

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

Tese de Doutorado

**ENSINO DE UM TÓPICO DE FÍSICA MODERNA ARTICULADO À
HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA: ESCUTAS E CONSTRUÇÃO DE
DIÁLOGO ENTRE UNIVERSIDADE, ESCOLA E ALUNOS DA EDUCAÇÃO
BÁSICA**

MARIA DERLANDIA DE ARAÚJO JANUÁRIO

Porto Alegre

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

MARIA DERLANDIA DE ARAÚJO JANUÁRIO

**ENSINO DE UM TÓPICO DE FÍSICA MODERNA ARTICULADO À
HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA: ESCUTAS E CONSTRUÇÃO DE
DIÁLOGO ENTRE UNIVERSIDADE, ESCOLA E ALUNOS DA EDUCAÇÃO
BÁSICA**

Tese de doutoramento apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Ensino de
Física do Instituto de Física na Universidade
Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Orientação: Profa. Dra. Neusa Teresinha
Massoni.

Porto Alegre

2024

CIP - Catalogação na Publicação

JANUÁRIO, MARIA DERLANDIA DE ARAÚJO
ENSINO DE UM TÓPICO DE FÍSICA MODERNA ARTICULADO À
HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA: ESCUTAS E CONSTRUÇÃO
DE DIÁLOGO ENTRE UNIVERSIDADE, ESCOLA E ALUNOS DA
EDUCAÇÃO BÁSICA / MARIA DERLANDIA DE ARAÚJO JANUÁRIO.
-- 2024.
315 f.
Orientador: NEUSA TERESINHA MASSONI.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Instituto de Física, Programa de
Pós-Graduação em Ensino de Física, Porto Alegre,
BR-RS, 2024.

1. Argumentação Científica. 2. Foco no Aluno. 3.
Física Moderna. 4. História e Filosofia da Ciência. 5.
Teoria da Relatividade . I. MASSONI, NEUSA TERESINHA,
orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO

MARIA DERLANDIA DE ARAÚJO JANUÁRIO

ENSINO DE UM TÓPICO DE FÍSICA MODERNA ARTICULADO À HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA: ESCUTAS E CONSTRUÇÃO DE DIÁLOGO ENTRE UNIVERSIDADE, BÁSICA E ALUNO DA EDUCAÇÃO BÁSICA

Tese de doutoramento apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Instituto de Física na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).
Orientação: Profa. Dra. Neusa Teresinha Massoni.

Porto Alegre, 01 de julho de 2024.

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Neusa Teresinha Massoni

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Profa. Dra. Silvana Perez

Universidade Federal do Pará (UFPA)

Profa. Dra. Anabel Cardoso Raicik

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Prof. Dr. Marcus Vinicius de Azevedo Basso
Instituto de Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Prof. Dr. Matheus Monteiro Nascimento
Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

As pessoas queridas que me
acompanharam nesta jornada, seja com
um sorriso, um conselho, uma ligação,
uma chamada de vídeo, uma viagem, um
café ... saibam que sua presença fez toda
a diferença.

AGRADECIMENTOS

Ao criador, por me conceder a saúde, a força, a proteção e a sabedoria necessárias para superar os desafios ao longo desta jornada.

À minha querida orientadora Profa. Dra. Neusa Teresinha Massoni, por sua orientação incansável, comprometida e envolvente ao longo de todo o processo. Suas ideias, conselhos valiosos e encorajamento foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Sou muito grata pelo acolhimento e amizade construídos, para além da relação professor-aluno.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, por todas as contribuições para a minha formação, em especial aos professores que participaram diretamente nas disciplinas cursadas: Matheus Monteiro Nascimento; Eliane Angela Veit; Nathan Lima; Alexander Montero Cunha; Alan Alves Brito; Tobias Espinoza; Fernando Lang da Silveira; Dioni Paulo Pastorio e Alexsandro Pereira de Pereira.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Física, em especial aos professores Alejandra Daniela Romero, Kepler de Souza Oliveira Filho e Miriani Grizelda Pastoriza pelos ensinamentos astronômicos.

Aos amigos do Grupo de Pesquisa da UFRGS, “os orientandos da sora Neusa”, vocês foram fundamentais nesse processo, para desabafar, chorar e vibrar junto a cada conquista.

Às “senhoras da pós”: Camila Collares; Laís; Jenifer (*in memória*); Ellen; Isadora e Bianca que fizeram esse processo ser mais leve, com conversas, brincadeiras, partilhas acadêmicas; noites de jogos e pizza; vocês são incríveis!

Aos amigos do Programa de Pós-Graduação em Ensino e do Programa de Pós-Graduação em Física, pelas conversas, risadas e trocas de ideias nas filas do RU. Especialmente a Larissa Amorim, Gustavo, Gaby, Andrey, Fellype, Vitória, Bruno, Larissa Carniel, Ana Amélia, Matheus e Bruna.

A Jonh Elison, “môbem”, agradeço muito pelo apoio, pelo amor, pelo carinho, pelas palavras de incentivo sempre e paciência. Tua presença, mesmo à distância, foi uma fonte constante de motivação e força. Amo-te!

Aos meus amáveis pais, Dora e Dezim, que acreditam nos meus sonhos e oram para que eu os realize. Aos meus irmãos Delson, Nelson que mesmo longe, que mesmo longe, sei que se precisar são pessoas em quem posso contar.

Às minhas queridas irmãs, Devania e Edilânia, meu agradecimento eterno pelo acolhimento, pela confiança e pelo apoio incondicional que sempre me ofereceram. Sem o carinho e a presença de vocês, esta jornada teria sido muito mais desafiadora. Obrigada Edilânia e Kethyn, minha amiga, que no período das enchentes, conseguiram sair comigo para Florianópolis, em busca de segurança e que lá não mediram esforços para me ajudar. Muito Obrigada!

À Pontificia Universidade do Rio Grande do Sul, pelo acolhimento em todo o período pandêmico, me ofertando recurso e apoio para estudar e desenvolver a Qualificação de Doutorado, em especial a Profa. Dra. Rita Mattielo, por todo carinho, por todas as conversas, por todos os cafés e todo o ensinamento. Obrigada por me acolher tão bem em seu “jardim” e ser uma de suas “florzinhas” e ter a oportunidade de criar um laço tão forte com todos os integrantes do Grupo de Pesquisa *Evidence*, especialmente com Camila Ayala, Priscila, Cátia e Tatiana.

Às(os) professoras, professores, alunos, direção, coordenadores e coordenadoras da Escola Estadual WJ, de Viamão- RS, que aceitaram participar do projeto de extensão e fazer parte desta investigação.

À Universidade Regional do Cariri (URCA), aos Professores do Curso de Licenciatura em Física, em especial o Prof. Cláudio Rejane da Silva Dantas e Prof. Francisco Augusto Nobre, pelos incentivos constantes.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Código de Financiamento 001, pelo apoio financeiro através de bolsa.

Ao Fundo de apoio complementar para Mulheres nas Ciências – MunaCi.

A todos, meu mais sincero agradecimento.

Que a coragem seja tua companheira de
jornada, e o céu o limite dos teus feitos.
(Autor desconhecido)

RESUMO

Esta investigação assume uma perspectiva de colocar a universidade como protagonista no diálogo com a Educação Básica e seu contexto, com vistas a uma educação científica significativa e voltada para a formação transformadora. A pesquisa iniciou com uma vasta revisão de literatura e da produção acadêmica, para responder as questões: *Qual tópico de Física Moderna está sendo mais discutido na área e como articulá-lo com a História e Filosofia da Ciência explorando sua estrutura conceitual, sua história e seu papel no desenvolvimento da Física para alunos do Ensino Médio?* Sob a análise de conteúdo de Bardin (2011), construímos categorias e reflexões que resultaram na escolha do tema da Teoria da Relatividade para trabalharmos um módulo didático de Física Moderna no Ensino Médio. Desenvolvemos dois estudos empíricos: o Estudo I foi um estudo de caso instrumental (Stake, 2011), de natureza qualitativa, em que investigamos as percepções, visões e experiências de alunos de algumas turmas de uma escola pública periférica de Viamão – RS, para responder à questão: *O que dizem e pensam os estudantes - o aluno na acepção de Sacristán - sobre o processo de educação, em particular de educação científica? O que significa ser aluno, estar na escola, ser objeto da escolarização?* Realizamos "escutas" atentas com alunos de três turmas do Ensino Médio, utilizando dinâmicas de "rodas de conversas", anotações e diários de campo. Os achados foram estruturados em três dimensões principais: Dimensão 1) *Aluno enquanto sujeito*, dimensão 2) *Aluno e escola*, e a dimensão 3) *Aluno e Ciência*, e revelaram situações e expectativas cruciais para compreendermos o contexto de vida, as necessidades e a visão dos alunos sobre a escola e a escolarização. Por fim, o Estudo II foi mais propositivo, e procurou responder à questão: *De que forma o uso da argumentação, na acepção de Toulmin (2006), pode auxiliar os estudantes a elaborarem e compreenderem um tópico de FM, por meio de uma abordagem histórico-epistemológica e conceitual?* O resultado da construção e aplicação de um módulo didático sobre Relatividade apontou grandes lacunas no entendimento da Física Moderna e da Matemática. A Física escolar era percebida como descontextualizada e difícil, o que reforça a necessidade de metodologias de ensino mais flexíveis. Ainda assim, foi possível perceber que os alunos acolheram positivamente o estudo de Relatividade. Esta investigação ressalta a importância de escutar os alunos e sugere que futuras pesquisas devam focar neles, bem como reforça a necessidade atualizar o ensino da Física para abarcar temas do século XXI, e adotar abordagens mais humanistas e baseadas em argumentação científica como possibilidades de promover compreensão crítica e alcançar a transformação social.

Palavras-chave: Argumentação Científica; Física Moderna; História e Filosofia da Ciência; Foco no Aluno; Teoria da Relatividade.

ABSTRACT

This research takes on the perspective of placing the university as a protagonist in the dialog with Basic Education and its context, with a view to meaningful science education aimed at transformative training. The research began with a vast review of the literature and academic production, in order to answer the questions: which Modern Physics topic is being most discussed in the field and how can it be articulated with the History and Philosophy of Science, exploring its conceptual structure, its history and its role in the development of Physics for secondary school students? Under Bardin's (2011) content analysis, we made categories and reflections that resulted in the choice of the theme of the Theory of Relativity to build a didactic module. We carried out Study I, an instrumental case study (Stake, 2011), of a qualitative nature, where we investigated the perceptions, views and experiences of students from some classes in a peripheral public school in Viamão – RS, in order to answer the following questions: what do students - students in Sacristán's sense - say and think about the process of education, in particular science education? What does it mean to be a student, to be at school, to be the object of schooling? We carried out attentive "listening" with students from three high school classes using "conversation circles", notes and field diaries. The findings were structured into three main dimensions: Dimension 1) Student as subject, dimension 2) Student and school, and dimension 3) Student and science. Finally, Study II, which was more purposeful, sought to answer the question: How can the use of argumentation, in the sense of Toulmin (2006), help students to elaborate and understand an FM topic, through a historical-epistemological and conceptual approach? The result of the construction and application of a Relativity module pointed to major gaps in the understanding of Modern Physics and Mathematics. School physics was perceived as decontextualized and difficult, which reinforces the need for more flexible teaching methodologies. Even so, it was possible to see that the students welcomed the study of relativity. This investigation highlights the importance of listening to the students and suggests that future research should focus on them. It also emphasizes the need to update physics teaching to include 21st-century topics and to adopt more humanistic approaches based on scientific argumentation as possibilities to promote critical understanding and achieve social transformation.

Keywords: Scientific Argumentation. Modern Physics; History and Philosophy of Science; Student Focus.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Bases de dados analisados para responder à Questão 1) de pesquisa	30
Figura 2: Estrutura do meio ambiente para o sujeito.....	35
Figura 3: Modelo da estrutura de Argumentação de Toulmin	41
Figura 4: Esquema do Modelo de Toulmin	42
Figura 5: Esquema da técnica de Análise de Conteúdo de Bardin	52
Figura 6: Tópicos de FM a serem ministrados em cursos introdutórios, segundo a audiência da medalha de Oersted em 2014 (75 respondentes, a maioria acadêmicos) ..	59
Figura 7: Mecanismo de busca do Catálogo de Teses e Dissertações da Capes	91
Figura 8: Distribuição dos Polos Regionais e o início do Programa	118
Figura 9: Esquema de conclusão da Revisão de Literatura e Produção Acadêmica	156
Figura 10: Estrutura dos Estudo I e II da investigação	159
Figura 11: Ilustrações e sentimentos atribuídos à escola, por alunos da Turma C (2022)	168
Figura 12: Nuvens de palavras sobre a percepção de uma “escola ideal” (Turma C) ..	170
Figura 13: Representação da Pirâmide de Maslow	209
Figura 14: Imagens de algumas obras que ilustram a busca pelo conhecimento	224
Figura 15: Proposta de inserção da TR para o 1º ano do EM feita por Sá (2015)	232
Figura 16: Eclipse solar de 1919, (a) Local de observação do eclipse em Sobral (b) Chapa fotográfica evidenciando a totalidade do eclipse solar	244
Figura 17: Carta 1 (Turma A)	247
Figura 18: Carta 2 (Turma B)	249
Figura 19: Carta 3* (Turma B)	250
Figura 20: Carta 4* (Turma A)	251

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribuição temática dos Artigos em Física Moderna em análise primária	58
Gráfico 2: Temáticas relacionadas à FM(FMC) no ENPEC, edições de 2013 a 2019	75
Gráfico 3: Temas relacionadas à FM(FMC) no EPEC, edições de 2014 a 2020	77
Gráfico 4: Temáticas associadas à FM(FMC) no SNEF, edições de 2013 a 2021 ..	79
Gráfico 5: Distribuições dos assuntos de FM (FMC) nos eventos ENPEC, EPEF e SNEF (2013-2021)	80
Gráfico 6: Abordagem dos tópicos da TR e o grau acadêmico trabalhado	96
Gráfico 7: Teoria da relatividade abordada nas dissertações do MNPEF	122
Gráfico 8: Produtos Educacionais presentes nas dissertações analisadas	138
Gráfico 9: Distribuição dos produtos educacionais nas categorias analisadas	139
Gráfico 10: Abordagem da TR nos materiais obtidos no G.A.	143
Gráfico 11: Como os alunos se identificam enquanto sujeitos da escolarização...	190

