, p. 58). Assim, podemos enxergar a Física como meio para tornar o estudante um cidadão consciente e responsável, que possa participar de forma ativa da sociedade em que vive e construir ativamente também o seu conhecimento (Valente e Kawamura, 2017).

Já para as Diretrizes Nacionais Curriculares do Ensino Médio (DNCM) (BRASIL, 2013), o Ensino Médio deve proporcionar a produção coletiva de novos conhecimentos (BRASIL, 2013, p. 145) e o acesso a conhecimentos que permitam a compreensão das diferentes formas de explicar o mundo, seus fenômenos naturais, sua organização social e seus processos produtivos (BRASIL, 2013, p. 147). Ou seja, nesta fase da Educação Básica, de acordo com o DCNEM, deve-se consolidar todo conhecimento acumulado nas etapas anteriores e se

desdobrar novas perspectivas que possam ajudar o estudante a fazer escolhas socialmente relevantes (BRASIL, 2013).

Atualmente a Educação Básica está em um momento de transição com a implementação da Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018), em toda rede da Educação Básica. Este novo documento traz as questões de Competências Específicas para cada ciclo da EB e as habilidades que devem ser adquiridas pelos estudantes.

No EM, a BNCC na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias tem como uma das Competências Específicas: Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis (BRASIL, 2018, p.558).

Aqui é clara a preocupação do documento com os processos de origem e evolução do Universo, onde os alunos terão contato com as questões cosmológicas, onde a TRR e a TRG tem papel fundamental na compreensão atual de tais fenômenos. Em suma, a Teoria da Relatividade, como peça fundamental da FMC, deve fazer parte, de acordo com os atuais documentos curriculares nacionais, do currículo de Física e ser abordada em sala de aula, para que o estudante tenha uma visão atual e concreta dos avanços científicos e possa se posicionar em meio às notícias que são veiculadas, sobre processos que participe e acima disso, atuar de forma cidadã e democrática na sociedade em que vivemos.

No ensino e divulgação da Teoria da Relatividade, existe muita confusão conceitual feita pela mídia e até por veículos especializados e cientistas inclusive (Nunes e Queirós, 2020). Além de mal entendidos científicos acontecem mal entendidos históricos, onde pseudo-histórias, anedotas e a criação de mitos prejudicam a compreensão desta teoria e mascaram a Ciência da sua realidade como construção coletiva e social, além de ser um fenômeno histórico (Martins, 2015).

Por exemplo, dizer que Albert Einstein (1879-1955) estava certo quando da comprovação da existência de buracos negros, ou dizer que ele foi o único responsável pela criação da Teoria da Relatividade é fazer mal uso da FMC e contribuir para a manutenção da imagem da Ciência como acabada, dependente de gênios isolados e exclusivamente positivista na sua construção como meio de saber humano (Nunes e Queirós, 2020).

É conhecido por historiadores da Física que Einstein foi o principal objetor do programa de buracos negros nas décadas de 1930-1940, e que juntamente com Julius Robert Oppenheimer (1904-1967) buscou uma forma de provar matematicamente que os mesmos não podiam ocorrer na Natureza (Nunes e Queirós, 2020). Foi somente após sua morte, nos anos 1960 que a pesquisa básica em buracos negros ocorreu de forma mais intensa, com a criação dos Teoremas de Singularidade, por Roger Penrose (1931) (Wiltshire, Visser e Scott, 2009).

Einstein pode ser considerado a figura principal da Teoria da Relatividade, pelo fato de que através da Teoria da Relatividade Restrita (TRR), que faz uma extensão dos conceitos de espaço, tempo, matéria e energia em fenômenos eletrodinâmicos de alta velocidade, ele resolveu a chave do problema que era descartar o éter luminífero, e criou dois postulados, que deram origem a interpretação correta das Transformações de Lorentz e por sua vez estabeleceu a covariância do Eletromagnetismo sob as mesmas (Martins, 2015).

Já na Teoria da Relatividade Geral (TRG) em que a interação gravitacional é descrita como função das propriedades geométricas do espaço (Gaspar, 2008) seu feito foi ainda maior,

pois a partir do Princípio de Equivalência, derivou-se uma equação de campo relativística, a partir do Cálculo Tensorial, onde a covariância em um sistema acelerado de referência é geral (Martins, 2015).

Mas por outro lado, em ambas as teorias se constata que diversos pesquisadores tiveram papel de destaque e desenvolveram passos essenciais, ferramentas matemáticas e interpretações em colaboração ou independentemente de Einstein, por exemplo, na TRR tem destaque as figuras de Hermann Minkowski (1864-1909), Henri Poincaré (1854-1912) e Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928) e na TRG tem-se Georg Friedrich Bernhard Riemann (1826-1866), Carl Friedrich Gauss (1777-1855), Gregorio Ricci-Curbastro (1853-1925), Tullio Levi-Civita (1873-1941), Luigi Bianchi (1856-1928) e Elwin Bruno Christoffel (1829-1900) e David Hilbert (1862-1943) (WHITTAKER, 1953; KESWANI, 1966; MEHRA, 1974; MARTINS, 1989, 2005, 2015).

Assim, sem diminuir os feitos de Einstein, sugere-se ensinar a Relatividade de forma imparcial e científica, sem priorizar nenhum feito sobre outros, contextualizando e pesquisando as contribuições de forma ampla, pois a Física está em constante evolução. Em outras palavras, no Ensino de Relatividade se poderia mencionar os diversos cientistas que fizeram parte de seu desenvolvimento, sendo este procedimento essencial para desfazer mitos, construir uma visão da Ciência como fenômeno colaborativo, sociológico, político e, sobretudo complexo (Nunes e Queirós, 2020).

III. A METODOLOGIA DA PESQUISA

Esta pesquisa se enquadra no tipo Estado do Conhecimento e teve como seu objetivo principal investigar a produção de teses e dissertações envolvendo o Ensino de Relatividade na Educação Básica do país, no período de 2000 a 2020. A justificativa da escolha deste período específico de 20 anos (2000-2020) é o fato do mesmo contar com a maior produção de pesquisas no país na área de FMC (Salem, 2012; Valente e Kawamura, 2017) o que, teoricamente, pode aumentar a ocorrência de pesquisas em Relatividade. Neste contexto é relevante um estudo do tipo Estado do Conhecimento, mensurando o conhecimento da produção em Ensino de Relatividade. De acordo com Romanowski e Ens (2006, p. 39), estudos sobre o Estado do Conhecimento:

...podem significar uma contribuição importante na constituição do campo teórico de uma área de conhecimento, pois procuram identificar os aportes significativos da construção da teoria e prática pedagógica, apontar as restrições sobre o campo em que se move a pesquisa, as suas lacunas de disseminação, identificar experiências inovadoras investigadas que apontem alternativas de solução para os problemas da prática e reconhecer as contribuições da pesquisa na construção de propostas na área focalizada.

Da mesma forma, Teixeira (2008) ressalta a necessidade de avaliarmos periodicamente as pesquisas, pois o simples crescimento quantitativo de pesquisas em determinada área não

demonstra um significativo avanço, ou seja, o aumento quantitativo não significa melhora qualitativa. Neste aspecto, pesquisas que visam analisar essa produção pode contribuir para a compreensão dos avanços na produção científica em determinada área, subárea ou tema de interesse.

Portanto, esta pesquisa se configura como uma pesquisa do tipo Estado do Conhecimento, que consiste em um estudo de descrição, interpretação e avaliação da produção acadêmica no Ensino de Relatividade do país, e pode contribuir para conhecer o percurso histórico das pesquisas de uma área ou um tema a ser consolidado (ROMANOWSKI; ENS, 2006, p.4), além de poder nortear os futuros pesquisadores para cobrirem aspectos não tratados ou não aprofundados no corpo documental aqui escolhido.

Os bancos de dados usados foram: Banco de Teses e Dissertações - BDTD (MEC), Centro de Documentação - CEDOC (UNICAMP), Catálogo de Teses e Dissertações (CAPES), Portal Domínio Público e Repositório Institucional (UFJF), Banco de Teses e dissertações sobre Educação em Astronomia - BTDEA (UFSCar). As palavras de busca usadas para a pesquisa foram: Relatividade, Ensino.

No banco de dados BDTD foram encontradas na busca 29 dissertações e nenhuma tese. Das 29, oito tinham como foco o Ensino Superior e outra estava indisponível para consulta no banco de dados, o que totalizou 20 dissertações escolhidas neste banco para os fins desta pesquisa. No Catálogo de Teses e Dissertações foram encontrados dez resultados, dos quais quatro estavam contidos na pesquisa anterior, inteirando seis dissertações escolhidas neste banco. No Portal Domínio Público não foram encontradas dissertações ou teses sobre o tema, e no Repositório Institucional foi encontrada somente uma dissertação. Os resultados dos demais bancos de dados não foram utilizados pois tinham dados idênticos aos de outros bancos de dados. Assim, no total dispõe-se de 27 dissertações e nenhuma tese.