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Categorias temáticas das Teses e Dissertações da Capes (2013-2021)	97
------------------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Lista dos artigos consultados sobre Física Moderna	56
Quadro 2: Categorias dos trabalhos dos eventos e dados correspondentes	81
Quadro 3: Teses e Dissertações do Catálogo da Capes 2013-2021	92
Quadro 4: Listas dos Polos Regionais do MNPEF levantados (2013-2021).....	118
Quadro 5: Dissertações do MNPEF selecionadas para análise	122
Quadro 6: Relações das produções sobre TR no GA (2020 – fev.2022)	144
Quadro 7: Categorias criadas a partir da escuta aos alunos das Turmas A e B.....	177
Quadro 8: Extratos de falas dos alunos sobre “o que é ser aluno”	178
Quadro 9: Percepção dos alunos do que é ser “bom aluno e mau aluno”.....	182
Quadro 10: Diferentes perspectivas dos alunos sobre o que é “ser aluno e ser jovem”.....	188
Quadro 11: Diferentes perspectivas de como os alunos percebem que são vistos/tratados pela escola	192
Quadro 12: Pontos Positivos e Negativos expressados sobre a escola (Turmas A e B).	195
Quadro 13: Sentimento de <i>pertencimento</i> dos alunos ao ambiente escolar (Turma A e Turma B)	198
Quadro 14: Sentimentos que permeiam os alunos dentro (e fora) da escola (Turmas A e B).	203
Quadro 15: Falas que expressam a “Percepção dos alunos da escola ideal” (Turmas A e B)	206
Quadro 16: Pontos que contribuem para a permanência na escola na visão dos aluno.	213
Quadro 17: Percepção do que é física para os alunos	219
Quadro 18: Cronograma das aulas do Módulo de TR (Turma A e Turma B) em 2023.....	233
Quadro 19: Argumentos dos estudantes à dinâmica proposta para ganhar o pirulito. (Turmas A e B).....	240
Quadro 20: Argumentos a favor e contra ao uso do GPS, Turma A	254
Quadro 21: Argumentos a favor e contra ao uso do GPS, Turma B	256
Quadro 22: Percepções gerais dos alunos das Turmas A e B sobre os encontros	260

LISTA DE SIGLAS

ABRAPEC – Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências

AC – Análise de Conteúdo

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

COVID-19 - Coronavirus Disease 2019

EM – Ensino Médio

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências

EPEF – Encontro de Pesquisa de Ensino de Física

EsM – Ensino sob Medida

FC – Física Contemporânea

FM – Física Moderna

FMC – Física Moderna e Contemporânea

GA- Google Acadêmico

GPS- Global Positioning System

HFC – História e Filosofia da Ciência

HQ – História em Quadrinhos

IcP – Instruções por Colegas

IES – Instituições de Ensino Superior

MPEF – Mestrado Profissional em Ensino de Física

MNPEF – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

PCNs – Parâmetros Curriculares Nacionais

PIBID – Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência.

PNLD – Plano Nacional do Livro Didático

POE – Previsão, Observação e Explicação

PR – Polo Regional

PROEB – Programa de Mestrado Profissional para Qualificação de Professores da Rede Pública de Educação Básica

SAI – Sala de Aula Invertida

SBF – Sociedade Brasileira de Física

SD – Sequência Didática

SNEF – Simpósio Nacional de Ensino de Física

TCC -Trabalho de Conclusão de Curso

TDIC – Tecnologias Digitais da Informação e da Comunicação

TICs – Tecnologias da Informação e Comunicação

TR – Teoria da Relatividade

TRR – Teoria da Relatividade Restrita

TRG – Teoria da Relatividade Geral

TTD – Teoria da Transposição Didática

UEPS – Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

SUMÁRIO

PRÓLOGO	22
CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO	25
1.1 objetivos	28
<i>1.1.1 Objetivo Geral</i>	28
<i>1.1.2 Objetivos Específicos</i>	28
1.2 Questões de Pesquisa	29
CAPÍTULO II: REFERENCIAIS TEÓRICOS, EPISTEMOLÓGICO E METODOLÓGICOS	32
2.1 Referencial Teórico: Gimeno Sacristán e o aluno como invenção	33
2.2 Referencial Teórico-Epistemológico: a visão de ciência de Toulmin	37
2.3 Referencial Metodológico: Toulmin e o processo de argumentação	40
2.4 A Pesquisa Qualitativa e seus desdobramentos	45
<i>2.4.1 Estudo de Caso na acepção de Stake</i>	46
<i>2.4.2 Metodologia de Análise de Conteúdo de Bardin</i>	48
CAPÍTULO III: REVISÃO DA LITERATURA	54
3.1 Revisão da Literatura na Web of Science	55
<i>3.1.1 Categoria i) Aspectos Histórico- Epistemológicos e Curricularização da FM</i>	59
<i>3.1.2 Categoria ii) Conceitos de massa e radiação na FM</i>	62
<i>3.1.3 Categoria iii) Noção de tempo para FM</i>	66
<i>3.1.4 Categoria iv) FM em articulação com outras áreas do conhecimento</i>	69
<i>3.1.5 À título de conclusão da Revisão de Literatura</i>	72
3.2 Revisão de Anais de alguns Eventos Nacionais: ENPEC, EPEF E SNEF	74
3.2.1 Análise dos Artigos considerados a partir dos Anais de Eventos	81
<i>3.2.1.1 Categoria i) Defesa da Inserção de tópicos de FM (FMC) na Educação Básica</i> ...	82
<i>3.2.1.2 Categoria ii) Propostas Didáticas para abordar tópicos de FM na Educação Básica</i>	84
<i>3.2.1.3 Categoria iii) História e Epistemologia da Ciência como um caminho para explorar tópicos de FM</i>	85
<i>3.2.1.4 Categoria iv) Temas multidisciplinares como motivação ao estudo da FM na Educação Básica e na Formação de Professores</i>	86
<i>3.2.2 À título de conclusão da Revisão de Anais de Eventos</i>	88
CAPÍTULO IV: A PRESENÇA DA TEORIA DA RELATIVIDADE EM PESQUISAS ACADÊMICAS: TESES E DISSERTAÇÕES	90
4.1 TR em Teses e Dissertações da Capes	91
<i>4.1.1 Categoria i) Problemas intrínsecos da Relatividade em articulação com outras áreas do conhecimento</i>	99

4.1.2 Categoria ii) <i>Relatividade numa perspectiva de experiências, materiais didáticos, imagens em diferentes níveis educacionais</i>	105
4.1.3 Categoria iii) <i>Relatividade e a articulação histórica, epistemológica e filosófica da ciência</i>	109
4.2 <i>À título de conclusão da Revisão de Teses e Dissertações da Capes</i>	114
CAPÍTULO V: O ENSINO DA TEORIA DA RELATIVIDADE PRESENTE EM DISSERTAÇÕES DO MNPEF E NO GOOGLE ACADÊMICO	117
5.1 Análise de Dissertações do MNPEF	117
5.1.1 Categoria i) <i>Relatividade e Unidades Didáticas</i>	125
5.1.2 Categoria ii) <i>Relatividade em Literaturas Diversas</i>	128
5.1.3 Categoria iii) <i>Estratégias Lúdicas</i>	131
5.1.4 Categoria iv) <i>Relatividade por meio Tecnologias Digitais da Informação e da Comunicação (TDICs)</i>	132
5.1.5 Categoria v) <i>Relatividade em articulação com outras temáticas</i>	135
5.2 <i>À título de conclusão da Revisão de Dissertações do MNPEF</i>	138
5.2 Revisão de Materiais sobre TR presentes no Google Acadêmico	141
5.2.1 <i>Dimensão 1) Trabalhos Acadêmicos</i>	146
5.2.1.1 Categoria i) <i>Estratégias pedagógicas e uso de tecnologia no Ensino da Física</i>	147
5.2.1.2 Categoria ii): <i>Abordagens Didáticas e Implicações Curriculares no Ensino de Ciências</i>	149
5.2.2 <i>Dimensão 2) Artigos de Periódicos</i>	151
5.2.2.1 Categoria: <i>Pesquisa em Ensino de Física Moderna</i>	151
5.2.3 <i>Dimensão 3) Trabalhos de Eventos</i>	153
5.2.3.1 Categoria: <i>Educação Científica</i>	153
5.2.4 <i>À título de conclusão da análise dos trabalhos selecionados do GA</i>	154
5.3 À título de Conclusão da Revisão de Literatura e da Produção Acadêmica: um esquema representativo	155
CAPÍTULO VI: ESTUDO I – ESCUTA AO ALUNO	159
6.1 Breve Contextualização do Caminho entre a Universidade – Escola	160
6.2 A Escola Investigada	162
6.3 O Público-alvo: a escolha das turmas	163
6.4 Turma C: primeiro contato	165
6.5 Turma C: escutas, análises, vivências e histórias no processo de educacional	167
6.5.1 <i>A Escuta Para Além dos Muros da Escola</i>	172
6.6 Retorno à Escola: escuta a alunos das Turma A e Turma B	175
6.6.1 <i>Dimensão 1 – Categoria “Ser Aluno”</i>	178
6.6.1.1 <i>Dimensão 1 - Categoria “Bom Aluno e mau Aluno”</i>	182
6.6.1.2 <i>Dimensão 1 – Categoria “Ser Aluno e Ser Jovem”</i>	187
6.6.1.3 <i>Dimensão 1 – Categoria “A escola me vê assim”</i>	192

6.6.2 Dimensão 2 – “Aluno e Escola”	194
6.6.2.1 Dimensão 2 - Categoria “Estar na escola e Pertencimento”	194
6.6.2.2 Dimensão 2 – Categoria “Percepção dos alunos de uma Escola Ideal”	205
6.6.2.3 Dimensão 2 – Categoria “Influências socioeconômicas e a permanência na escola”	212
6.6.3 Dimensão 3 – Categoria “Física dissociada da Ciência”	218
6.7 A Título de Conclusão do Estudo I	223
CAPÍTULO VII – ESTUDO II: MÓDULO DE TEORIA DA RELATIVIDADE E USO DA ARGUMENTAÇÃO CIENTÍFICA	228
7.1 Apresentação e Estrutura do Módulo Didático	230
7.2 Aplicação do Módulo de TR	237
7.2.1 Discussão sobre o Modelo de Toulmin	239
7.2.1.1 Análise de alguns argumentos criados pelos alunos (Turmas A e B) na dinâmica de sala de aula (sobre ganhar um pirulito)	240
7.2.2 Apresentação das dinâmicas das aulas de Física	242
7.2.3 Análises das cartas explicativas sobre as aulas de FM	246
7.2.4 Debate sobre o uso do GPS	253
7.3 Desafios na aplicação do módulo e considerações dos alunos Turmas A e B	259
CONSIDERAÇÕES FINAIS	262
REFERÊNCIAS	270
APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	305
ANEXO A – Trabalho extra dos alunos	307

PRÓLOGO

“Não tenho herança pra deixar pra vocês, a única coisa que posso deixar é os estudos. Estudem!”. Eu tinha por volta dos 7 – 8 anos de idade quando meu pai, ao chegar da roça para almoçar, falou essa frase da janela da sala. Escutei aquilo e fiquei em silêncio, talvez não fizesse sentido o que ele quis dizer, naquele momento.

O tempo passou, saí do campo para cidade para cursar Licenciatura em Física na Universidade Regional do Cariri. Desde o segundo semestre fui agraciada com bolsa de Iniciação à Docência do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (Pibid), o que me ajudou a trabalhar um pouco menos e a dedicar horas a mais ao curso. Por vezes, pensei em desistir, mas a voz de meu pai ressoava sempre na memória, não desisti. Nunca reprovei. Não me considerava “boa aluna” e nem “má aluna”, apenas esforçada.

Ao término da graduação, fui direto para sala de aula, tudo de que precisava era trabalhar e ajudar meus pais, contribuir na educação de meus irmãos. Passei cinco anos como professora na Educação Básica Profissionalizante do Estado do Ceará, atuei também em escolas particulares, com turmas do Ensino Fundamental Anos Finais e Ensino Médio, todas na região do Cariri Cearense.

Somente em 2018 fiz seleção para o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, no Polo 31 – URCA, depois que meus irmãos já estavam na graduação, todos encaminhados e seguindo a orientação do meu pai “...estudem!”.

No mestrado pesquisei sobre os elementos da neurociência educacional e como eles implicam no processo de aprendizagem e trabalhei em sala de aula com TR.

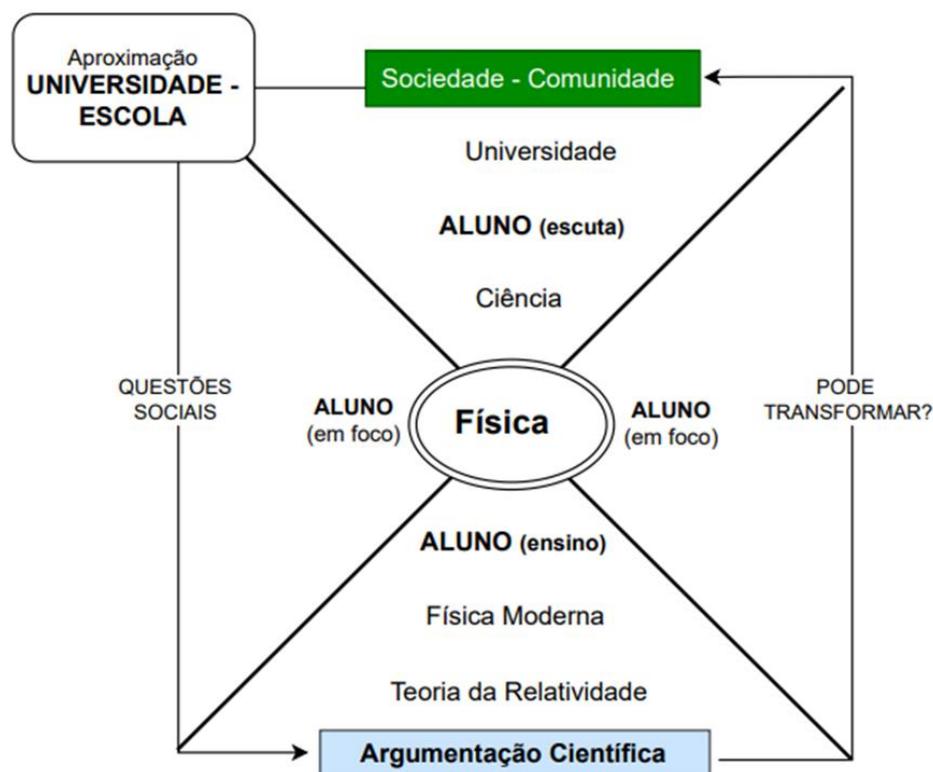
Em 2020, peguei, pela primeira vez, um voo, sozinha e, como costume falar com os amigos mais próximos, atravessei o país, em busca de mais um sonho, cursar o doutorado em Ensino de Física na melhor federal do Brasil, a UFRGS.