Após identificar, selecionar e organizar todos os documentos institucionais, em seus dados gerais, é preciso então ler e filtrar os textos completos das obras e realizar as classificações em relação ao conjunto de descritores constituídos neste estudo. Na organização desses dados, são utilizadas planilhas que permitem que os dados sejam compilados, cruzados e melhor visualizados, simplificando assim o trabalho de análise.

O objetivo desta etapa é classificar os documentos de acordo com seus descritores e utilizar as técnicas de análise de conteúdo estabelecidas (Megid Neto e Carvalho, 2018). Mais especificamente, Megid Neto e Carvalho (2018, p.12) salientam que:

Os descritores são estabelecidos com base em trabalhos similares anteriores, em referencial teórico assumido pelo pesquisador ou grupo de pesquisa, e nos seus interesses de pesquisas particulares. Uma leitura flutuante de pequena parcela dos documentos contribui para a reconfiguração dos descritores, permitindo que alguns deles sejam eliminados, outros sejam configurados em complemento, ou, ainda, podem ocorrer fusões ou modificações de descritores prévios, além de refinamentos dos descritivos de cada descritor. Enfim, a configuração do conjunto de descritores sofre um processo de delineamento misto (configuração prévia e configuração a posteriori).

Neste momento foi necessário definir os grupos de descritores que guiaram todo o estudo

das dissertações encontradas. Decidiu-se definir os descritores como dois grupos distintos, Descritores Base e Descritores Pedagógicos. Os primeiros mapearam os dados mais gerais sobre a produção científica e o outro grupo, como já indica o nome, buscou identificar como os professores trabalhavam em sala de aula. A seguir é fornecido o detalhamento de cada um deles.

Os Descritores Base escolhidos nesta pesquisa foram:

- Ano: O ano de defesa da dissertação; - Título: O título da dissertação;
- Autor: Nome do(a) autor(a) da dissertação;
- Local: Região do país em que se deu a defesa;
- Instituição: Instituição onde se deu a defesa e
- Modalidade: Neste caso, como não foi encontrada nenhuma tese, tem-se somente o Mestrado Acadêmico ou o Mestrado Profissional.

Para os Descritores Pedagógicos, foram consideradas a necessidade e as particularidades desta pesquisa, sendo definidos como:

- Série Escolar: Em qual série da EB foram desenvolvidas as pesquisas; - Teoria da Relatividade: Qual Teoria da Relatividade foi abordada na intervenção;
- Tópicos Tratados: Quais tópicos da Teoria da Relatividade o(a) autor(a) trabalhou com os alunos;
- Métodos de Ensino: Quais metodologias de aplicação o/a educador(a) usou na sua intervenção;
- Recursos Educacionais: Quais ferramentas o/a educador(a) usou na sua intervenção;
- Referencial Teórico: Quais os principais referenciais que orientaram as práticas pedagógicas em sala de aula;
- Documentos Institucionais: Quais documentos institucionais nacionais as pesquisas contemplaram;
- Objetivos Formativos: Quais os objetivos formativos presentes nas pesquisas.

Escolhidos os descritores, separaram-se em tabelas e planilhas eletrônicas as dissertações escolhidas e classificadas de acordo com os mesmos. Com isso, é possível perceber e organizar os dados de forma clara, além de podermos estabelecer relações com o uso de tabelas de frequência e gráficos de tendências, onde os dados apontam o caminho que os(as) pesquisadores(as) escolheram nesses 20 anos de pesquisa. Desta forma, pode-se analisar os dados mais rapidamente e observar como estão as pesquisas em Ensino de Relatividade no Brasil no período investigado.

Com os pontos metodológicos alinhados e escolhidos, os descritores definidos e adaptados para este estudo do tipo Estado do Conhecimento, tem-se a possibilidade de agrupar os dados e classificá-los com Figuras, tabelas e indicadores quantitativos de forma a tornar mais fácil e direta a percepção dos mesmos e, assim, emitir juízo sobre a produção analisada envolvendo pesquisas em Ensino de Física no Brasil nas Instituições de Ensino Superior na área de FMC, mais especificamente no Ensino de Relatividade. Para facilitar a identificação das dissertações e sua correlação ao longo do trabalho, usa-se a tabela de correspondências e fonte documental (Tabela 1). No próximo capítulo, serão apresentados os dados encontrados nesta pesquisa.

Número	Sobrenome do(a) Autor(a)	Ano da Defesa	Banco de Dados de Origem
1	ALVES JUNIOR	2016	Banco da CAPES
2	BAPTISTA	2017	Repositório UFJF
3	BORGES	2005	BDTD
4	CAMÊLO	2014	BDTD
5	CAPELARI	2016	BDTD
6	CASTILHO	2005	BDTD
7	CHITOLINA	2017	Banco da CAPES
8	DE LIMA	2018	BDTD
9	SANTOS	2018	Banco da CAPES
10	FREIRE	2015	Banco da CAPES
11	FUCHS	2016	BDTD
12	GOMES a	2011	BDTD
13	GOMES b	2015	Banco da CAPES
14	JUNIOR	2014	BDTD
15	KARAM	2005	BDTD
16	KOHNLEIN	2003	BDTD
17	LIMA	2019	BDTD
18	NEVES	2014	BDTD
19	OLIVEIRA	2013	BDTD
20	RIBOLDI	2015	BDTD
21	RODRIGUES	2001	BDTD
22	ROSA	2020	BDTD
23	SÀ	2015	BDTD
24	SILVA JUNIOR	2016	Banco da CAPES
25	TIMBONI	2016	BDTD
26	WOLFF	2005	BDTD
27	ZAGO	2018	BDTD

Tabela 1: Correspondência entre número da dissertação, autor e fonte documental

IV. O ESTADO DO CONHECIMENTO DO ENSINO DE RELATIVIDADE NO BRASIL

Neste capítulo apresentam-se as tendências da produção encontradas nos bancos de dados anteriormente citados e uma análise de cada um deles. Primeiramente, serão analisados os Descritores Base, logo após os Descritores Pedagógicos, e por fim o alcance das pesquisas para além da dissertação elaborada pelos pesquisadores.

Na Figura 1 abaixo é apresentado o descritor Ano que descreve os anos de defesa permitindo, assim, visualizar a quantidade de produção por ano de defesa:

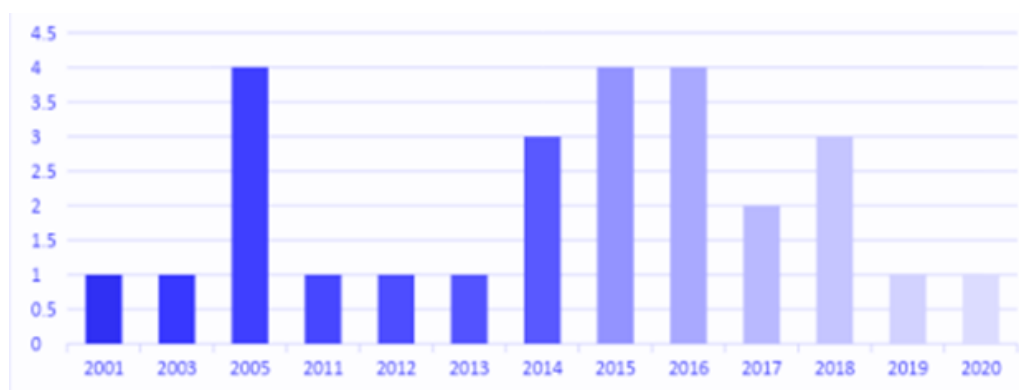


Figura 1: Índice de produção das dissertações por ano de defesa.

Após alta em 2005, a Figura indica um ligeiro decréscimo, seguindo para uma produção constante e unitária até 2013. Em 2014, a produção volta a aumentar e alcança o índice de três dissertações por ano, antes de oscilar entre 2016 e 2018 e voltar para o valor de uma dissertação por ano a partir de 2019. Os anos de maior produção (2005, 2015 e 2016) somam 44,4% da produção total considerada.

Pode-se notar que o segundo decênio tem uma produção muito mais relevante que o primeiro. Pode-se considerar que no início da década de 2010 estavam se consolidando os novos programas de pós-graduação no Brasil, onde houve notável crescimento de publicações de documentos institucionais e a expansão da formação docente com os novos programas de Ensino de Ciências e Matemática criados pela CAPES (Fernandes, 2015). Ou seja, com a criação da área de Ensino de Ciências e Matemática no início dos anos 2010 ocorreu maior produção de dissertações em Ensino de Física, e consequentemente em Ensino de Relatividade.



Figura 2: Distribuição por modalidade de mestrado.

O próximo descritor é Modalidade, e descreve o quantitativo de acordo com a modalidade dos mestrados que produziram dissertações sobre o Ensino de Relatividade. Tem-se acima a Figura 2, discriminando esta distribuição de acordo com o percentual:

No que se refere à modalidade dos cursos de pós-graduação oferecidos no país atualmente tem-se o Mestrado Acadêmico e o Mestrado Profissional. O Mestrado Profissional tem uma especificidade que é a produção de um produto educacional, que é um tipo de manual de aplicação da proposta criada pelo pesquisador. Criado no ano 2000, o Mestrado Profissional tem se mostrado um importante meio de aproximar as pesquisas teóricas da academia para a sala de aula.

Em 2013 foi iniciado o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) o que pode ter impulsionado a produção média (defesas), que devem ter ocorrido entre 2015-2016, em que se deu o período de obtenção do título pelos professores, conforme a Figura 3.

Mesmo assim, é possível observar que para o Ensino de Relatividade no Brasil, a maioria da produção dá-se nos programas de Mestrado Acadêmico, com o total de 19 dissertações defendidas contra oito do Mestrado Profissional, ou seja, a produção sobre o Ensino de Relatividade não conta com muitos produtos educacionais desde a criação da modalidade no ano 2000. A seguir apresenta-se o descritor Instituição, que discrimina as instituições em que se deram as defesas das dissertações encontradas na pesquisa, sendo os dados mostrados na Figura 3:

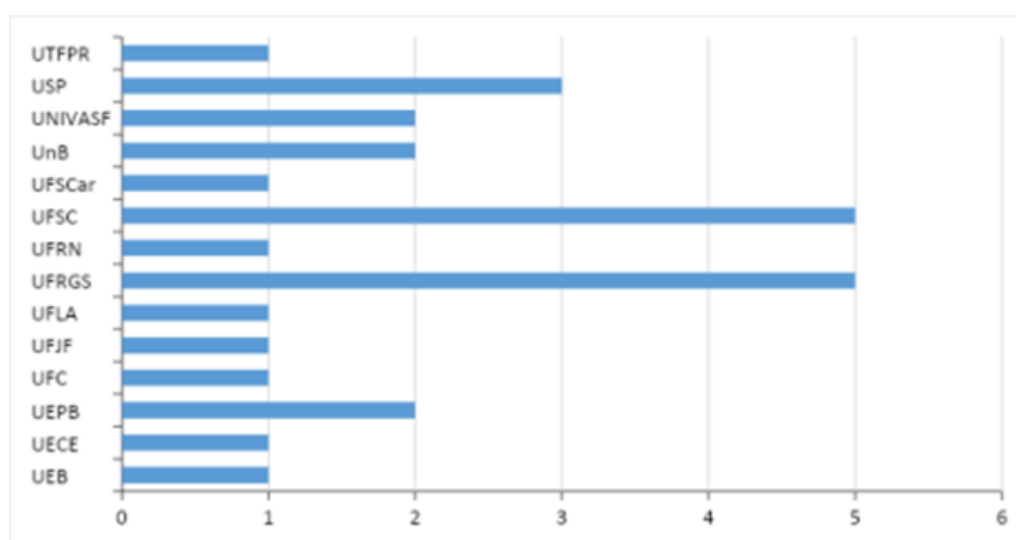


Figura 3: Produção por instituição de origem.

Pode-se notar que a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) são as instituições que mais produziram sobre o Ensino de Relatividade no país, com o percentual acumulado de 37,0% do total de dissertações sobre o tema. Logo a seguir vêm a Universidade de São Paulo (USP) com cinco dissertações (11,1% do total). Depois tem-se a Universidade de Brasília (UnB), a Universidade Estadual de Pernambuco (UEPB) e a Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) com 7,4% cada uma, e 22,2% acumuladas.

Pode-se conjecturar que a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) se destaca por ter sido a pioneira no campo de Ensino de Física, na modalidade *stricto sensu* do país, pois a UFRGS implantou a linha de pesquisa de Ensino de Física para seu mestrado em 1971. Já a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) teve seu Mestrado Profissional em Ensino de Física criado em 2014, inserido no MNPEF, mas mesmo assim tem grande expressão na produção sobre o Ensino de Relatividade.

Novamente, deve-se salientar o peso que as instituições citadas anteriormente têm no aspecto de quantidade de produções sobre algum tema, assim como a presença de professores responsáveis pela orientação nessas Instituições de Ensino Superior que têm como principal meta de pesquisa a inserção de conteúdos de FMC na EB como, por exemplo, os professores Marco Antônio Moreira e Maurício Pietrocola, só para citar alguns.

Já sobre as localidades e as instituições que mais produzem sobre o Ensino de Relatividade, tem-se o descritor Local, podendo-se considerar como mais expressivas as contribuições das regiões Sul e Sudeste do país, responsáveis respectivamente por 40,7% e 29,6% da produção total no período deste levantamento, conforme os dados presentes na Figura 4:

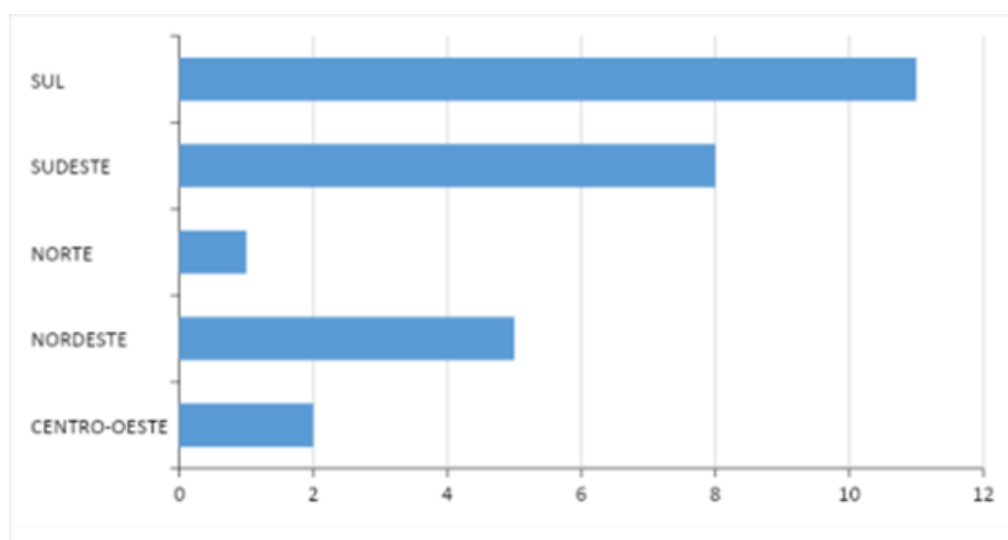


Figura 4: *Produção por região do país.*

Pode-se observar o destaque das regiões Sul e Sudeste referente à produção, com um total de 19 dissertações sobre o Ensino de Relatividade, o que representa 70,4% do total de produções sobre o tema no país, devendo-se provavelmente à concentração de programas *stricto sensu* nestas duas regiões do país. Na próxima seção serão colocadas em evidência as características e tendências pedagógicas das dissertações sobre o Ensino de Relatividade no país, através do grupo de descritores escolhido.

Passar-se-á agora a analisar as práticas pedagógicas desenvolvidas nas pesquisas que fazem parte desta investigação sobre o Ensino de Relatividade no país segundo os Descritores Pedagógicos. Primeiramente será trazido o descritor *Série Escolar*. Para apresentar os dados, optou-se por agrupar as séries por ocorrência de escolha de cada pesquisa e por ocorrência global no corpo da pesquisa como um todo. Ou seja, primeiro será colocada em evidência a forma como os mestrandos escolheram trabalhar com a Teoria da Relatividade nas séries

escolares por pesquisa, depois sem discriminar o tratamento de cada dissertação, será apresentada a incidência de cada uma das séries de forma separada. Na Figura 5 tem-se as séries trabalhadas discriminando o tratamento individual de cada pesquisa, e na Figura 6, sem separar o tipo de metodologia dos pesquisadores, tem-se os dados coletados de forma global, ou seja, somente o fator de ocorrência de cada série do EM. Na Figura 5, o 3º ano do Ensino Médio (EM) é a série mais escolhida, com 25,9% das dissertações (sete ocasiões) onde a Teoria da Relatividade foi trazida para o contato dos estudantes. O 1º ano vem em seguida, juntamente com a opção por abordar todas as séries do EM, com cinco trabalhos. Três foram os casos em que não foi abordada nenhuma série diretamente com uma intervenção em sala de aula, mas foram pesquisadas propostas de ensino somente de forma teórica.

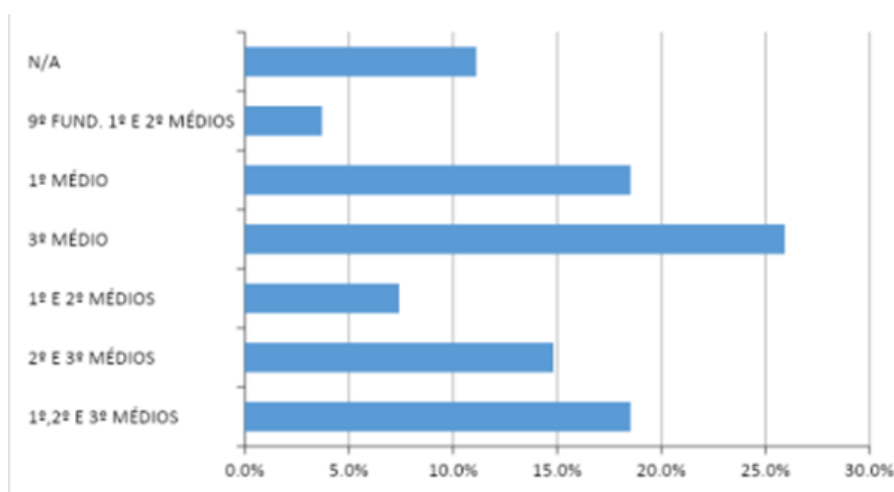


Figura 5: Escolha das séries abordadas por pesquisa.