Acreditar no crescimento pessoal e profissional através da educação, é uma luta contra ao sistema. É um processo longo, árduo, que se intensifica mais ainda quando se trata de uma mulher (e negra) na ciência.

Alimentada pela crença de que a educação pode abrir portas e transformar vidas, junto a minha orientadora, que também compartilha e acredita no mundo melhor através da educação, concordamos que fazer “escuta” ao aluno, como sujeito principal da escolarização (Sacristán, 2005) seria um caminho possível para tentar contribuir com a

educação, tão necessária, em nosso país. Assim, a tese central da pesquisa abraça a perspectiva de atribuir à universidade um papel de destaque no diálogo com a escola básica, compreendendo melhor seu contexto, em busca de promover uma educação científica voltada para uma formação verdadeiramente cidadã.

O diagrama que apresento a seguir, ilustra a concepção que fui construindo da complexa rede de relações entre a universidade, a escola, os alunos, e a sociedade/comunidade, com diversas camadas de interações importantes para a promoção de uma educação científica significativa e transformadora.



Em primeiro lugar, destaco a universidade como um agente essencial na produção e disseminação do conhecimento científico. Sua interação com a escola básica é fundamental para aproximar o ensino escolar das pesquisas mais atuais e avançadas. Somente essa sinergia e colaboração permite que o ensino da Física, tradicionalmente visto como abstrato, difícil, desafiador, especialmente no que tange à TR, se torne mais acessível e relevante para os alunos.

A sociedade e a comunidade desempenham um papel decisivo ao fornecer o contexto no qual os alunos vivem e chegam à escola, com seus sonhos e necessidades. Questões sociais, como vulnerabilidade econômica e social, dificuldades familiares, pobreza, falta de incentivo, tudo isso impacta diretamente na capacidade e disposição dos

alunos de se engajarem no aprendizado. O diagrama aponta para a necessidade de uma abordagem educacional que considere essas questões, promovendo uma educação que não apenas informe e transmita, mas também transforme, que escute e compreenda os anseios e consiga engajar os alunos.

Dessa forma, os alunos seriam colocados no centro do processo educativo, tanto como receptores de novos saberes, quanto como participantes ativos na construção do processo ensino-aprendizagem. A escuta ativa das suas necessidades e experiências é essencial para desenvolver uma prática pedagógica que seja inclusiva e que trate os alunos como sujeitos únicos, com suas subjetividades diante os contextos e desafios que enfrentam cotidianamente.

A ênfase na Física Moderna e na Teoria da Relatividade no diagrama destaca a importância que atribuo à inclusão de temas contemporâneos e relevantes no currículo escolar. Na pesquisa, optei por fazer essa inclusão acompanhada pelo desenvolvimento de habilidades de argumentação científica, fundamentais no *modelo de Toulmin (2006)*, pois a argumentação científica permite que os alunos não apenas absorvam informações, mas também desenvolvam táticas para construir o pensamento crítico e a capacidade de discutir e questionar, embasada cientificamente.

Por fim, a pergunta "Pode transformar?" posicionada no diagrama, é colocada para lembrar a necessidade de uma reflexão sobre o impacto dessa abordagem integrada na vida dos alunos. Acredito que a resposta é afirmativa. A educação, quando desenvolvida de forma inclusiva, contextualizada e apoiada por uma rede de colaboração entre universidade-escola, tem o poder de transformar vidas. Mesmo quando as famílias pouco podem dar, como na frase de meu pai, de materialidade, o que importa é o incentivo. E quando o incentivo não vem da família, por todas as complexidades sociais, acredito que ela possa vir da sinergia universidade-escola. O diagrama me serve como um modelo visual que encapsula essa visão, apontando e não me deixando esquecer um caminho possível para uma prática educativa mais justa e transformadora.

O projeto desta tese nasceu com esta motivação, atravessou a pandemia da Covid-2019 e sobrevive/sobreviveu à maior enchente do Rio Grande do Sul (2024).

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

A produção acadêmica da área de Pesquisa em Ensino de Física tem dado importância, em uma perspectiva crescente, à História e Filosofia da Ciência (HFC). Dentre seus usos, destacam-se a estruturação dessa área do conhecimento (Matthews, 1995); as contribuições à didática das ciências (Martins, 2006); a formação de professores de Ciências/Física mais reflexivos (Ferreira, 2013; Massoni; Moreira, 2014) bem como, um caminho facilitador da interpretação de fundo de conceitos e experimentos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) (Cuesta; Mosquera, 2016; Lima, 2018; Solbes; Sinarcas, 2009).

Além disso, as políticas públicas para o Ensino Médio (EM) também têm sugerido que é relevante abordar HFC como uma das possíveis vias para se alcançar uma educação científica alinhada à formação cidadã. Essa indicação vem ocorrendo em diversos documentos das duas últimas décadas: nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNs) (Brasil, 1999); nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+) (Brasil, 2002); nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio (Brasil, 2006); nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (Brasil, 2013) e, mais recentemente, nos normativos da Base Nacional Comum Curricular – BNCC (Brasil, 2018). Esse último documento menciona que “[...] a contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia é fundamental para que elas sejam compreendidas como empreendimentos humanos e sociais.” (Brasil, 2018, p. 49).

Dessa maneira, a HFC no Ensino de Física tem sido recomendada para despertar nos estudantes uma visão crítica em relação à natureza da ciência e ao processo de construção do conhecimento científico, que tem relações estreitas com as condições sociais, econômicas e políticas de uma determinada época. Isto é, “o uso da história da ciência para enriquecer o ensino de Física [...] possibilita a visão da ciência como uma construção humana” (Brasil, 2006, p. 64). Logo, esse tipo de abordagem pode conduzir os estudantes a reconhecer que a ciência não é algo pronto e acabado, mas é colaborativa, processual e inconclusa (Damasio; Peduzzi, 2017; De Oliveira; Martins; Da Silva, 2020; Erthal; Linhares, 2009; Forato; Pietrocola; Martins, 2011; Massoni, 2010; Massoni; Moreira, 2014; Monteiro; Martins, 2015; Moreira; Massoni; Ostermann, 2007; Raicik; Peduzzi, 2016).

Além disso, há a necessidade de atualização dos currículos, em todos os níveis, para inserir conteúdos referentes à Física do século XX e XXI, destacando seu aspecto histórico, epistemológico e filosófico. Assumimos em alinhamento com a literatura, que isto é de grande importância na construção de uma educação científica mais contemporânea, pois temas atuais abrem possibilidade a uma leitura mais crítica e reflexiva do mundo (Berland; Crucet, 2016; El-Hani; Tavares; Da Rocha, 2004; Loch; Garcia, 2009; Ostermann; Moreira, 2000; Raicik, 2020; Rocha; Ricardo, 2016). A base científica não deve ser compreendida pelos estudantes apenas como fundamentação das tecnologias tão presentes na vida moderna, mas como uma construção consistente e abrangente, que tem reflexos no seu cotidiano, nas juventudes, na sociedade, na tomada de decisões informada científica e epistemologicamente (Brasil, 2013).

Nesse sentido, a introdução de tópicos de Física Moderna (FM) no Ensino Médio (EM) tem sido preocupação e objeto de discussão na literatura da área de Educação em Ciências e Ensino de Física há décadas, especialmente, no que se refere aos grandes desenvolvimentos do pensamento científico que marcaram o início do século XX (Ostermann; Moreira, 2000; Terrazzan, 1992), e que seguem influenciando aspectos diversificados da nossa cultura. Têm sido identificados inúmeros desafios a serem superados para a sua real inserção em sala de aula, mas nenhum deles desvaloriza o papel que a FM pode assumir na melhoria do ensino de Física, “com vistas a uma formação científica básica capaz de engajar os sujeitos do EM na sociedade contemporânea, de forma crítica e participativa” (Januário; Hoernig; Massoni, 2024, p. 16).

É importante salientar que, apesar do extensivo uso da expressão “Física Moderna e Contemporânea” (FMC), críticas na literatura apontam certa impropriedade em seu uso. Gramaticalmente na língua brasileira está correta, mas ela pode induzir a concepções e conceitos errôneos (Barcellos; Zanetic, 2005). Nesse sentido, esses autores utilizam, no âmbito do Ensino de Física, a expressão “Física Moderna” (FM); ou “Física Contemporânea” (FC) quando for o caso; e quando for para tratar as duas áreas, sugerem “Física Moderna” e “Física Contemporânea”. Embora a literatura da área, principalmente os trabalhos mais antigos, continuem usando a expressão FMC, há uma tendência de adesão à expressão FM na área de Ensino de Física (Caruso; Freitas, 2009; Melo et al., 2017; Rosa; Dickman, 2015; Januário; Hoernig; Massoni, 2024). Contudo, isto não significa que não sejam apresentados ao aluno os resultados da Física e da Tecnologia contemporâneas para contextualizar o grande desenvolvimento que marcou o final do século XIX, até meados do século XX. Por estas razões, nesta investigação, adotaremos

a expressão “Física Moderna” (FM) e, onde na literatura encontramos FMC, colocamos FM seguido de FMC entre parênteses, ou seja, FM(FMC), para evidenciar a forma como o autor(a) utilizou originalmente.

Apesar da longevidade do debate, defendendo e argumentando as vantagens da articulação de tópicos de FM com a HFC, não são muitos os trabalhos que conseguimos localizar e que contemplem esse viés (Da Silva; Arengi; Lino, 2013; De Oliveira; Vianna; Gerbassi, 2007; Kikuchi; Ortiz; Batista, 2013; Morais; Guerra, 2013; Pena, 2016). Entretanto, parece haver uma diversidade de caminhos, com enfoque conceitual, para fazer essa articulação no processo de ensino-aprendizagem na Educação Básica.

Em nossa pesquisa, optamos por explorar uma dessas vias, centrada no desenvolvimento de habilidades para a argumentação científica (Toulmin, 2006), por acreditarmos que esta abordagem tem o potencial de enriquecer a construção de uma base conceitual nos estudantes, permitindo a compreensão crítica de como a Física Moderna tem impactado a vida social contemporânea, além de desmistificar certas crenças equivocadas sobre o processo de evolução da Ciência. Toulmin (1977) traz que as crenças fazem parte de uma ecologia conceitual, mas é importante distinguir conceitos científicos de certas subjetividades e misticismos, por exemplo, que povoaram a internet e outras mídias de massa, promovendo o uso equivocado de conceitos físicos (Alves-Brito; Massoni; Guimarães, 2020).

Assumimos que o Ensino de Física deve ser capaz de oferecer bases sólidas para a leitura e interpretação da ciência e de seus avanços. Guimarães e Massoni (2020) defendem que incitar a argumentação em ciências, nesta perspectiva, gera uma melhor compreensão do trabalho científico e aproxima os jovens da ciência. Trata-se de uma perspectiva em que tanto o estudante quanto o educador assumem uma postura ativa e crítica frente ao processo de aprendizado de temas de Física, especialmente quando se leva em conta as escolhas de temáticas e os interesses dos estudantes. Para isso, adquire importância cada vez maior uma formação de professores de Física que os capacite a implementar essas discussões em sala de aula da Educação Básica (Massoni, 2010).

Contudo, entendemos que há uma lacuna nas investigações de ensino de ciências sobre como os principais envolvidos na educação científica – os alunos – se posicionam nesse contexto, como percebem a escola, como veem o papel da educação, em especial da educação científica (Sacristán, 2005). Assim, é importante que mais pesquisas contemplem a complexidade do processo educativo; a tensão inerente ao currículo e suas

atualizações (e.g., inserção da FM); a inovação de estratégias didáticas (e.g., uso da HFC); as inter-relações escola, aluno e professores atuantes e escola-universidade.

Diante dessa perspectiva e dos desafios que se impõem para enfrentá-la é que nasceu o interesse desta pesquisa, isto é, de elaborarmos investigações e intervenções articulando um tópico de FM com um viés da HFC, porém precedendo este por um processo de interação e escuta ao aluno. O público-alvo foi o de alunos da Educação Básica e seus professores em atividade de uma escola pública da região metropolitana de Porto Alegre, RS. Esta pesquisa, de caráter qualitativo, foi trabalhada mediante diálogo, escuta, compreensão de expectativas e promoção de atividades e módulos didáticos construídos colaborativamente, entre universidade e escola no contexto real. Portanto, tratou-se de uma investigação que teve um olhar direcionado à escuta ao aluno, ao diálogo, e à compreensão de seu lugar na história, na cultura, na escola, e buscou captar as formas por eles utilizadas para construir argumentos científicos.