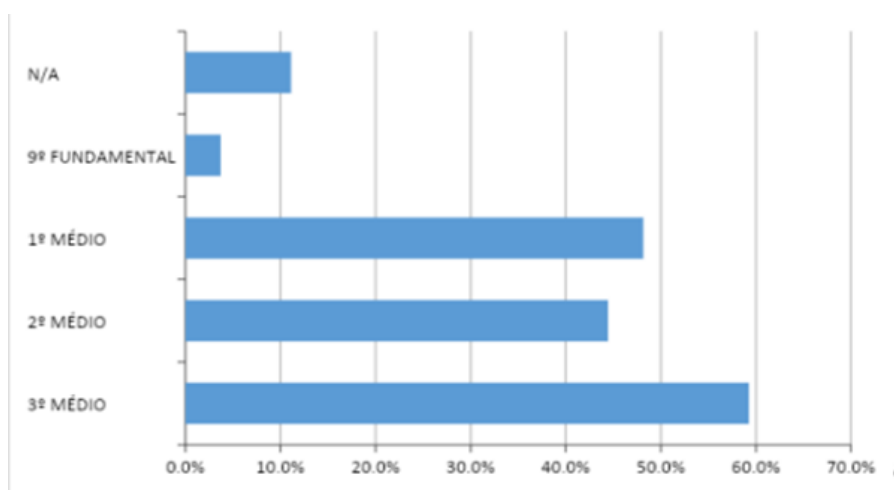


Figura 6: Escolha das séries abordadas por ocorrência global.

Já na Figura 6, acima, pode-se observar uma predominância do 3º ano do EM com relação às outras séries, com 59,3% ou 16 vezes, os mestrandos optaram por tratar a Teoria

da Relatividade com o ano final deste ciclo. Logo abaixo vêm o 1º ano com 48,1% (13 ocorrências) e o 2º ano com 44,4% (12 ocorrências). Um fato inusitado foi uma das pesquisas (nº 13) trabalhar também com o 9º ano do Ensino Fundamental (EF), pois a maioria dos livros e sequências didáticas só tratam da FMC no EM, geralmente em um capítulo apenas.

Em relação às pesquisas indicadas com N/A (Não se aplica), os pesquisadores não interviram diretamente em sala, mas pesquisaram e propuseram novas metodologias para o Ensino de Relatividade na EB, sendo estas a saber as dissertações nº 4, 12 e 18.

Sobre o descritor Séries Escolares investigadas pelos pesquisadores pode-se verificar que as escolhas das séries variam muito, assim como o foco das pesquisas. Alguns mestrandos resolveram trabalhar somente com uma série do Ensino Médio (nº s 1, 2, 3, 9, 11, 15, 16, 20, 23, 24, 25 e 26), enquanto outros escolheram mais de uma série (nº s 5, 6, 7, 8, 10, 13, 14, 17, 19, 21, 22 e 27). Já as dissertações nº 4, 12 e 18 realizaram pesquisas de cunho teórico somente, sem interação direta com a sala de aula, mas que se enquadram neste Estado do Conhecimento pois contribuíram para o Ensino de Relatividade no período. A seguir, passar-se-á para o descritor Teoria da Relatividade, no qual busca-se verificar qual das Teorias da Relatividade foi escolhida pelos pesquisadores, se o tratamento focou somente em uma das duas teorias de forma isolada, ou se trabalhou com ambas. Assim, tem-se a Figura 7 para explicitar os dados encontrados:

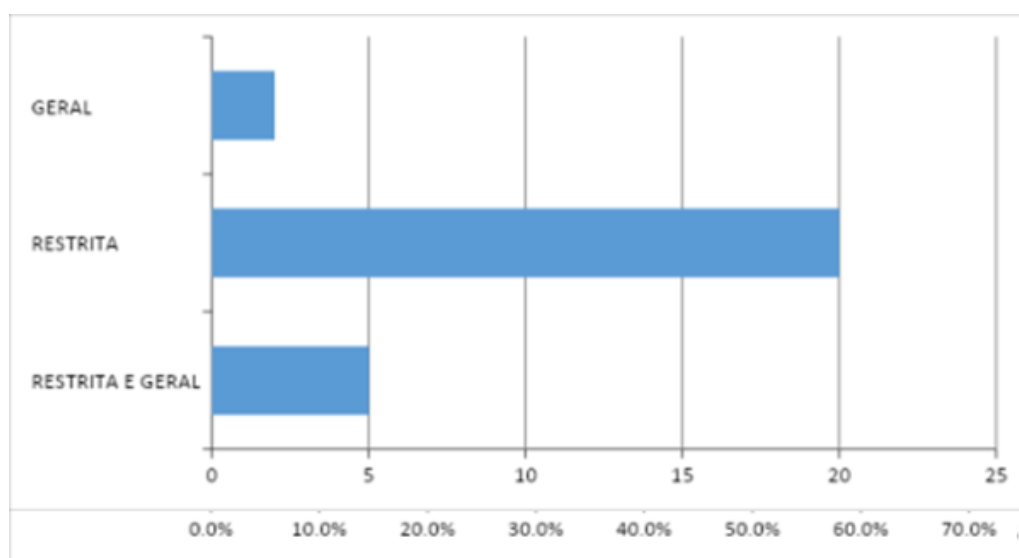


Figura 7: Escolha das Teorias da Relatividade nas dissertações.

Sobre o descritor Teoria da Relatividade, foi notória a escolha dos pesquisadores pela TRR, com 20 dissertações (nº s 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 24 e 26) correspondendo a 74,1% das ocorrências. Logo após, os mestrandos escolheram o tratamento conjunto das duas Teorias da Relatividade, com cinco ocorrências, percentualmente 18,5% (nº s 2, 10, 12, 17 e 27). Somente em duas das ocasiões, correspondendo a 7,4% (nº s 23 e 25), a TRG foi escolhida de forma exclusiva. Conjecturando-se sobre os dados apontados na Figura ??, pode-se especular que ainda existe muita resistência dos professores em abordar a TRG, seja em sala de aula ou como tema de pesquisa, justamente pela complexidade

matemática e mudança de paradigmas conceituais que a mesma provoca em quem estuda seus postulados e consequências físicas.

Entendendo essa conjectura para o fato da ausência de teses, pode-se concluir que a Teoria da Relatividade é um campo de pesquisas que necessita de mais interesse dos professores, profissionais da educação e pesquisadores. O campo de ensino sempre está aberto para novas possibilidades em relação aos processos de ensino e aprendizagem na educação básica (EB), assim como a criação de novas metodologias e aplicações da tecnologia em sala de aula. No próximo descritor, Tópicos Tratados, tem-se um panorama dos tópicos de Teoria da Relatividade que os autores das dissertações escolheram nesses últimos 20 anos para comporem as metodologias de suas pesquisas.

Com 26 aparições (96,3%), está a Simultaneidade Einsteiniana. Logo após vem a Dilatação Temporal com 22 ocorrências (81,5%) e em terceiro a Contração do Comprimento (77,8%), com 21 ocorrências. No tratamento da TRG para a EB, os tópicos escolhidos foram a Curvatura do Espaço-Tempo, com sete ocorrências (25,9%); a Cosmologia Relativística (14,8%) com quatro ocorrências e, por fim, o Princípio da Equivalência com duas ocorrências (7,4%). Um panorama geral é mostrado na Figura ??.

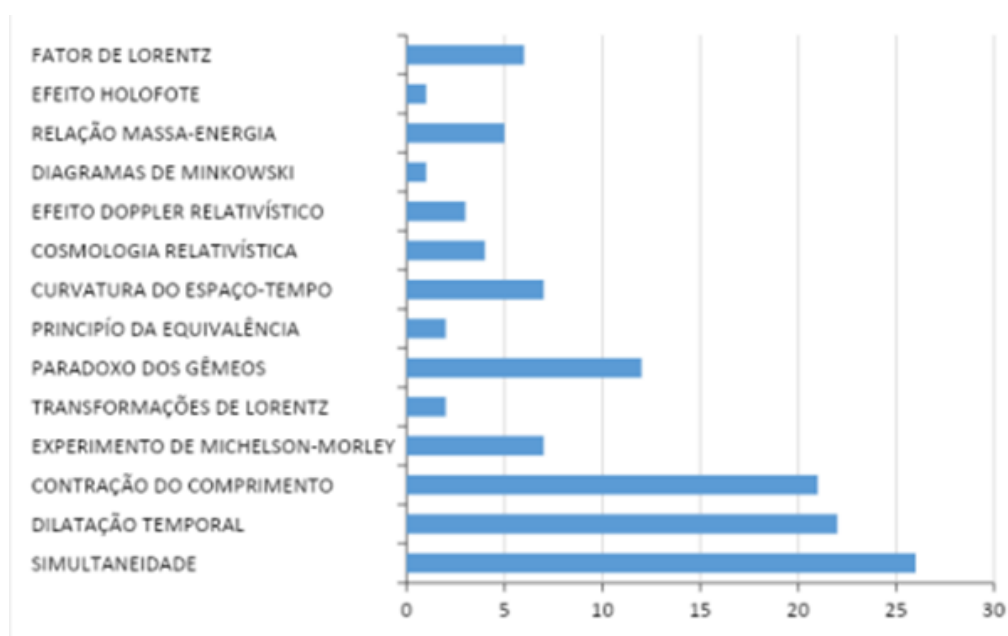


Figura 8: Escolha dos Tópicos Tratados nas dissertações.

Abordando-se o descritor Tópicos Tratados, pode-se perceber que os tópicos de Simultaneidade, Contração do Comprimento e Dilatação Temporal são tratados com a TRR, de forma a introduzir a Teoria da Relatividade e suas consequências. Curiosamente, a Relação Massa-Energia, reconhecida na cultura popular e moda na divulgação científica em geral, teve apenas cinco ocorrências, com 18,5% (n° s 6, 17, 22, 23 e 26). Vale observar também que alguns autores diferenciam o Fator de Lorentz (n° s 3, 4, 5, 6, 8 e 21) com 22,2%, das Transformações de Lorentz, com 7,4% (n° s 1 e 9), de forma a não discutir diretamente as transformações cinemáticas relativísticas, mas somente seus efeitos. Já outros autores decidiram abordar tópicos incomuns como os diagramas de Minkowski, com 3,7% (n° 11) e

o Efeito Holofote, com 3,7% (n° 20).

Pode-se aferir que o nível de sofisticação matemática necessário para tratar a TRR no EM é básico, onde podemos usar trigonometria do triângulo retângulo e álgebra elementar, enquanto que com a TRG isso não é possível, pois na sua formulação temos a presença da Análise Tensorial, o que não encontra paralelo nos currículos da EB. Por este motivo, possivelmente os pesquisadores optaram pela primeira opção e trataram a TRG conceitualmente na maioria dos casos (n° s 9 e 1, por exemplo). O descritor seguinte é Métodos de Ensino no qual se apontam as metodologias empregadas em sala de aula, ou seja, as práticas que visam o alcance dos objetivos previstos por cada pesquisador, sendo os resultados mostrados na Figura 9:



Figura 9: Escolha dos Métodos de Ensino nas dissertações.

Em 20 das 27 dissertações analisadas tem-se a presença de Resolução de Exercícios (74,1%). Em seguida há a Resolução de Questões Conceituais, com 17 ocorrências (63,0%) e a seguir Leitura e Discussão de Textos, com 15 ocorrências (55,6%). Quanto ao descritor Métodos de Ensino, os dados coletados e apresentados na Figura 12 revelam que o ensino tradicional de Física, com Resolução de Exercícios e Resolução de Questões Conceituais são as principais escolhas dos pesquisadores, reflexo talvez da formação docente da maioria dos mestrands, que prioriza este tipo de abordagem. É sensível também a falta de mais trabalhos em grupo sendo promovidos em sala de aula, pois neste Estado do Conhecimento, os mesmos foram responsáveis por apenas 7,4% (n° s 2 e 20) das ocorrências, e como sabemos a Física assim como toda Ciência é uma ação colaborativa, cabendo aos professores e pesquisadores promoverem atos deste tipo em sala de aula. O próximo descritor escolhido é Recursos Educacionais, que mapeia as ferramentas que o pesquisador escolheu para

implementar seus métodos de ensino. Uma visão global dos recursos mapeados por este descritor pode ser visualizada na Figura 10:

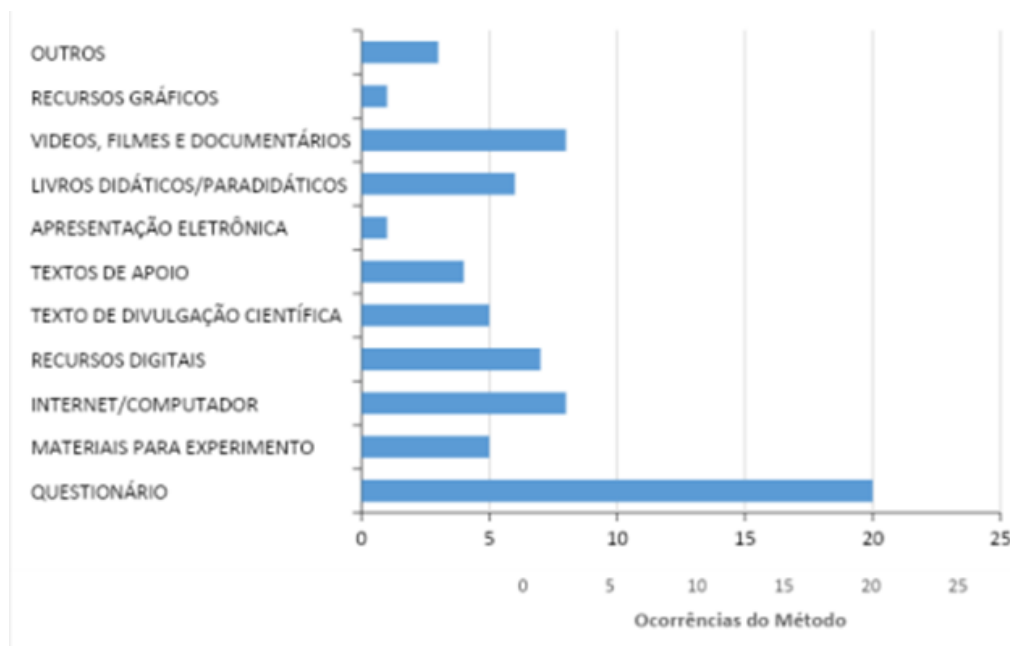


Figura 10: Escolha dos Recursos Educacionais nas dissertações.

Para este Estado do Conhecimento tem-se que os Questionários foram os mais frequentes, com 20 aparições (74,1%), onde todos estavam inseridos como um recurso de ensino-aprendizagem. Os principais Recursos Educacionais empregados nas pesquisas foram Internet/Computador e Vídeos, Filmes e Documentários empatados com oito ocorrências cada (29,6% cada um) e depois Recursos Digitais com sete ocorrências (25,9%). Sobre o descritor Recursos Educacionais, observa-se uma preferência pela resolução de questionários com 74,1%, embora também a internet e os recursos digitais estejam avolumando-se pouco a pouco, sendo a escolha de Internet/Computador e Recursos Digitais presentes em 55,6% das dissertações. Novamente observa-se a predominância do ensino tradicional neste descritor, assim como no anterior, o que reforça a noção do Ensino de Física estar de alguma forma engessada por práticas docentes tradicionalistas, o que contrasta com o tema de pesquisa, pois se o pesquisador pretende trazer para sala de aula um tema inédito ou pouco tratado no currículo, por que utilizar dos mesmos métodos e fórmulas já testadas anteriormente a exaustão? O último descritor dessa etapa é o de Referencial Teórico, que mapeia os referenciais teóricos que orientaram as práticas pedagógicas em sala de aula, sendo os dados mostrados na Figura 11, abaixo.

Nota-se grande proeminência da Aprendizagem Significativa (48,1%), o que também já foi apontado por estudos anteriores em relação ao ensino de FMC (Valente e Kawamura, 2017). Não se considera saudável para a área contar praticamente com o uso de um referencial teórico em demasia em relação aos demais. Pouquíssimas pesquisas (n° 7, 12, 16 e 27) se utilizam de teorias humanistas, representando apenas 14,8% do total. Ou seja, as pesquisas não acompanharam o desenvolvimento das teorias educacionais mais recentes, preferindo pautarem-se em referenciais que não se encontram plenamente alinhados com as

demandas contemporâneas e com os documentos oficiais atuais, com destaque para a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018).

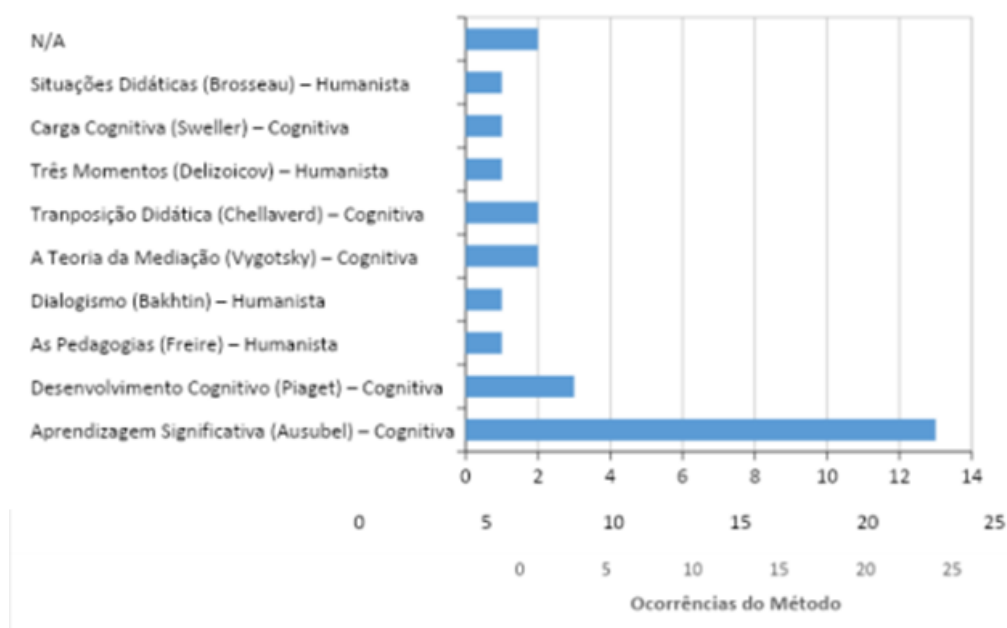


Figura 11: Escolha dos Referenciais Teóricos nas dissertações.