1.1 objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Elaborar investigações e intervenções sobre um tópico da Física Moderna com uma abordagem histórico-filosófica da Ciência, visando uma educação científica que valorize a escuta do aluno, a discussão e os usos da argumentação científica, na acepção de Stephen Toulmin (2006), em um diálogo entre Universidade e Escola da Educação Básica.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar tópicos de Física Moderna presente na literatura da área de Pesquisa em Ensino de Física/Ciência;
- Promover diálogos, grupos focais, “escutas”, rodas de conversa e debates junto a alunos de uma Escola de Ensino Médio de um bairro periférico de Viamão - RS, para compreender suas expectativas em relação a temas de Física, em particular de FM; e, suas compreensões e perspectivas enquanto alunos, ou “menores escolarizados” (Sacristán, 2005);
- Planejar e testar atividades que explorem a argumentação científica em sala de aula, na acepção de Toulmin (2006);

- Implementar e avaliar a eficácia do módulo didático sobre um tópico de Física Moderna (FM), focando na compreensão dos alunos e na integração dos conhecimentos de História e Filosofia da Ciência (HFC);
- Construir um módulo didático, selecionar materiais diversificados, em colaboração com os professores de Física atuantes na escola, para discutir um tópico de FM articulado com aspectos da HFC;
- Aplicar e analisar o módulo didático de um tópico de FM a partir de diários de bordo, gravações em áudio de rodas de conversa, diálogos, entrevistas e outras formas de coleta de dados.

1.2 Questões de Pesquisa

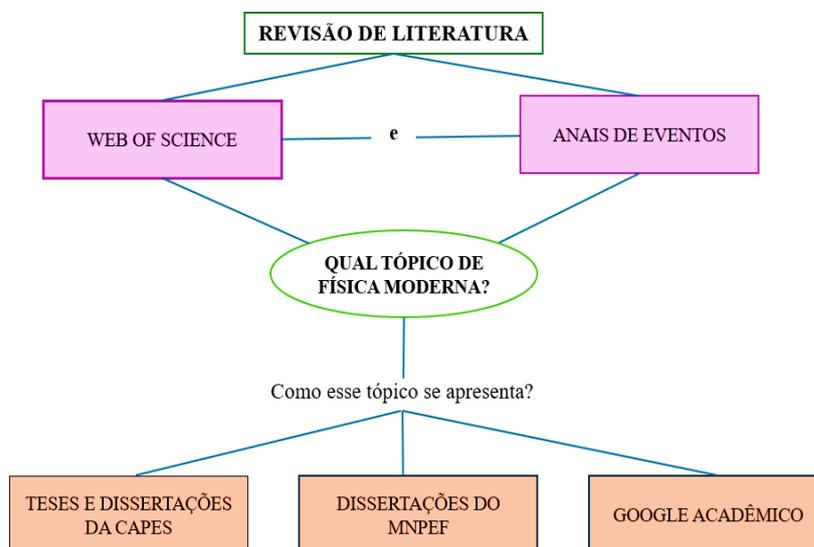
Diante dessa perspectiva de colocar a universidade como protagonista no diálogo com a escola básica e seu contexto, com vistas a uma educação científica significativa e voltada para a formação cidadã, o cerne desta pesquisa se concentrou em três questões-foco distintas, porém complementares:

- 1) *Qual tópico de Física Moderna está sendo mais discutido na área e como articulá-lo com a História e Filosofia da Ciência (HFC) explorando sua estrutura conceitual, sua história e seu papel no desenvolvimento da Física para alunos do Ensino Médio?*
- 2) *O que dizem e pensam os estudantes - o aluno na acepção de Sacristán (2005) - sobre o processo de educação, em particular de educação científica? O que significa para eles serem aluno, estar na escola, ser objeto da escolarização?*
- 3) *De que forma o uso da argumentação, na acepção de Toulmin (2006), pode auxiliar os estudantes a elaborar e compreender um tópico de FM, por meio de uma abordagem histórico-epistemológica e conceitual?*

Com base nas questões de pesquisa, iniciamos nossa investigação através de uma vasta Revisão de Literatura e da Produção Acadêmica Nacional para identificar um tópico de FM e, assim, responder à Questão 1) de nossa pesquisa. A Figura 1, apresenta os

caminhos percorridos para o estudo, que resultou no levantamento do tópico de FM abordado, para o qual foi construído e aplicação um módulo didático, para o Ensino Médio, integrando HFC e argumentação científica.

Figura 1: Bases de dados analisadas para responder à *Questão 1)* da pesquisa



Fonte: Pesquisadora (2024)

Após a revisão, estruturamos nossa pesquisa em dois Estudos: Estudo I, que buscou responder à segunda *Questão 2)*, ou seja, investigou a visão do aluno no processo de ensino e aprendizagem, enquanto sujeito da escolarização; e Estudo II, que foi mais propositivo, envolveu a aplicação de um módulo de FM, tema escolhido com base nos resultados da Revisão de Literatura, onde buscamos promover um processo de ensino e de aprendizagem com enfoque conceitual, incluindo formalismos matemáticos na medida do possível, mas tomando o plano histórico-epistemológico como pano de fundo, baseados na crença de que estes saberes podem conviver com as concepções e construtos pessoais e, ao mesmo tempo, adquirir significância para a vida dos estudantes.

Esta investigação assumiu, portanto, a importância da compreensão conceitual, histórico-filosoficamente situada, e metodologicamente orientada para a construção de argumentos científicos, na acepção de Toulmin (2006). Vislumbramos a possibilidade de contribuir com a melhoria do processo de ensino-aprendizagem da Física, em particular de um tópico de FM, na percepção de seus usos sociais, enquanto um referente essencial na construção do conhecimento. A epistemologia e a teoria da argumentação de Toulmin

(1977, 2006), e a concepção de “aluno” de José Gimeno Sacristán (2005), foram tomadas como aportes teóricos que contribuem para uma sinergia entre universidade, pesquisadora, escola, alunos e professores atuantes, aspectos que serão melhor explorados no Capítulo II. Nesse Capítulo II também são mencionados os aspectos metodológicos que regem a pesquisa.

No Capítulo III apresentamos a revisão da literatura e seus desdobramentos, assim como, exibimos o tema da Teoria da Relatividade (TR) como tópico da FM que trabalhamos, resultante dessa busca.

No Capítulo IV explanamos a presença da TR em Teses e Dissertações da Capes, os modos e aprofundamentos que surgem na investigação acadêmica.

O Capítulo V buscou identificar diversas estratégias, extraídas das dissertações dos MNPEF, que se podem trabalhar a TR nas salas de aula do Ensino Médio (EM); bem como o tipo de material, nível de aprofundamento e estratégias disponíveis ao professor de Física que podem ser encontrados sobre o tema da TR no Google Acadêmico (GA).

O Capítulo VII apresenta o Estudo I, onde o foco esteve nas escutas aos alunos como sujeitos da escolarização, e suas perspectivas de escola e educação científica.

O Capítulo VIII apresenta o processo de construção e aplicação do módulo didático sobre TR, com aspectos históricos epistemológicos, e a construção de argumentos científicos, na acepção de Toulmin (2006), e faz uma análise dos resultados dessa experiência.

Por fim, as considerações finais sumarizam os achados e oferecem alguns apontamentos e perspectivas futuras para o Ensino de Física. No final de alguns Capítulos, que tiveram publicação ao longo da investigação e da escrita desta Tese, encontram-se o nome da Revista e o QRcode que direciona para o artigo.

CAPÍTULO II: REFERENCIAIS TEÓRICOS, EPISTEMOLÓGICO E METODOLÓGICOS

Neste capítulo, apresentamos os referenciais teóricos, epistemológico e metodológicos de nossa investigação. Para nosso aporte teórico, nos baseamos nas ideias de José Gimeno Sacristán (2005), que permeiam diversos aspectos sobre o “aluno” como construção social: cultura, ensino e escola como organizadoras da vida dos “seres escolarizados”. Para a compreensão dessas ideias, nos apropriamos principalmente da obra intitulada “O aluno como Invenção” (Sacristán,2005), que direciona o olhar para o aluno, considerando-o como o agente principal no processo da educação, no sentido de: (i) resgatar o valor do sujeito escolarizado como um referente essencial para projetar, refletir e avaliar a educação como um fenômeno a ser (re)examinado; e (ii) trazer o aluno como sujeito (agente) fundamental no seu desenvolvimento, oportunizando-o a expor seus pensamentos, argumentos, sendo ativo, pensante e não apenas um receptor, alguém a ser controlado e disciplinado.

As ideias de Stephen Toulmin [1922 – 2009] foram utilizadas tanto como referencial teórico-epistemológico, expresso, em particular, em seu livro “*La comprensión Humana*” (Toulmin, 1977), como também um referencial metodológico, utilizando a obra “*The Uses of Argument*” (2003), para auxiliar na construção de argumentos científicos, colocando em prática o “modelo de Toulmin”. Este modelo é importante na análise sequencial de argumentos, uma vez que estabelece relações entre vários elementos (evidências, garantias) e o processo em si, de argumentação. Vale salientar que as ideias de Toulmin foram tomadas como aporte metodológico apenas nas análises do Estudo II, quando foi aplicado e analisado um módulo didático que incluiu uma atividade de argumentação em sala de aula da Educação Básica.

Acreditamos que as concepções de Toulmin (1977), como referencial teórico-epistemológico, articuladas com ideias de Sacristán (2005), contribuíram para o processo de escuta e compreensão do aluno enquanto sujeito da educação e auxiliaram na elaboração do raciocínio argumentativo (características, adequação, validade etc.), como defendido por Toulmin (2003).

Portanto, esta pesquisa se insere no âmbito de uma abordagem da Pesquisa Qualitativa em Educação em Ciências. E, por uma questão de aproximação e sequência lógica do texto da tese, discorreremos aqui também sobre o delineamento desta pesquisa, destacando o Estudo de Caso na acepção de Robert Stake (2011) e o referencial

metodológico de análise documental, baseado nas ideias de Laurence Bardin (2011), que foi usado nas revisões da Produção Acadêmica e na análise de dados coletados nas rodas de conversas (inspiradas em grupos focais), no Estudo I desta investigação.

Em linhas gerais, este Capítulo II está organizado da seguinte forma: 2.1 Referencial Teórico: Sacristán e o aluno como invenção; 2.2 Referencial Teórico-Epistemológico: a visão de ciência de Toulmin; 2.3 Referencial Metodológico: Toulmin e o processo de argumentação; 2.4: A pesquisa qualitativa e seus desdobramentos; 2.4.1 Estudo de Caso na acepção de Stake e 2.4.2 Metodologia de Análise de Conteúdo de Bardin.

2.1 Referencial Teórico: Gimeno Sacristán e o aluno como invenção

O pesquisador espanhol José Gimeno Sacristán [1947] é catedrático na Universidade de Valência. Atualmente é professor da Faculdade de Filosofia e Ciências da Educação da Universidade Complutense de Madrid; da Universidade de Salamanca e é colaborador em outras universidades. Na obra *“O aluno como invenção”* Sacristán (2005) elabora seu texto em duas partes. Na primeira, refere-se ao sujeito que será escolarizado, o tomando como uma invenção social. Na segunda, pretende resgatar o valor do sujeito escolarizado como um referente essencial para a qualidade da educação. Isto é, busca contemplar e dirigir-se ao aluno, como sujeito que ao melhorar enquanto pessoa, cidadão e aprendiz, acaba por contribuir com a própria sociedade e na relação ensino-aprendizagem.

Sacristán (2005) afirma que temos a tendência de naturalizar tudo o que nos é familiar, como se sua existência sempre tivesse existido e, inevitavelmente, tivesse de existir; e alerta que nossa experiência cotidiana é enriquecida com discursos e representações tomados de outros, que projetam em nós seus pontos de vista. É por esse processo que construímos os sujeitos que participam dos distintos cenários de nossas vidas. A educação é um deles. O aluno, o estudante é, assim, uma construção social inventada pelos adultos. Nesse processo, naturalizamos sua existência entre nós como “menores”, ao vê-los no nosso cotidiano, e ignoramos sua voz. Dessa forma, não os consultamos sobre o que significa ter essa condição social – de seres escolarizados (no caso brasileiro, período que abrange a Educação Básica, entre os 4 aos 17 anos).

Essa naturalização é uma tendência na maioria dos países do mundo, isto é, não nos perguntamos, não lhes perguntamos, se desse estado [de “ser escolarizado”] sempre surgem consequências positivas, se poderia ser diferente, com que dificuldades ou preocupações vão às aulas, que desejos deixam nas portas das escolas, e como vivem essa tarefa (Sacristán, 2005). Assim, o discurso educacional tem focado na instituição escolar, em sua eficácia, no currículo, no êxito e no fracasso, e na acomodação da educação ao sistema produtivo, tendo deixado de fora preocupações sobre o que pensam os alunos a respeito da educação, sobre gênero, cultura étnica etc. e se estes fatores são percebidos como geradores de desigualdades entre os alunos.

O pensador francês Laval (2019) alinha-se a esta visão e diz que estamos cada vez mais enredados em uma “lógica normativa de conjunto” embasada na racionalidade do capital. Adverte que já se pode observar na gestão escolar, na criação de mercados locais de educação e no emprego de lógicas tipicamente econômicas na pedagogia, que emerge na contemporaneidade uma nova escola que ele chama de “Escola Neoliberal”. Nesse sentido, buscamos fazer “escutas” no Estudo I, resgatando a voz, os pensamentos, as expectativas e ideias de alunos de duas turmas de Ensino Médio em aulas de Física, e no Estudo II tentamos implementar atividades de uso da argumentação no entendimento de Toulmin, bem como outras estratégias que serão exploradas no Capítulo 7.