O próximo descritor refere-se aos Documentos Institucionais, que busca mapear se os pesquisadores contemplaram os documentos institucionais vigentes no país em suas pesquisas, o que pode ser visto na Figura 12:

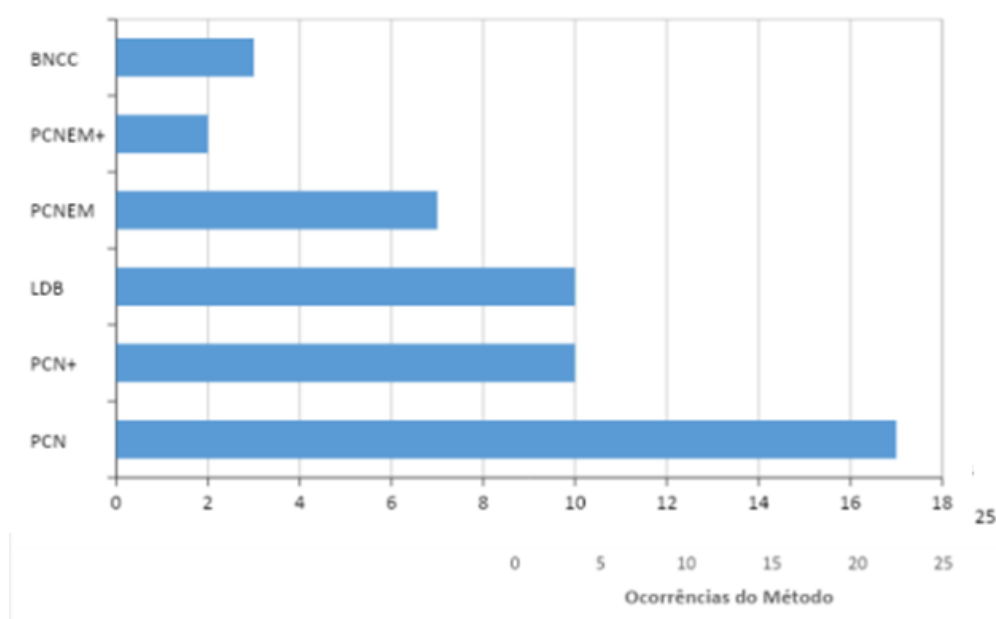


Figura 12: Escolha dos Referenciais Teóricos nas dissertações.

Percebe-se grande presença dos PCN (63,0%), vindo logo a seguir os PCN + e LDB empatados (37,0% cada). Agora tem-se o último descritor pedagógico, que preocupa-se com os Objetivos Formativos. Ele busca mapear quais objetivos o pesquisador buscou na sua pesquisa quanto à formação dos alunos. De acordo com Strieder e Watanabe (2018, p. 822): A dimensão dos objetivos formativos abarca os propósitos educacionais defendidos e almejados no âmbito das propostas, associando-se a distintas perspectivas educacionais. Ou seja, é o objetivo formativo que vai emoldurar e dirigir o trabalho do pesquisador, juntamente ao seu referencial teórico educacional. Desta forma, ainda segundo Strieder e Watanabe (2018) existem três perspectivas distintas de objetivos formativos, mas que podem ser articuladas na proposta de quem as aplica: I) Aprender Ciências e/ou sobre Ciências; II) Desenvolver atitudes científicas e III) Compreender e participar do mundo contemporâneo. Para avaliar os objetivos formativos de cada pesquisador, comparou-se o resumo e a introdução de cada dissertação com a metodologia e as conclusões finais, de forma a identificar as preocupações e objetivos de cada pesquisa. Os valores encontrados estão na Figura 13:

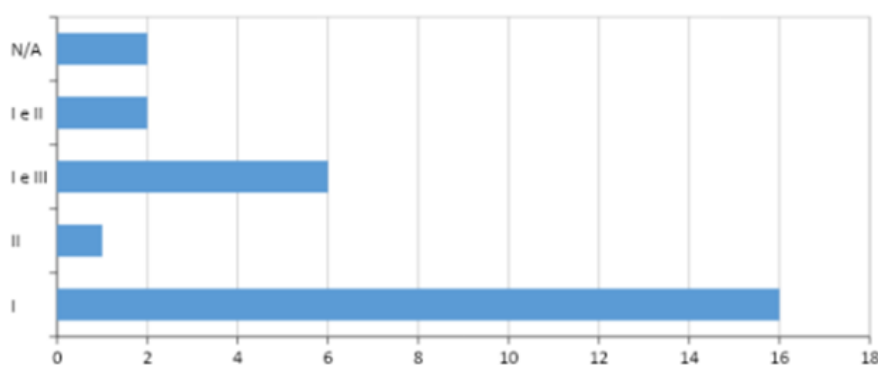


Figura 13: Objetivos formativos dos pesquisadores.

O objetivo formativo mais presente foi o I, com 59,3% das ocorrências. Duas dissertações, por terem cunho teórico somente são marcadas com N/A. Pode-se notar que a maior parte das dissertações preocuparam-se somente com a aprendizagem de conceitos, limitando-se a esfera conceitual e a motivação para o aprendizado destes. Alguns excertos que exemplificam esta perspectiva são apresentados a seguir, sendo identificados pelo número da dissertação de acordo com o corpo documental deste Estado do Conhecimento:

O principal objetivo na elaboração do material foi apresentar aos alunos a evolução das ideias científicas que levaram a criação da Relatividade Restrita por Albert Einstein e mostrar qual foi a necessidade que surgiu na época para se criar essa nova teoria. (n° 1)

... com o propósito de melhorar o entendimento de conceitos básicos da Relatividade Restrita, bem como para a dedução de relações matemáticas fundamentais que são decorrência lógica dos postulados de Einstein. (n° 5)

Elaborar um Mapa Conceitual sobre o tema Os Postulados de Einstein, Introduzir as consequências dos postulados da teoria relativística. Reconhecer a questão da relatividade, através de proposta de situação-problema (experiência de pensamento). (n° 22)

São tratados os conceitos de simultaneidade, dilatação temporal, contração do comprimento,

adição de velocidades e energia relativística. A experiência é avaliada, principalmente através de um questionário respondido pelos alunos, antes e após a aplicação do projeto. (n° 26)

Pode-se notar que a ênfase da maioria das dissertações é o enfoque conceitual, sejam modelos ou aspectos da construção teórica da Relatividade, provavelmente por conta do referencial pedagógico, pois há correlação entre o objetivo formativo I e a Aprendizagem Significativa por parte da escolha dos autores, pois dentre as 13 pesquisas que empregaram a Aprendizagem Significativa, dez tiveram o objetivo formativo I.

Já com relação ao alcance dos objetivos I com III tem-se 22,2% de ocorrências nas dissertações. Neles há certa preocupação com problemas e situações reais, que são entendidos como meios para que haja compreensão dos conceitos por parte dos alunos. Além disso, são incluídas temáticas sociais, filosóficas e éticas, por conta da inclusão do objetivo formativo III. Alguns excertos exemplificam estes aspectos:

Por isso, desenvolveu-se uma tarefa no qual os alunos irão explorar o movimento aparente dos astros para medir o tempo. Para realizar essa atividade, os alunos vão utilizar uma lanterna, que pode ser do celular, para simular a luz do Sol e o lápis para projetar uma sombra que irá correr conforme corre o ponteiro de um relógio (n° 2)

a estratégia utilizada para enriquecer as aulas, possibilitando explorar, por meio da teatralização dos conhecimentos, suas dimensões históricas, culturais e filosóficas. (n° 13)

Contextualizar historicamente a descoberta do imenso valor da velocidade da luz, apresentando a Física como construção humana, coletiva e historicamente construída. Apresentar o 2° postulado da Teoria da Relatividade Especial como historicamente construído “. (n° 23).

Com a análise de todos os dados através dos descritores escolhidos e adaptados para a pesquisa, modelados para as especificidades do tema de Relatividade e FMC, o tratamento estatístico dos indicadores e a inferência das práticas pedagógicas utilizadas pelos pesquisadores, já é possível traçar um panorama das tendências do Ensino de Relatividade, no escopo deste estudo, quanto à produção de dissertações sobre o tema no Brasil. Mas antes da conclusão deste capítulo, apontar-se-á o alcance das dissertações e dos produtos educacionais e artigos derivados das mesmas.

Serão agora apontados alguns possíveis indicativos do alcance quantitativo dos estudos empreendidos pelos 27 pesquisadores que fazem parte do corpo documental. Estes indicativos são distintos para cada modalidade de mestrado, e têm como objetivo mapear o que foi feito além da escrita das dissertações, como a publicação de artigos relacionados ao tema de pesquisa, a publicação de resumos em eventos, o número de citações dessas produções, o número de downloads das dissertações e a presença ou não do Produto Educacional (apenas no caso do Mestrado Profissional) nos arquivos das dissertações. Para a realização desta etapa realizou-se o procedimento descrito abaixo em passos distintos:

1° Passo: Retomaram-se os resultados dos bancos de dados, para localização dos repositórios institucionais de cada uma das dissertações.

2° Passo: No repositório institucional da instituição, levantou-se o número de downloads da dissertação e a presença ou não do Produto Educacional.

3° Passo: Com a ferramenta de pesquisa Google Acadêmico, inseriu-se o título da dissertação para levantar o número de citações da mesma, e logo após, em uma nova busca, inseriu-se o nome do(a) autor(a) para encontrarem-se artigos e/ou resumos relacionados com o tema da dissertação.

Dis- serta- ção	Down- loads da Dis- serta- ção	Cita- ções	Possui Artigo relaci- o- nado?	Título do Artigo	Local de Publicação do Artigo	Cita- ções do Artigo	Possui Re- sumo Relaci- o- nado?	Título do Resumo	Evento
3	4090	7	Não	N/A	N/A	N/A	Sim	Física moderna e contemporânea no ensino médio: uma experiência didática com a teoria da relatividade restrita	1º Encontro Estadual de Ensino de Física - RS, realizado de 24 a 26/11/2005, Porto Alegre, Instituto de Física, UFRGS
7	N/A	N/A	Sim	Uso de atividade wiki como introdução à relatividade galileana em turmas de nível médio: relato de uma experiência	Revista Renote, v.15, n. 2. 2017 - ISSN 1679-1916	N/A	Não	N/A	N/A
12	1864	13	Sim	N/A	N/A	6	Sim	Sonhos de einstein e o ensino de teoria da relatividade: o romance em sala de aula sob a ótica da semiótica	XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, realizado de 30/01 a 04/02 -UFAM - Manaus, AM
16	N/A	61	Sim	Uma discussão sobre a natureza da ciência no ensino médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita	Caderno. Brasileiro do Ensino de Física, v. 22, n. 1: p. 36-70, abr. 2005. ISSN 2175-7941	N/A	Não	N/A	N/A
21	0	8	Não	N/A	N/A	1	Sim	Qual a fonte da abordagem da relatividade restrita em livros didáticos do ensino médio?	II Encontro de Pesquisa em Educação Científica (EMPEC), de 01 a 04/09/1999, em Valinhos, SP, no Hotel Fonte Santa Tereza

Tabela 2: Alcance das pesquisas do mestrado acadêmico

Downlo- ads da Disserta- ção	Número de Citações	Possui Artigo relacio- nado?	Título do Artigo	Local de Publicação do Artigo	Número de Downlo- ads do Artigo	Número de Citações do Artigo	Possui Produto Educativo Anexo
13	N/A	Sim	Einstein e a Relatividade entram em cena diálogos sobre o teatro na escola e um ensino de física criativo	Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 3, 2016, p. 943-961 ISSN-e 2175-7941	N/A	Não	N/A

Tabela 3: Alcance das pesquisas do mestrado profissional

No caso do Mestrado Acadêmico, consideraram-se os seguintes tópicos para a pesquisa: Downloads da Dissertação, Números de Citações da Dissertação, Possui Artigo Relacionado?, Título do Artigo, Local de Publicação do Artigo, Número de Downloads do Artigo, Número de Citações do Artigo, Possui Resumo Relacionado? e Evento de Publicação do Resumo.

No caso do Mestrado Profissional, os tópicos são: Downloads da Dissertação, Número de Citações da Dissertação, Possui Artigo Relacionado?, Título do Artigo, Local de Publicação do Artigo, Número de Downloads do Artigo, Número de Citações do Artigo e Possui Produto Educativo Anexo? Nas Tabelas 2 e 3 acima, encontram-se os dados mais relevantes, ou seja, somente os pesquisadores que publicaram artigo e/ou resumos em eventos:

Onde se escreve N/A não se encontraram dados nos repositórios institucionais ou na ferramenta de pesquisa utilizada. Os dados colhidos têm como base a data da inserção nos repositórios pelas respectivas Universidades até a data de consulta realizada neste estudo, que é 28 de junho de 2021.

A dissertação mais baixada entre as do Mestrado Acadêmico é a nº 3, já no Mestrado Profissional é a nº 5. A dissertação mais citada entre as do Mestrado Acadêmico é a nº 16, já no Mestrado Profissional é a nº 20.

Como o número de dissertações do Mestrado Acadêmico é consideravelmente maior que da modalidade Profissional, opta-se por comparar as médias de downloads, a média de citações das dissertações e artigos e assim por diante. Procedendo-se desta forma, considera-se para o cálculo da média somente os resultados de downloads obtidos em cada caso, ou seja, cinco casos para o Mestrado Profissional e 13 para o Mestrado Acadêmico.

Assim, a média de downloads das dissertações do Mestrado Acadêmico é de 1.031,6 e do Mestrado Profissional é de 1.725,2. A média de citações das dissertações da modalidade Acadêmica é de 12,1. A média de citações das dissertações da modalidade Profissional é 1,8.

Existe uma relação inversa entre o número de downloads e citações das modalidades de mestrado, o que significa que as dissertações pertencentes ao Mestrado Profissional se comparadas às dissertações do Mestrado Acadêmico têm uma alta média de downloads, mas uma baixa média de citações. Ou seja, as mesmas estão sendo baixadas, lidas, mas não estão sendo citadas e/ou utilizadas em outras pesquisas sobre o tema. Uma possível causa seria a falta de artigos sobre Ensino de Relatividade, que apresentem experiências em sala de aula, métodos de ensino, etc., o que parece propiciar maior procura pelas dissertações

com Produto Educacional. Mas por outro lado, estas pesquisas não estão sendo muito citadas se comparadas às pesquisas da modalidade Acadêmica, o que pode significar que o alcance das mesmas está restrito somente à produção de dissertação.

Outra análise possível para a diferença de número de downloads é a antiguidade das produções das dissertações, que impacta diretamente neste aspecto, pois quanto mais antiga a publicação da dissertação, mais downloads o artigo relacionado a pesquisa terá.

Apenas duas pesquisas (nº 7 e 16) do Mestrado Acadêmico tinham artigos publicados relacionados com a dissertação, e outras três dissertações (nº 3, 12 e 21) resumos publicados nos proceedings de eventos. Pode-se notar uma predominância da modalidade do Mestrado Acadêmico quanto ao número total de downloads das dissertações no período considerado, com o total de 14.442 de vezes que foram baixadas as dissertações contra 8.626 vezes da modalidade de Mestrado Profissional.

Estas observações apontam que é necessário que os pesquisadores do Ensino de Relatividade publiquem mais sobre o tema em revistas ou em resumos de eventos, aumentando assim o quantitativo de material sobre o tema. Pode-se também conjecturar que os bancos de dados estão desatualizados, o que acarreta um gap em pontos da pesquisa, o que pode ser percebido nas Tabelas 2 e 3, onde há falta de alguns dados, como a quantidade de downloads, citações, entre outros.

Considera-se que este mapeamento, acompanhado do Descritor Pedagógico de Objetivos Formativos é o principal resultado de caráter quantitativo produzido por esta pesquisa, pois além de revelar como os pesquisadores se empenharam na produção científica, também mostra indicadores relacionados ao tema de pesquisa, entre outros.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Resgatando o objetivo geral e a questão de pesquisa do estudo empreendido, que é a descrição, interpretação e avaliação da produção acadêmica em nível *stricto sensu* no Ensino de Relatividade do Brasil, e a pergunta Como nossos pesquisadores estão produzindo sobre o Ensino da Teoria da Relatividade?, pode-se concluir que a produção de nível *stricto sensu* no Brasil entre os anos 2000 e 2020 de dissertações direcionadas à área de Ensino de Relatividade, mais especificamente na Educação Básica (EB), teve poucos momentos de considerável produção. Na maioria dos anos analisados, não houve expressividade no número de dissertações escritas, o que indica que a Teoria da Relatividade ainda é um tema não difundido na pesquisa em Ensino de Física no campo da Formação de Professores de Ciências (FMC). Os principais centros de produção são universidades nas regiões Sul e Sudeste do país, com instituições públicas como únicas responsáveis por toda a produção na área.