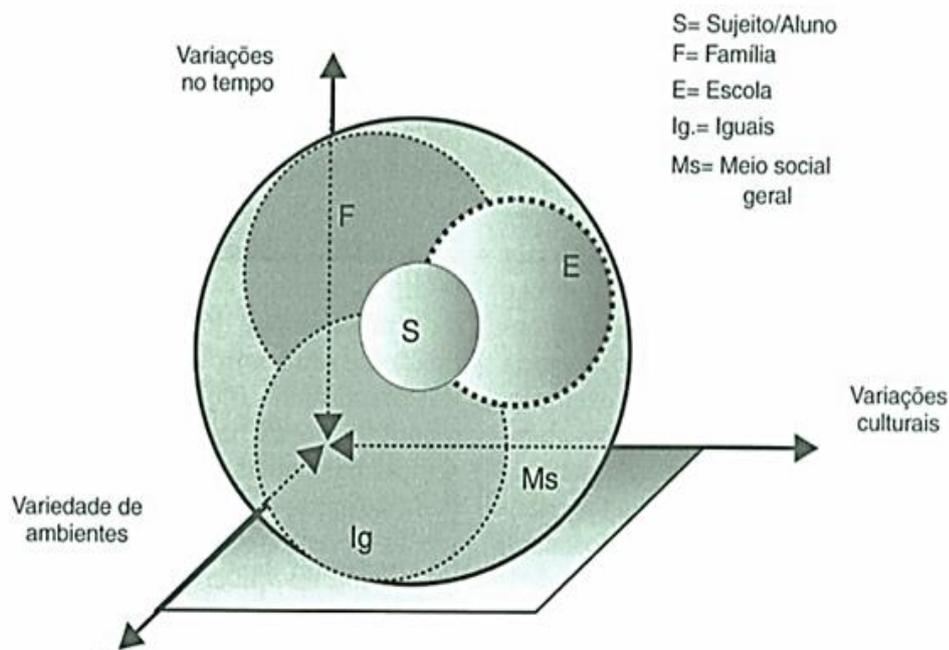
Para Sacristán (2005), nós, seres humanos, organizamos nossa vida imersos em um espaço particular, em um tempo determinado, e definimo-nos nas ações que empreendemos e em que estamos envolvidos, mas é nesse mesmo processo que organizamos a vida dos não adultos.

O aluno é **uma construção social inventada pelos adultos ao longo da experiência histórica**, porque são os adultos (pais, professores, cuidadores, legisladores ou autores de teorias sobre a psicologia do desenvolvimento) que têm o poder de organizar a vida do não-adultos. [...] O mundo mudou, os alunos também. Teremos de alterar nossas representações do mundo e dos alunos. O mundo da infância se constrói, necessariamente **em contraposição ao do adulto**” (Sacristán, 2005, p.11-17, grifo nosso)

Dessa forma, a categoria “aluno” no âmbito escolar foi construída quando as famílias inseriram os meninos, posteriormente também as meninas, em escolas e creches, “isolando-as” dos adultos. Assim, o aluno passou a ser visto na sociedade como um ser que deve cumprir determinadas regras, comportamentos, valores e propósitos que devem ser adquiridos por quem pertence a essa categoria (ibid., p. 136). A posição dominante ao longo da história foi a de que a criança é influenciável e, nesse sentido, na cultura ocidental se firmou a ideia de que os seres humanos não nascem determinados. “O ser

humano é a única criatura que deve ser educada” (Kant, 1991, p. 29, *apud* Sacristán, 2005, p. 29). Nesse contexto, um conjunto de variáveis externas contribuem para as mudanças (temporais, culturais e ambientais) que influenciam, moldam, guiam, educam o “sujeito/aluno”, como ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Estrutura do meio ambiente para o sujeito.



Fonte: capturado de Sacristán, 2005, p. 33

As variáveis do tempo e ambiente resultam da conjunção e interação sujeito/aluno, família, escola, grupo de amigos e meio social, uma vez que a infância e a juventude são mutáveis; em cada momento e lugar representam sujeitos que evoluem em determinadas situações. As formas culturais sobre como tratá-los e educá-los, também são diferentes, e toda geração deve ter sentido esse estranhamento que evidencia uma realidade elementar.

Para Sacristán (2005, p. 102) os laços que estabelecemos com os menores refletem de algum modo não só toda a complexidade das relações humanas, mas fazem parte das condições históricas em que vivemos e dos padrões culturais que compõem essa cultura sobre a educação – que toma o sujeito/aluno como um ser que evolui. O ser humano, como o rio de Heráclito, flui, passa, se amplia, muda e não pode ser exatamente o mesmo em momentos sucessivos, da mesma forma que não é possível se banhar duas vezes na mesma correnteza, apesar de que, diz Heráclito, o rio continua sendo o mesmo rio; o que vemos nele vem de trás, das heranças culturais, porque todo humano que nasce foi engendrado. Podemos perceber a mudança, embora compreendamos a constância de quem permanece, a identidade do que passa e se altera (Sacristán, 2005, p. 61).

Nessa linha, é nas raízes culturais que o aluno adquire sentido; ele evolui por meio de sua relação com o mundo do adulto. Portanto, o que se entende por “*aluno*” é a condição de um menor que surge à medida que a família se livra de funções que “ficarão a cargo de outras figuras especializadas, primeiro dentro do lar, no caso de classes sociais favorecidas, depois, pouco a pouco, fora dele, para todos” (ibid., p. 130). Ainda nesse aspecto, o autor diz que,

A origem da palavra *aluno* nos dá as primeiras pistas sobre a condição dos sujeitos que desempenham esse papel. *Alumnus* vem do verbo latino *alere*, que significa alimentar. O aluno será alguém que está se “alimentando”, que é alimentado por outros e que *deve sê-lo*. **O aluno é um ser carente (vazio que deve ser preenchido, pedra disforme a ser escupida ou estrutura por construir)** de algo cuja posse consideramos beneficiá-lo sentindo-nos legitimados para proporcionar tudo isso a ele (Sacristan, 2005, p. 136, grifo nosso).

No âmbito escolar, o papel da escola e do professor é uma mistura de guardião e custódio da segurança dos menores, o que gera um acúmulo de atividades complexas. Assim, “as escolas são meios de vida de um tipo muito especial” (ibid., p. 139), onde os adultos-educadores vão se especializando em assistência, cuidado, vigilância, ensino e guia dos “menores”. Sacristán menciona que os espaços escolares, em benefício dos alunos, deveriam se legitimar como uma experiência que faça parte de seu projeto de vida. Esta ideia se alinha a de outros pensadores, ao se analisar a escola e o saber obrigatório e seus efeitos nos alunos:

Face à imposição de qualquer atividade escolar, **os alunos desenvolvem estratégias de proteção e de resistência, transmitidas ou reinventadas de geração em geração**. Mas, nos dias de hoje, mesmo **os menos interessados pelos saberes e pelo sucesso escolar aparentemente adaptam-se ao que parece ser a condição normal, “natural” de uma criança ou de um adolescente**. [...] A maior parte daqueles que resistem a aprender manifesta mais discretamente a sua recusa em investir no trabalho escolar, tomando atitudes de absentismo “mental”, escárnio, resistência passiva, investimento mínimo, ou de algazarra “anêmica” [Testanière, 1967; Hamon & Rotman, 1984]. **Os jovens vão à escola e trabalham, uns mais, outros menos. Mas, para a maior parte deles, qual é o sentido deste trabalho e dos saberes?** (Perrenoud, 1994, p. 78, grifo nosso).

Sacristán aponta que essa cultura *curricularizada* é uma invenção imposta como única possibilidade para “alimentar” o desenvolvimento do aluno. Nesse sentido, reflete também o papel do sujeito-educador, na perspectiva de que é nas raízes culturais da ordem escolar que o “ser aluno” adquire sentido. O autor destaca ainda que, os professores do ensino fundamental, por exemplo, ao combinar as funções de cuidado e ensino, gradualmente assumem o papel disciplinador do pai, que é refinado em uma imagem

específica do profissionalismo docente. Os diferentes estilos de exercício desse papel podem variar entre ser mais abertos, levando em consideração as necessidades individuais do aluno, ou mais fechados, se concentrando nas tarefas específicas a que a escola se especializou (Sacristán, 2005, p. 129).

Na verdade, ambas [cultura escolar, currículo] são construções culturais que mudam ao longo da história. Assim, a escola trabalha por uma ideia de progresso, seguindo algumas diretrizes que podem levar ao alcance de metas. Contudo, essa ordem necessária parece ter desvios quando motivados pela rotina. Dessa forma, a cultura escolar é um elemento a mais na subjetivação do processo de aculturação dos menores. Portanto, estamos num processo de nos imiscuirmos na vida dos alunos, mas consequentes com as posições que mantivermos em relação ao seu desenvolvimento. O que conta não é apenas a possibilidade de o aluno-ator melhorar ou fracassar em suas atuações nas escolas; a “maneira de viver nela é que faz o ator” (ibid., 2005, p. 125).

Assim, Sacristán ajuda-nos a refletir uma série de fatores que estão envolvidos no processo de escolarização, muitas vezes naturalizados pela cultura, e que condicionam as atitudes dos alunos de maneiras às vezes imperceptíveis. Logo, nosso objetivo de fazer “escutas” a alunos foi uma tentativa de refletir, com eles, o pertencimento a esse meio tão influenciado por constantes mudanças culturais, sociais, ambientais e econômicas. Como sugere Sacristán (2005, p. 212), as vezes não é preciso fazer grandes esforços para compreendê-los, “basta olhar a história ou, simplesmente, olhar ao nosso redor”.

2.2 Referencial Teórico-Epistemológico: a visão de ciência de Toulmin

O filósofo de ciência britânico Stephen Toulmin (1922-2009) graduou-se em Matemática e Física no *King's College* e doutorou-se em Filosofia da Ciência na Universidade de Cambridge e é considerado um dos epistemólogos da ciência influentes do século XX.

Sua epistemologia é expressa em seu livro mais conhecido intitulado *La Comprensión Humana* (Toulmin, 1977): ele toma como um dos pontos chave da compreensão humana os *conceitos*, que adquirimos, possuímos e usamos a partir de uma

ecologia conceitual¹; os conceitos não são entes eternos, passam por mudança conceitual, que é um processo estendido no tempo em que conceitos são captados e gradativamente transformados pelo uso e pela ação intelectual dos sujeitos sobre eles. Para Toulmin (1977), mudança conceitual é um processo evolucionário, comparável ao modelo proposto por Darwin (1809-1882) para a evolução das espécies vivas, marcado por inovação e seleção [dos conceitos e teorias]. A inovação, para Toulmin (1997), é responsável pelo surgimento de variações conceituais e de novidades intelectuais, enquanto a *seleção* é responsável pela sobrevivência e conservação das ideias e novidades mais sólidas, mais bem adaptadas.

Inspirado em Toulmin, o pesquisador brasileiro Mortimer (1992,1994,1995,1996) propôs a ideia de perfil conceitual para descrever a evolução conceitual das ideias dos estudantes acerca da matéria e suas transformações, ao longo e em decorrência de uma intervenção pedagógica. Pode-se dizer, então, que a visão de ciência de Toulmin tem implicações para a Pesquisa em Ensino de Ciências. A teoria de Toulmin pode ser tomada como um referencial epistemológico para a discussão e aprofundamento da visão de ciência dos alunos, e como referencial teórico de aprendizagem enquanto tentativa de compreender como os estudantes aprendem e como se dá sua mudança conceitual na educação científica.

A ciência é, para Toulmin, uma empresa racional composta por disciplinas que são entendidas, também, como entidades históricas em evolução. Assim, as novidades intelectuais constantemente surgem e são propostas no interior da comunidade científica, mas apenas algumas são transmitidas às gerações seguintes pelo processo de inovação e seleção, ou seja, a própria comunidade científica funciona como crítica seletiva e, ao mesmo tempo, em muitos casos, como filtro das inovações propostas pelos cientistas (ou grupos de cientistas).

Toulmin, a exemplo de Kuhn, Bruno Latour e outros epistemólogos e/ou sociólogos da ciência, busca compreender o empreendimento científico a partir de um olhar histórico. Assevera ele que as disciplinas científicas contêm populações informais de conceitos logicamente independentes. Os conceitos conservam seu lugar na ciência, como membros de uma “população”, reafirmando continuamente seu valor, sendo que a fronteira entre conceitos vizinhos é um equilíbrio dinâmico, que pode ser alterado por qualquer mudança na balança do poder explicativo. O desenvolvimento conceitual não é

¹ O conceito é dinâmico e sempre pode evoluir, conforme às espécies vivas na visão de Charles Darwin (1809-1882) que defendia que organismos vivos evoluem através da “seleção natural”.

universal e irreversível, mas, em vez disso, constitui um processo de “variação e perpetuação seletiva” onde transformações ocorrem e as questões de pesquisa são constantemente reformuladas. Os problemas empíricos nos incitam a estender a aplicação desses conceitos a novos casos, novos fenômenos, enquanto os problemas conceituais propiciam a reorganização do simbolismo e incitam a proposição de novas perguntas.

As “populações conceituais em transformação” e a “perpetuação seletiva de variantes” marcam a visão toulminiana da ciência: uma visão *evolucionária*, como já dito. Segundo Moreira e Massoni (2011, p. 86), a mudança conceitual em uma ciência pode ocorrer, efetivamente, somente se as inovações transitórias não morrerem com seus criadores. Assim, uma condição para a disponibilidade de genuínas mudanças conceituais é a existência de adequados “foros” profissionais de discussão. No caso da ciência, os “foros de competição profissional” determinam a rapidez relativa da mudança conceitual nas disciplinas científicas. As comunidades científicas substituem, modificam, complementam esses conceitos livremente de acordo com as circunstâncias científicas. Isto significa reconhecer que uma ciência compreende uma “população histórica” de conceitos e teorias logicamente independentes, cada um dos quais têm sua história, sua estrutura e suas implicações próprias, mas por ser histórica vai sofrendo a ação do tempo.

Para Toulmin, as teorias são entendidas como artifícios formais ou abstrações, tomadas de uma empresa em desenvolvimento histórico; a ciência é constituída de distintas disciplinas, cuja racionalidade reside principalmente em seus procedimentos (crítica e autocrítica) para levar adiante a mudança conceitual. No enfoque “ecológico” de Toulmin não há lugar para um critério de demarcação arbitrário, *a priori*, como definição de ciência (Toulmin, 1977, p. 481). O processo de seleção crítica equilibra a contínua emergência de inovações intelectuais. Algumas mudanças conceituais são aceitas, incorporadas e outras são ignoradas; porém, em circunstâncias adequadas, este mesmo processo pode explicar a contínua estabilidade de uma disciplina bem definida ou sua rápida transformação em algo novo, de forma que a ciência não é neutra (Toulmin, 1977).