É necessário que os pesquisadores em Ensino de Relatividade considerem novas abordagens, com metodologias ativas e o uso mais efetivo das tecnologias atuais disponíveis em celulares, tablets e computadores pessoais. A aprendizagem adaptativa, a gamificação e o ensino híbrido como tendências atuais podem ser adaptados e explorados para o Ensino de Relatividade por outros pesquisadores da área. Aplicar essas metodologias ao invés das tradicionais, baseadas em questionários, lousa e giz e livros didáticos, pode ressaltar o caráter colaborativo da produção científica, uma característica fundamental que não foi encontrada

na maioria das metodologias aplicadas nas escolas pelos pesquisadores aqui analisados. Socializar os resultados e conclusões, explicitar o processo de verificação e reprodução de experimentos, e debater a extensão e o alcance das teorias físicas no cotidiano, neste caso a Relatividade, são procedimentos que não foram encontrados nas pesquisas estudadas, constituindo lacunas relevantes que precisam ser superadas.

Além disso, como este trabalho procurou evidenciar, é necessário mais engajamento dos pesquisadores em Ensino de Relatividade na produção científica, como, por exemplo, com a publicação de artigos e a participação em eventos. Como evidenciado pelos Quadros 3 e 4, há pouca produção acadêmica relacionada às dissertações no período considerado para esta pesquisa.

Disto, pode-se concluir que as pesquisas empreendidas não estão tendo o alcance desejado e não estão aparentemente chegando à sala de aula, ficando restritas somente ao âmbito universitário (defesa da dissertação e arquivamento na biblioteca da instituição). Fica difícil mensurar o alcance dos produtos educacionais, pois não se sabe se as dissertações baixadas nas plataformas com seus respectivos produtos educacionais estão sendo utilizadas de forma efetiva por algum professor de Física.

Ora, nas últimas décadas, a abordagem em sala de aula tem se modificado gradativamente, e com ela vieram as práticas humanistas no ensino. Será que não seria mais interessante ensinar FMC de forma contextualizada, com a preocupação em formar um cidadão crítico e atuante, com uma visão abrangente, contemplando fatores sociológicos e históricos de forma integrada com o desenvolvimento conceitual e matemático? O que o Ensino de Relatividade tem a ganhar sendo feito de uma maneira estanque e engessada?

Que visão de Ciência queremos passar aos alunos? Que visão da Física queremos que os alunos tenham? Para que incluir a Relatividade no rol de tópicos a serem ensinados se o método não se modifica? Pode-se perceber neste Estado do Conhecimento que é preciso melhorar muito o estado do ensino de Relatividade, pois ainda há pouca menção às relações que a Relatividade tem com o mundo de maneira integrada com a História da Ciência, com os processos colaborativos entre os cientistas e a ética relacionada com o fazer ciência, contextualizada com sua época.

É preciso que o ensino de Relatividade não caia no reducionismo ingênuo, pois vários fatores influenciam os cientistas na tomada de decisão, como questões econômicas, políticas, valores assumidos pelos sujeitos e até aspectos afetivos. É notável que o esquema de ensino apresentado na maioria das dissertações seja sempre o mesmo: apresentar os conceitos, apresentar a matemática, passar exercícios, aferir o ensino e tabular os resultados. Essa linearidade mecânica do processo de ensino-aprendizagem pode levar à compreensão por parte dos alunos de que existe um Método Científico único e infalível que conduzirá, sempre, à verdade imutável, uma visão de Ciência que está ultrapassada e precisa ser revista. Além disso, promove a continuidade das práticas antigas quando se quer ensinar o novo, o que não faz sentido no atual contexto da educação brasileira e frente às demandas da sociedade contemporânea.

Isso perpassa também a escolha dos referenciais teóricos e dos documentos institucionais que embasam as pesquisas e as práticas educativas, pois a visão da Ciência que o pesquisador abraça está intimamente ligada com sua prática pedagógica, sua maneira de ensinar e identificar os fatores relevantes para o processo de ensino-aprendizagem. No

caso das dissertações que este Estado do Conhecimento analisou, pode-se dizer que a escolha do referencial da Aprendizagem Significativa está atrelada à escolha de documentos institucionais defasados em relação à atualidade.

Além disso, reforçando o que foi dito sobre os Objetivos Formativos, há correlação também entre a escolha do referencial da Aprendizagem Significativa com um foco apenas em aprender Relatividade, que com certeza é o objetivo principal dos pesquisadores, mas é necessário que as propostas não se limitem apenas à esfera conceitual e matemática, ou a aspectos de mera motivação: qual o significado atribuído ao conhecer os postulados da Relatividade? É uma nova visão de mundo? Uma nova visão de Ciência? Qual a dimensão dos desdobramentos dessa teoria para o conhecimento humano de forma total? Isso as pesquisas analisadas não se preocuparam em ressaltar.

Outro fato notável é a total ausência de teses sobre o Ensino de Relatividade no país dentro do período considerado e no escopo desta pesquisa. Ou seja, não foi feita nenhuma contribuição original sobre como e por que ensinar a Relatividade na Educação Básica. Isso pode evidenciar que mesmo no âmbito da academia não há continuidade dos estudos sobre o Ensino de Relatividade do Mestrado para o Doutorado, dentro dos limites deste estudo.

Finalmente, considera-se esta pesquisa Estado do Conhecimento como inédita, pois no levantamento bibliográfico para a realização da mesma não foi encontrada nenhuma pesquisa com o mesmo foco voltado para o Ensino de Relatividade, nem em bancos de dados estrangeiros (Web of Science, Scopus, Google Scholar).

Espera-se que a comunidade de pesquisadores em Ensino de Física possa fazer bom proveito das informações aqui apresentadas, assim como das considerações sobre as tendências do Ensino de Relatividade apontadas neste trabalho, e quem sabe ampliar o escopo e as técnicas aqui empregadas e descritas para que, com o passar do tempo, tenha-se na Educação Básica maior presença da Teoria da Relatividade tanto em sala de aula de forma efetiva e contemporânea quanto em futuras teses de Doutorado.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Brasília: MEC, 1996.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Ensino Médio e Tecnológico. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCNEM+ - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. *Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica*. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. *Base Nacional Curricular Comum*. Brasília: MEC, 2018.

FERNANDES, R. C. A. *Inovações pedagógicas no ensino de Ciências dos anos iniciais: um estudo a partir de pesquisas acadêmicas brasileiras (1972-2012)*. 2015. 397p. Tese (Doutorado em Educação) Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

GASPAR, A. *Física: Volume Único: Livro do Professor*. 1ª Ed. São Paulo: Editora Ática, 2008.

FEITOSA, J.F.G., SANTOS, J.E.M., VIEIRA, A.N.O. Uma revisão de literatura sobre a inserção de tópicos de relatividade no ensino básico: um estudo envolvendo publicações especializadas em língua portuguesa, inglesa e espanhola. *ScientiaTec: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS*, v. 10 n. 1, p.100-115, 2023.

JANUÁRIO, M.D.A; MASSONI, M.T. Estratégias para o ensino da teoria da relatividade no Ensino Médio: uma análise da produção acadêmica. *Experiências em Ensino de Ciências* v.18, n.3, p.147-169, 2023.

KESWANI, G. H. Origin and concept of relativity (III). *The British Journal for the Philosophy of Science*, v. 16, p.19-32, 1966.

MARTINS, R. de A. A relação massa-energia e energia potencial. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 6, n. especial, p. 56-80, 1989.

MARTINS, R. de A. A dinâmica relativística antes de Einstein. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 27, p. 11-26, 2005.

MARTINS, R. de A. *A origem histórica da relatividade especial*. São Paulo: Livraria da Física, 2015.

MEGID NETO, J.; CARVALHO, L. M. *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*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana / Universidad de Antioquia, 2018. p. 97-113.

MEHRA, J. *Einstein, Hilbert, and the Theory of Gravitation*. Dordrecht: D. Reidel, 1974.

NUNES, R.C.; QUEIRÓS, W.P. Doze mitos sobre a teoria da relatividade que precisamos superar. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 37, n. 2, p. 531-573, 2020.

SALEM, S. *Perfil e evolução das pesquisas em ensino de física no Brasil*. 2012. 385 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

STRIEDER, R. B.; WATANABE, G. Atividades investigativas na Educação Científica: Dimen-

sões e Perspectivas em Diálogos com o ENCI. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 18, n.3, p. 819-849, 2018.

ROMANOWSKI, J. P; ENS, R. T. As pesquisas denominadas do tipo Estado da Arte. *Revista Diálogo Educacional*, v.6, n.19, p.37-50, 2006.

TEIXEIRA, P. M. M. *Pesquisa em Ensino de Biologia no Brasil (1972-2004): um estudo baseado em dissertações e teses*. 2008. 235 f. Tese (Doutorado em Educação) Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

VALENTE, L.; KAWAMURA, M. R. D. A Física Moderna e Contemporânea nas pesquisas em Ensino de Física. *Anais do XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física*. São Carlos, 2017.

WILTSHIRE, D. L.; VISSER, M.; SCOTT, S. M. *The Kerr space-time: rotating black holes in general relativity*. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

WHITTAKER, E. T. *A history of the theories of aether and electricity*. The Modern Theories. New York: American Institute of Physics, 1953. v. 2.