Os indivíduos e as organizações exercem, de fato, poder e influência tão reais na ciência como em qualquer outra esfera da vida humana. Em correspondência a isso, vale a pena lutar por papéis, cargos e posições de influência de uma profissão científica – e na realidade se luta por eles – tão decidida, metódica e até tortuosamente como em qualquer outra esfera (Toulmin, 1977, p. 273). O autor coloca ainda que há uma controvérsia (racionalidade *versus* logicidade) no debate filosófico clássico, cujo resultado, a seu ver,

não terá fim. Diz que não podemos esquecer que não é o mundo que é lógico ou ilógico, senão as pessoas. A conformidade com a lógica é um mérito das argumentações e de quem as argumentam, não há sinal de uma completa docilidade nas coisas sobre as quais se argumenta, de modo que não faz sentido nos perguntarmos por que a lógica se aplica, ou não, ao mundo. Para ele, as coisas, a realidade não se curvam às argumentações do ser humano.

Toulmin assume que a inferência é um tipo de processo que deve ser executado de acordo com regras, e os princípios da lógica desempenham a parte correspondente a essas regras; mas as argumentações precisam ser bem justificadas para evitar de conduzirmos a paradoxos. Muitas vezes, obtemos conclusões sem termos passado por nenhuma das fases intermediárias e essenciais em um processo governado por regras, isto é, não se avaliam os riscos, não se segue um caminho. Para ele, inferir nem sempre implica calcular, mas os cânones da argumentação bem justificada podem ser igualmente aplicados tanto se se alcançam conclusões através de cálculo ou por um mero salto mental.

Daí a importância que Toulmin atribui ao processo de argumentação na ciência, mas também na aprendizagem científica.

2.3 Referencial Metodológico: Toulmin e o processo de argumentação

Na obra *The Uses of Argument* (2003), Toulmin propõe uma abordagem estrutural denominada “célula argumentativa” para constituir um raciocínio argumentativo, distinguindo os elementos invariáveis, que dizem respeito à forma, e os elementos variáveis, que dependem do tipo de assunto abordado. Busca descrever adequadamente em que convergem as linhas de argumentação e afirma que se essas linhas fossem seguidas de maneira sistemática teríamos que concluir pelo rechaço do conceito de “inferência dedutiva”, esta que foi tão aceita por filósofos da ciência influentes e precedentes.

Retomando o debate epistemológico, Toulmin diz que há dois tipos de inferência: a *dedutiva* que dispõe que a conclusão será verdadeira se as premissas forem verdadeiras; e a *indutiva*, que profere que a conclusão terá uma alta probabilidade de ser verdadeira se as premissas também forem verdadeiras (Baronett, 2009). Uma maneira de distinguir os dois tipos de inferência é identificar sua estrutura lógica, por exemplo, as premissas

devem se relacionar com a conclusão. Toulmin pontua que o raciocínio argumentativo difere do raciocínio lógico-analítico na medida em que não representa um processo de inferência que parte de premissas para as conclusões, mas constitui um processo de justificação que parte de uma tese para a qual se apresentam razões.

O processo de construção de argumentos, no ensino, é bastante utilizado em contextos do ensino de Filosofia, das Ciências Humanas, e na educação científica, de maneira geral, indica uma prática relevante na construção de conhecimento (Carvalho; Sasseron, 2015). O modelo de construção de argumentos proposto por Toulmin inclui proposições ou dados (D), qualificadores, garantias, condições de aceite ou refutação e conclusões; e por uma relação complexa entre estes elementos. Os *warrants* - garantias (W) são chamadas por Toulmin de qualificadores modais, e conferem um grau de *força justificatória* às conclusões a partir das premissas dadas, ou de *refutadores*, se estes têm o papel de anular a justificação, e, com isso, não conferem a garantia de que a conclusão se siga logicamente das premissas (Guimarães; Massoni, 2020), como mostra a Figura 3.

Figura 3: Modelo da estrutura da argumentação de Toulmin.

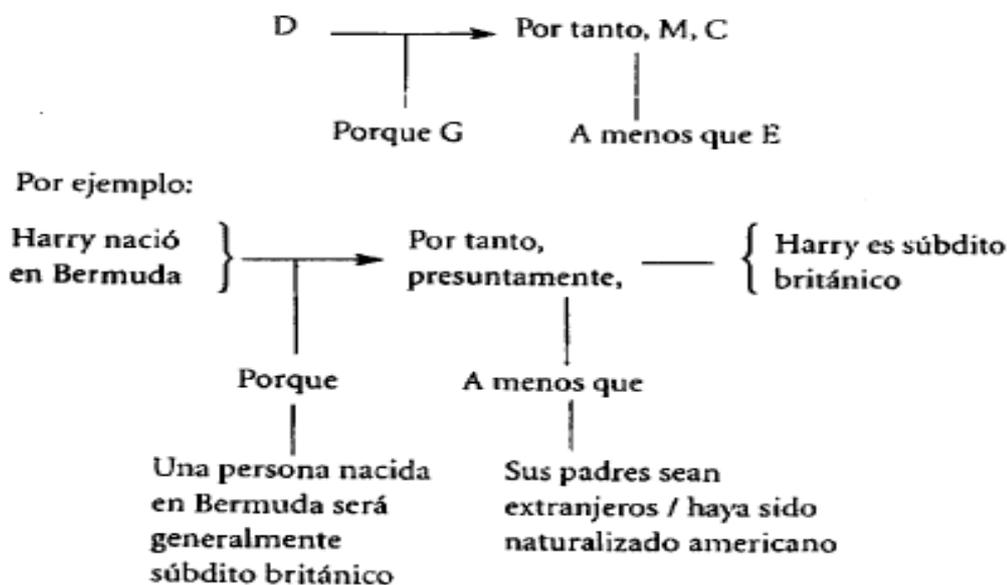


Fonte: Pesquisadora (2021).

Na linha de Toulmin, “um bom argumento é constituído de afirmativas sustentadas por evidências e razões suficientes e relevantes.” (Galvão; Spazziani; Monteiro, 2018).

Toulmin representa sinteticamente esse processo através de um esquema.

Figura 4: Estrutura do Modelo de Toulmin.



Fonte: Capturado de Toulmin (2003, p. 138).

Na estrutura da afirmação “uma pessoa nascida em Bermuda será britânica” temos:

Dados (D): "Harry nasceu em Bermuda";

Garantia (G): "Uma pessoa nascida em Bermuda será geralmente súdito britânico";

Conclusão (C): "Harry é súdito britânico";

Modalidade (M): "presumivelmente" (indica que a conclusão é feita com base nas informações fornecidas, mas não é absolutamente certa);

Exceção (E): "A menos que seus padres sejam estrangeiros / haja sido naturalizado americano".

Portanto, as garantias que a sustentam e sua aplicabilidade é idêntica à que se aplica às leis científicas. Importante é atentar-se que a aplicação de uma “lei” pode estar sujeita a exceções e que, portanto, não há correlações ou padrões, ou métodos universalmente válidos e invariáveis.

Para Toulmin (2003), é possível produzir argumentos para diversas finalidades, o que não significa que sua defesa possa se dar por uma asserção formal direta, pois o apoio que a conclusão recebe advém das asserções e das proposições que compõem as suas premissas, segundo o esquema: premissa maior, premissa menor, conclusão (Guimarães; Massoni, 2020). Apesar da explicitação da garantia em que se gera ser condição do

próprio raciocínio argumentativo, a substância dos dados e das garantias é muito variável e depende das escolhas de quem avança os dados.

Lin (2018) enfatiza que as habilidades de argumentação são essenciais para compreensão conceitual. Um raciocínio argumentativo não é um cálculo, mas é um modo de pensar, a questão da validade articula-se para a questão da aceitabilidade dos dados avançados, da relevância que eles apresentam para a tese (dados) e da suficiência que revelam para que esta possa ser considerada como fundamentada. A validação advém, sobretudo, da criticidade dos argumentos desenvolvidos e não no contexto em que se dá um confronto de teses.

O “modelo da argumentação de Toulmin” (2003), como ficou conhecido, não corresponde a um modelo textual propriamente dito, mas sim a um modo de conceber o funcionamento da argumentação (Massman, 2015). Trata-se de um modelo que propõe que a passagem do argumento à conclusão não ocorre linearmente, mas é fundamentada em um conjunto de princípios que conduzem a uma conclusão com justificativas.

Para uso em sala de aula, esse “modelo” seria parte de um conjunto de atividades desenvolvidas pelos alunos, com orientação do professor, onde os atos de avaliação, justificação e revisão [dos mesmos] vão propiciando um aprendizado em que determinadas metas e objetivos devem ser alcançados, em detrimento de processos e rotinas de memorização que conduzam a uma espécie de aprendizagem mecânica (Guimarães; Massoni, 2020).

Nesse sentido, pode-se lembrar que uma política pública educacional recente, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), sugere a abordagem que envolve discussão oral e o debate, e que devem se relacionar não apenas com questões temáticas e práticas próprias do campo de atuação na vida pública, mas podem/devem desenvolver habilidades relacionadas à distinção entre fato e opinião em outro campo de estudo, o científico (Brasil, 2018, p. 147), como é o que pretendemos fazer em nossa investigação. Não assumindo esta sugestão da BNCC de forma ingênua, teríamos, entretanto, que refletir até que ponto a habilidade argumentativa está associada a habilidades individuais socialmente herdadas (próprias das famílias que fazem investimentos em seus filhos), sendo, portanto, um parâmetro de exclusão no modelo de aprendizagem por competências, pedagogia que é sustentada na BNCC.

No processo de argumentação, Toulmin destaca o que ele chama de dados, que são as proposições que compõem as premissas, e a partir de certo conjunto de garantias (o que confere a justificação ou grau de força justificatória) dão apoio, ou não, para a

conclusão a partir das premissas dadas. Mas isto não basta. O argumentador (aquele que utiliza o argumento para alguma finalidade) tem um papel (seja ele o aprendiz ou o professor) como instrumento de persuasão e convencimento racional, e isto é determinante para o raciocínio revezável. Nesse ponto, pode-se fazer um paralelo entre lógica e jurisprudência, isto oferece alguma luz, mas, adverte Toulmin, contribui muito mais para manter no centro do quadro a função da crítica da razão. Para ele, as regras da lógica aplicam-se aos argumentos humanos, não da forma como o fazem as leis, a psicologia, o método, mas tão somente como padrões de êxito a partir dos quais se possam julgar os argumentos utilizados por um ser humano (um cientista, ou um aprendiz de ciência, por exemplo) ao argumentar: se o argumento é sólido; se a afirmação é bem fundamentada, se está firmemente respaldada e se pode resistir à crítica.

Em função destes parâmetros é que Toulmin fornece elementos para que se possa analisar a qualidade dos argumentos utilizados por estudantes quando colocados em situações de sala de aula, e que favoreçam o debate e a argumentação. Esta é a razão principal de porque a teoria toulminiana foi tomada nesta Tese tanto como aporte epistemológico e metodológico.

A proposta dessa intervenção resultou em uma apresentação na publicação de um artigo na Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática

Título: *O uso da argumentação na aceção de Stephen Toulmin articulado à abordagem histórico-epistemológica com enfoque no aluno: um caminho possível para construção da aprendizagem em relatividade* (Januário & Massoni, 2021).



2.4 A Pesquisa Qualitativa e seus desdobramentos

A pesquisa qualitativa assume uma abordagem que valoriza a apreciação das percepções humanas, dos aspectos subjetivos dos participantes e de suas opiniões sobre fenômenos sociais (Stake, 2011). Segundo Stake (2011), na pesquisa qualitativa, as pessoas “descrevem como elas veem as coisas funcionando” (ibid., p. 37), isto é, centra-se na compreensão e percepção de como as coisas acontecem em determinado ambiente.

O enfoque qualitativo de pesquisa educacional, nesse sentido, busca compreender a complexidade dos fenômenos cotidianos no ambiente escolar, abordando suas incertezas com base no seu contexto natural (Bogdan; Biklen, 1994).

As características distintivas da abordagem qualitativa na educação incluem: (i) a centralidade do pesquisador como instrumento principal, imerso no ambiente natural do contexto escolar, onde “as ações podem ser melhor compreendidas quando são observadas no seu ambiente habitual de ocorrência” (Bogdan; Biklen, 1994, p. 48); (ii) a necessidade de uma descrição detalhada e abundante dos dados, valorizando o uso de cadernos de campo e observações cuidadosas; (iii) o interesse em compreender como os agentes, tanto professores quanto estudantes, atribuem significados às suas ações; (iv) a natureza interpretativa da pesquisa, dando flexibilidade ao pesquisador; (v) a ênfase no processo de observação como uma abordagem experimental, “no modo como diferentes pessoas dão sentido às suas vidas” (ibid. p. 50); (vi) a abordagem naturalística, com o pesquisador mantendo fidelidade aos dados e evitando interferências; (vii) a orientação situacional e personalista, destacando a regionalização, e o contexto cultural local, e evitando a construção de generalizações, priorizando a singularidade (Bogdan; Biklen, 1994).

Dentre as abordagens da pesquisa qualitativa pode-se ter: a Pesquisa-Ação, Investigação-Ação, a Etnografia, o Estudo de Caso, as Histórias de Vida etc. Nesta investigação optamos pela técnica de Estudo de Caso Instrumental de Robert Stake (2011), que implica na investigação da complexidade e singularidade de uma situação específica (Stake, 1999), como foram nossos Estudo I e Estudo II, com os mesmos grupos de alunos, na mesma escola.

Além disso, Alvez Mazzoti (2006) destaca que a abordagem metodológica de Stake se alinha de forma mais consistente com o construtivismo social, apresentando uma sinergia eficaz com a perspectiva proposta por Bogdan e Biklen (1994), e esta foi a principal razão da opção metodológica pelo estudo de caso.

2.4.1 Estudo de Caso na acepção de Stake

Como comentado na subseção precedente, a escolha pelo estudo de caso de Stake para investigar modos de se pensar como “alunos” e como se deu a aprendizagem de TR em duas turmas da Educação Básica, de uma escola pública de Viamão- RS, se justifica por permitir proximidade com os agentes no ambiente natural dos eventos, por vislumbrarmos profundidade e compreensão abrangente dos fenômenos de interesse, capturando a singularidade das experiências educacionais desses sujeitos, levando em consideração a voz dos alunos, suas percepções, experiências, desafios, interações e significados atribuídos ao “ser aluno”, ao pertencimento na dinâmica e no ambiente escolar, e às formas de compreensão de um tópico de FM.

Além disso, essa abordagem também se alinha com a natureza interpretativa da pesquisa qualitativa, para Stake (2011) os fenômenos estudados, em geral, são longos, voltados para entender o que está acontecendo, oferecendo uma descrição rica e interconectada de uma complexidade cultural com o conhecimento científico (Stake, 2011). Nesse sentido, o Estudo de Caso inclui algumas características, tais como: (i) *Interpretativa*, onde valoriza os significados das relações humanas, considerando diferentes pontos de vista e reconhecendo o papel da intuição; o foco é entender o fenômeno a partir das perspectivas dos participantes; (ii) *Experiencial*, com uma abordagem empírica, a pesquisa busca entender a experiência dos participantes de forma detalhada, valorizando o que os participantes sentem, “os pesquisadores experienciais trabalham pessoalmente com a atividade, os problemas, as expectativas, as ambiguidades e as contradições, em alguns casos envolvendo-se completamente” (ibid., p. 73); (iii) *Situacional*, reconhece que cada local e momento possuem características singulares, afastando-se do objetivo de construir generalizações. “as situações fornecem parte do significado para os fenômenos qualitativos” (ibid., p. 62); (iv) *Personalística*, por respeitar a diversidade e voz dos alunos, permite que os problemas de pesquisa possam emergir ou serem aprimorados a partir dessas opiniões.

Stake também destaca que a subjetividade do observador de campo pode ser controlada e não suprimida, mas “deve ser usada de forma vigorosa no intuito de fazer com que as conclusões da pesquisa sejam mais importantes e úteis” (Stake, 1982, p. 07). O autor argumenta ainda que a compreensão do caso exige o entendimento de outros casos, mas destaca a necessidade de dar importância à sua singularidade, “o caso, a atividade, o evento, a coisa são vistos como únicos, assim como comuns” (Stake, 2011,

p. 42), isto é, “os leitores podem ser facilmente atraídos para esse senso de singularidade quando fornecemos relatos experienciais” (ibid., p. 42).

Para ele, o pesquisador pode favorecer aos leitores, por meio de uma narrativa densa no relatório, uma experiência vicária de modo que consigam fazer uma associação do que foi observado no caso estudado, com situações vividas em outros contextos.

Stake (2011) classifica os Estudos de Caso com base em seus objetivos em três tipos. (i) estudo de caso intrínseco, o foco é aprofundar a compreensão de um caso específico sem buscar generalizações. (ii) estudo de caso instrumental busca *insights* para compreender algo mais amplo ou questionar generalizações aceitas e (iii) o estudo de caso coletivo, que envolve a investigação de vários casos em conjunto para compreender um fenômeno mais amplo.

Nos Estudo I, optamos pelo tipo de *Estudo de Caso Instrumental*, pois nossa intenção foi fazer “escutas” aos alunos de duas turmas do 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública e periférica, mas buscamos, por meio dessa abordagem, chegar a uma compreensão mais abrangente de um fenômeno maior, que engloba a experiência dos estudantes como um todo, do que é “ser aluno”, de estar ou não “pertencido” à escola, de atribuir ou não um papel à educação científica. Nesse sentido, analisamos os grupos conjuntamente, embora as “falas” fossem individuais, para obter uma visão completa da experiência desses alunos enquanto sujeitos da escolarização. A análise e interpretação dos dados deste estudo serão desenvolvidas no Capítulo VI.

No que diz respeito à coleta de dados, empregamos diversas fontes. Utilizamos o caderno de campo para registrar informações relevantes, tais como reflexões pontuais, falas ocorridas nos corredores e espaços abertos da escola, como pátio, especulações e conceitos teóricos. A observação participante foi aplicada tanto como instrumento de familiarização com o contexto de sala de aula, quanto como forma de coleta de dados participativa. Realizamos rodas de conversas, que não foram propriamente grupos focais, mas inspiradas em grupos focais, e conduzimos escutas, que foram gravadas em áudio, com a permissão dos participantes, que assinaram (ou seus pais ou responsáveis) o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, com o intuito de obter informações singulares dos envolvidos, transcrevendo e analisando posteriormente esses registros.

Além disso, de acordo com Stake (2011) e Bogdan e Biklen (1994), essa abordagem permitiu enfatizar o papel fundamental do pesquisador como instrumento de pesquisa, com imersão no ambiente natural e interação com os participantes. Nesse

contexto, as experiências, as vivências e as interpretações do pesquisador não se desvinculam do processo de pesquisa.

2.4.2 Metodologia de Análise de Conteúdo de Bardin

Para a análise da revisão de literatura, e das transcrições das falas dos alunos, Estudo II, utilizamos a técnica da *Análise de Conteúdo*, de Bardin (2011). Apropriamos das orientações constantes da introdução, o prefácio, o capítulo denominado “Definição e relação com as outras Ciências”, que constitui a primeira parte do livro intitulado “Análise de Conteúdo” e dos capítulos da terceira parte do livro, denominado “Método”. Destacamos aqui alguns trechos como os pontos chave dessa leitura.

Laurence Bardin, professora assistente de Psicologia na Universidade de Paris V, aplicou as técnicas da Análise de Conteúdo na investigação psicossociológica e no estudo das comunicações de massa. A autora traz uma perspectiva histórica da análise do conteúdo, ressalta que essa técnica surgiu pelas necessidades no campo da Sociologia e da Psicologia, acontecimento esse que ficou marcado pela sistematização das regras; interesse pela política; surgimento de novas problemáticas no campo metodológico, dentre outros. Assim, para a autora, a função primordial da análise do conteúdo é o desvendar crítico. Por isso, procura deixar claros os métodos da análise científica, de modo que o pesquisador, qualquer que seja a especialidade ou finalidade, possa fazer uma boa aplicação.

Historicamente surgiram discussões sobre as diferentes funções da análise de conteúdo. Para a autora, inicialmente desempenhou uma função heurística, objetivando a análise do conteúdo enriquecer a tentativa exploratória e verificar se os achados da análise eram verdadeiros ou não. Na abordagem qualitativa o referencial era a presença ou ausência de características de um dado fragmento, ao passo que em estudos quantitativos, o referencial eram os dados estatísticos, a frequência com que apareciam determinadas características do conteúdo. Posteriormente, o critério de objetividade tornou-se menos rígido, o que possibilitou usos combinatórios de análises e estatísticas. Logo, a análise do conteúdo deixou de ser apenas descritiva e passou a ser inferencial (Santos, 2012)

Ademais, Bardin faz algumas reflexões acerca da análise do conteúdo e a linguística, já que a linguagem é um objeto em comum nos dois campos. Aponta que a linguística se preocupa com o estudo e funcionamento da língua, mas a análise do

conteúdo procura conhecer aquilo que está por trás do significado das palavras: foca em mensagens, comunicações, cujo objetivo é a manipulação destas para confirmar os indicadores que permitam inferir sobre outra realidade, que não a da mensagem.

A análise documental foca nos documentos, cujo objetivo é a representação condensada da informação para consulta e armazenagem. Portanto, para Bardin (2011, p. 15), a análise de conteúdo é um “conjunto de instrumentos metodológicos cada vez mais sutis em constante aperfeiçoamento, que se aplicam a "discursos" (conteúdos e continentes) extremamente diversificados”.

O processo inicia com ações de divisão de um texto em unidades, em categorias que seguem estratégias de reagrupamentos analógicos. Dentre as possibilidades de categorização ela aponta a busca de temas – análise temática –, e considera esta técnica rápida e eficaz para apoiar a análise de conteúdos textuais.

Quanto às etapas, apresenta três polos cronológicos que são: (i) a pré-análise; (ii) a exploração do material; e (iii) o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação.

(i) *A pré-análise:*

Bardin (2011) diz que a pré-análise corresponde à primeira fase de organização dos dados, que é composta por cinco principais atividades: a) *Uma leitura flutuante do material*, para ver do que se trata; b) *Escolher os documentos que serão analisados* (a priori), ou selecionar os documentos que foram coletados para a análise (a posteriori); é a ação de escolher dentre o universo de documentos quais serão úteis para fornecer informações associadas ao problema de pesquisa. Para esta etapa, as seguintes regras são consideradas: *exaustividade* (considerar todos os elementos do *corpus*); *representatividade* (os resultados deverão sofrer um processo de generalização); *homogeneidade* (ter critérios precisos de escolha); e *pertinência* (os documentos obtidos devem ser adequados, enquanto fonte de informação); c) *Formular hipóteses e objetivos*: As hipóteses são afirmações provisórias, baseadas na intuição, que permanecem em suspenso até serem testadas com dados seguros ao longo da exploração e tratamento dos resultados; d) *A referência dos índices e a elaboração de indicadores*: o índice é a menção explícita de um *tema* em uma mensagem e a frequência de aparecimento deste será o indicador; e) *Preparar o material* (transcrição das entrevistas, gravações, anotações das respostas de questões abertas).

Para Bardin, esta etapa tem como objetivo operacionalizar e sistematizar as ideias iniciais que levam à construção de um plano de análise; avaliar o que faz sentido analisar e o que ainda precisa ser coletado.

(ii) *Exploração do material: a codificação e categorização*

A autora diz que exploração do material consiste em operações de *codificação e categorização*. Para transformar os dados brutos é preciso recorrer ao mecanismo de codificação, ou seja, os dados são sistematizados e organizados em “unidades de análise”. Na codificação, deve ser feito o recorte das unidades de registro e de contexto. Também deve ser feita a *enumeração* de acordo com os critérios estabelecidos, podendo ser através da presença (ou ausência), frequência, frequência ponderada, intensidade, direção, ordem e coocorrência (é a presença simultânea de duas ou mais unidades de registro numa unidade de contexto).

Assim, é necessário, para o tratamento do material, a busca de *unidades de registro*, que podem ser a palavra, o tema, o objeto ou referente, o personagem, o acontecimento ou o documento.

Para selecionar as unidades de contexto, deve-se levar em consideração o custo e a pertinência. Neste raciocínio, o tema é uma das características da análise de conteúdo e corresponde à unidade de significação que pode se desprender naturalmente de um texto. A emersão do tema deve seguir certos critérios, ou seja, pode estar embasada por uma teoria que pode apoiar a leitura e escolha dos temas (Dantas; Massoni; Dos Santos, 2017, grifo nosso)

Após a codificação, vem a *categorização* que consiste na organização e classificação de elementos dentro de um conjunto. Bardin (2011) defende que a codificação conduz à construção de um sistema de categorias, que consiste em um mecanismo de classificação de elementos dentro de um conjunto textual e pode ser elaborado por diferenciação seguido por analogia. As categorias são classes dentro das quais se agrupam um grupo de elementos, por exemplo unidades de registro, sob um título genérico em função de características comuns entre esses elementos. O critério de categorização pode ser *semântico, sintático, léxico* ou *expressivo*.

Segundo Bardin (2011) um dos objetivos do processo de categorização é fornecer uma representação simplificada **dos dados brutos**, uma vez que estes são organizados e podem fornecer “índices invisíveis”, de difícil percepção ao nível dos dados brutos.

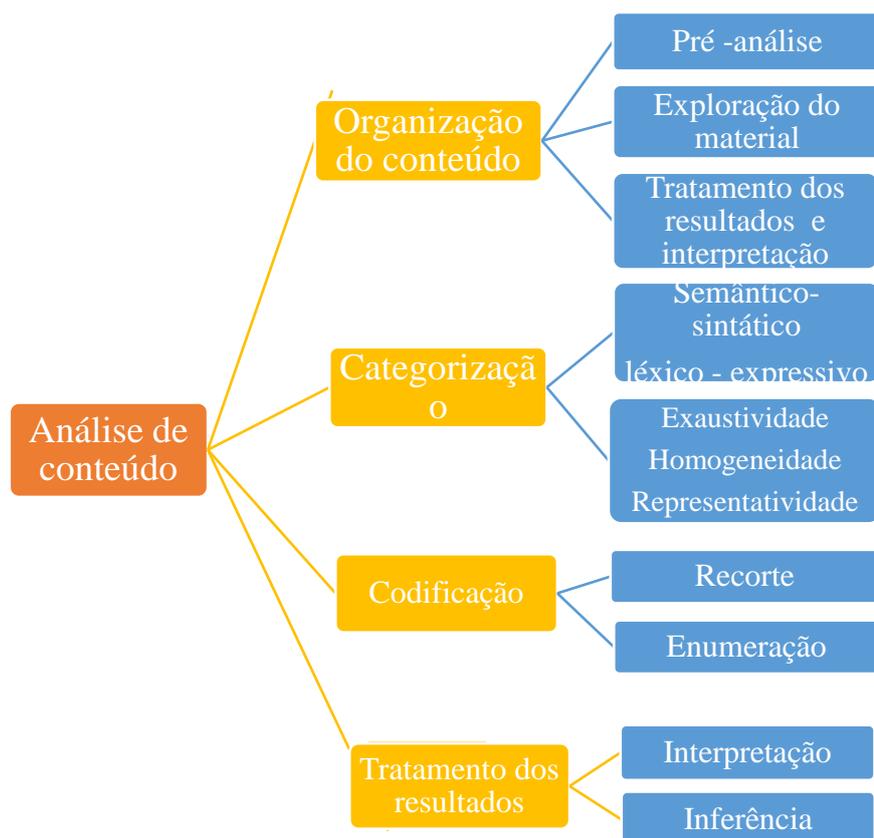
Classificar elementos em categorias impõe evidenciar o que cada um deles tem em comum com outros, e comporta duas etapas: o inventário – que consiste em isolar os elementos; e a classificação – que consiste em repartir os elementos, impondo certa organização às mensagens. Neste ponto, há duas possibilidades para se realizar: (i) procedimento por caixa (quando se tem um sistema de categorias *a priori* e que pode ser apoiado por uma teoria prévia) e (ii) procedimento por categorias (quando as categorias resultam dos dados).

iii) Tratamento dos resultados: interpretação e inferência

O tratamento dos resultados obtidos e a interpretação consistem em obter significação e validade. A partir daí pode-se propor inferências e as interpretações podem se articular com os objetivos previstos na pesquisa ou podem surgir descobertas inesperadas (Bardin, 2011). As inferências podem responder aos seguintes questionamentos, se referindo aos possíveis efeitos da mensagem: o que conduziu a determinado enunciado? Quais as consequências que determinado enunciado vai provavelmente provocar? (ibid., p. 34).

A Figura 5 busca fazer um compilado das técnicas de apoio para a realização da análise de conteúdos textuais, a partir da leitura de Bardin (2011).

Figura 5: Esquema da técnica de Análise de Conteúdo de Bardin.



Fonte: Pesquisadora (2022).

Para Bardin (2011) a inferência pode apoiar-se nos elementos constitutivos do mecanismo clássico da comunicação, ou seja, o *emissor* ou produtor da mensagem – que pode ser um indivíduo ou um grupo de indivíduos emissores; o *receptor* – que pode ser um indivíduo, um grupo (restrito ou alargado) de indivíduos; a *mensagem* – qualquer análise de conteúdo passa pela análise da própria mensagem. Esta constitui o material, o ponto de partida e o indicador sem o qual a análise não seria possível; a *Significação* – a análise de conteúdo pode realizar-se a partir das significações que a mensagem fornece; o *código* – indicador capaz de revelar realidades subjacentes; e o *médium* – o canal por onde a mensagem foi enviada.

Em nossa pesquisa, a AC nos auxiliou tanto na leitura dos artigos e produções intelectuais, como na interpretação e categorização da revisão da literatura e da produção acadêmica, quanto no material coletado na durante o Estudo I, com base nas rodas de conversa.

Para concluir, utilizamos as próprias palavras de Bardin (2011, p. 48) ao definir a AC como um conjunto de “técnicas de análise de comunicação, visando obter por

procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitem a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção destas mensagens.”

CAPÍTULO III: REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo apresentaremos a revisão de literatura que realizamos, utilizando como banco de dados a *Web of Science* e os Anais de alguns dos principais eventos da área de Pesquisa em Ensino de Física/Ciências, a saber: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF); Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciência (ENPEC) e Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF).

Conduzimos a revisão de literatura sobre a produção recente acerca da Física Moderna em diferentes contextos com vistas a compreender as tendências da área, e de identificar um tópico de FM que fosse considerado grandemente relevante para ser trabalhado no Estudo II, objeto do Capítulo VII. Utilizamos, como dito, o Banco de Dados da base *Web of Science Core Collection*, acessível via Portal de Periódicos da CAPES; e *Web of Science SciELO (SciELO Citation Index)*, também disponível no mesmo portal.

A busca por artigos nacionais e internacionais teve, assim, como principal objetivo responder, em parte, à questão de pesquisa 1) de nossa pesquisa, que retomamos aqui para melhorar a clareza: *1) Qual tópico de Física Moderna está sendo mais discutido na área e como articulá-lo com a História e Filosofia da Ciência (HFC) explorando sua estrutura conceitual, sua história e seu papel no desenvolvimento da Física para alunos do Ensino Médio?*

Na segunda etapa da revisão prosseguimos com o exame de Anais de Eventos, com intuito de ratificar (ou não) os achados da Revisão de Literatura e checar em que medida as abordagens articulavam esse tópico com aspectos históricos e filosóficos.

Passamos a apresentar uma descrição da busca e dos achados a partir da base *Web of Science*, e a organização a que chegamos através da construção de categorias que buscam agrupar os artigos segundo os diferentes tópicos da FM. De maneira geral, norteamos-nos pelo referencial de Cooper et al (2009) subsidiado, na categorização e inferências, pela AC de Bardin (2011).

3.1 Revisão da Literatura na *Web of Science*

Iniciamos a busca com o descritor “*Contemporary Modern Physics*” na base *Web of Science Core Collection*, no portal de Periódicos da Capes. Com uso do filtro temporal, restringimos a busca pelas produções feitas entre 2009 e jul/2021, perfazendo um período de 12 anos o que consideramos coerente por contemplar a última década, e obtivemos 574 artigos. Em seguida, aplicamos o filtro quanto à natureza da publicação, de forma que foram selecionados apenas artigos, se retirando “*Review articles*”, “*book reviews*”, “*proceedings papers*” e “*early access*”. Isto resultou em 385 artigos. Utilizamos como metodologia de recorte e análise da produção da literatura o referencial de Cooper et al (2009), que invoca a análise documental, e auxiliou-nos a identificar nos trabalhos o que foi produzido, que pergunta de pesquisa respondeu, que tipo de abordagem utilizou, que resultados obteve etc.

Posteriormente, como a quantidade de artigos ainda era elevada, aplicamos um filtro relativo às categorias da base *Web of Science*. A base organiza as produções em diversas categorias relacionadas ao tema da produção, de forma que é possível selecionar as categorias de interesse. Assim, empregamos as categorias fornecidas pela *Web of Science* que se relacionavam ao tema da pesquisa: “*Physics Multidisciplinary*”, “*History and philosophy of Science*”, “*Philosophy*”, “*Multidisciplinary Sciences*”, “*Education Educational Research*” e “*Education Scientific Disciplines*”. Isto resultou em 141 artigos.

Com esses 141 artigos, procedemos à leitura de títulos e resumos e consideramos apenas aqueles que versassem sobre aspectos que pudessem ser relacionados com a pesquisa em Ensino de Física e a introdução de temas de FM no Ensino Médio. Vale ressaltar que alguns artigos não tratavam diretamente sobre aspectos de Ensino de Física, como artigos da categoria “*Philosophy*”, mas os textos foram considerados mesmo assim, pois apresentavam discussões que realçavam aspectos epistemológicos cabíveis para o Ensino Médio. Com este refinamento ficamos com 30 artigos.

Entretanto, a busca na coleção principal da *Web of Science* forneceu majoritariamente artigos em inglês, o que não nos trazia uma boa indicação sobre as pesquisas realizadas no Brasil e na América do Sul. Tendo isso em mente, realizamos uma busca com os mesmos descritores e filtros na base *Web of Science SciELO (SciELO Citation Index)*, também disponível via Portal de Periódicos da Capes. Nesta nova busca aplicamos o filtro temporal de 2010 até jun/2021, o que resultou em 11 artigos, dos quais

selecionamos nove, que serviam aos propósitos da nossa investigação. Desta forma, analisamos 39 artigos relacionados ao tema da FM.

O Quadro 1 mostra os artigos selecionados.

Quadro 1: Lista dos artigos consultados sobre Física Moderna.

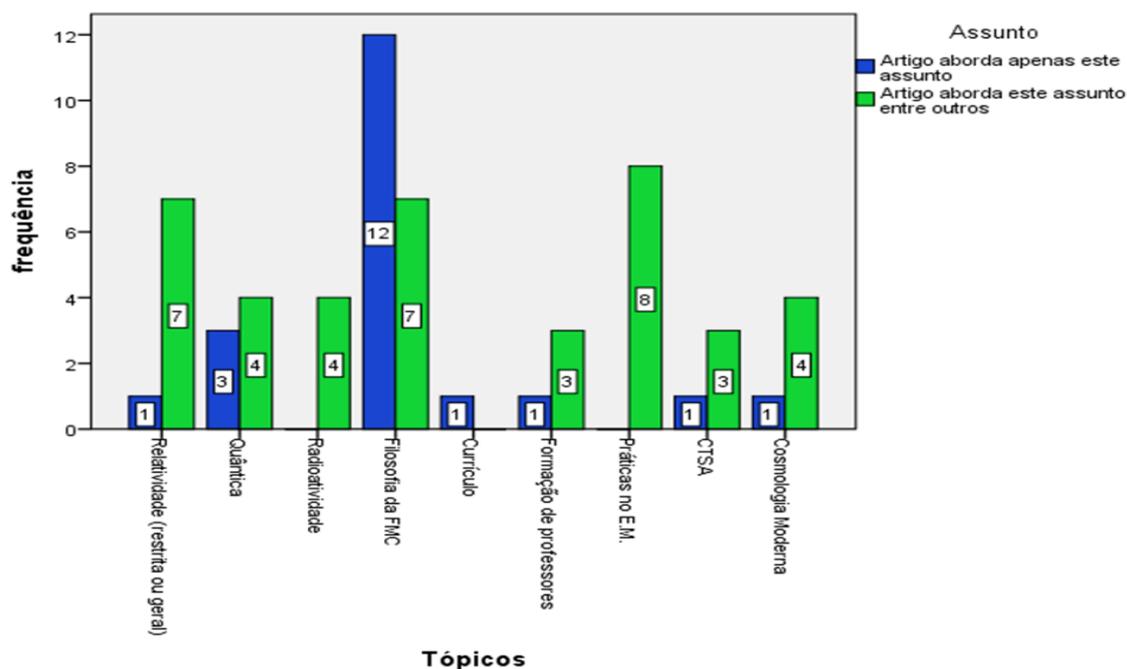
	Ano	Autores	Título
1	2021	LIMA <i>et al.</i>	<i>Concepções de dualidade onda-partícula: uma proposta didática construída a partir de trechos de fontes primárias da Teoria Quântica</i>
2	2020	MEUCCI	<i>Physics has evolved beyond the physical: a reply to valid criticisms of the crisis on physics</i>
3	2020	KAPIIEHKO	<i>The second Law of Thermodynamics in the context of contemporary physical research</i>
4	2020	DISALLE	<i>Absolute Space and Newton's theory of Relativity</i>
5	2020	SAMPSON	<i>Conceptions of Temporality: Reconsidering Time in an Age of Impending Emergency</i>
6	2020	SMEENK	<i>Some Reflections on the Structure of Cosmological knowledge</i>
7	2020	ALVES-BRITO; CORTESI	<i>Complexidade em Astronomia e Astrofísica</i>
8	2019	ROSA <i>et al.</i>	<i>Acidente Nuclear de Goiânia nos Livros Didáticos de Física</i>
9	2019	TRUGILLO; FONTES	<i>A Física Moderna e Contemporânea nas perspectivas CTSA e História da Ciência nos livros didáticos de Física</i>
10	2019	SILVA	<i>A Conceptuel Questionnaire on Radiations: Formulation process and Analyses of Distractors</i>
11	2019	PARK <i>et al.</i>	<i>When Modern Physics Meets Nature of Science: The Representation of Nature of Science in General Relativity in New Korean Physics Textbooks</i>
12	2019	AMBROZY <i>et al.</i>	<i>Classical Mechanics and Contemporary Fundamental Physical Research</i>
13	2019	COLES	<i>A revolution in science: the eclipse expeditions of 1919</i>
14	2019	BATISTA; SIQUEIRA	<i>Didactic Analysis of a Ludical Activity about "Nuclear Instability"</i>
15	2018	DE BIANCHI; CATREN	<i>Introduction to the special issue Hermann Weyl and the philosophy of the 'New Physics'</i>
16	2018	FRENCH	<i>Toying with the Toolbox: How Metaphysics Can Still Make a Contribution</i>
17	2018	HOROKHOV; ZHUKOVA	<i>Contemporary Cosmological Paradigms and their Impact on Educational Research</i>
18	2018	O'RAIFEARTAIGH <i>et al.</i>	<i>One hundred years of the cosmological constant: from "superfluous stunt" to dark energy</i>
19	2018	TEREKHOVICH	<i>Metaphysics of the principle of least action</i>
20	2017	RAMOS; PIASSI	<i>O insólito e a física moderna: interfaces didáticas do conto fantástico</i>
21	2017	MAMCHUR	<i>The Destiny of Atomism in the Modern Science and the Structural Realism</i>
22	2016	ZOLLMAN	<i>Oersted Lecture 2014: Physics education research and teaching modern Modern Physics</i>

23	2016	PAGLIARINI; ALMEIDA	<i>Leituras por alunos do ensino médio de textos de cientistas sobre o início da física quântica</i>
24	2016	GURGEL <i>et al.</i>	<i>The role of cultural identity as a learning factor in physics: a discussion through the role of science in Brazil</i>
25	2015	GRUNER; BARTELMANN	<i>The Notion Of 'Aether': Hegel Versus Contemporary Physics</i>
26	2015	KARPENKO	<i>The problem of interpretation of the concept of space in some of the multiverse hypotheses in contemporary physics</i>
27	2015	GODOI	<i>The Problem of Simple Nature Ideas to The Non-Euclidian Geometry and Non-Newtonian Physics from the Analysis of Gaston Bachelard</i>
28	2015	BARCELLOS; GUERRA	<i>Inovação Curricular e Física Moderna: da Prescrição à Prática</i>
29	2014	PETRÔNIO	<i>Epistemologia da matéria: Algumas reflexões sobre sua representação e estatuto ontológico</i>
30	2014	RODRIGUES <i>et al.</i>	<i>Uma proposta de inserção da teoria da relatividade restrita no Ensino Médio via estudo do GPS</i>
31	2014	SIEROKA; MIELKE	<i>Holography as a principle in quantum gravity? – Some historical and systematic observations</i>
32	2013	VAN LUNTEREN; HOLLESTELLE	<i>Paul Ehrenfest and the Dilemmas of Modernity</i>
33	2013	KRAGH; NIELSEN	<i>Spreading the Gospel: A Popular Book on the Bohr Atom in its Historical Context</i>
34	2012	MONTEIRO <i>et al.</i>	<i>Física Moderna e Contemporânea no ensino médio e a formação de professores: desencontros com a ação comunicativa e a ação dialógica emancipatória</i>
35	2012	BORRELLI	<i>The case of the composite Higgs: The model as a "Rosetta stone" in contemporary high-energy physics</i>
36	2011	BEVERS	<i>Everett's "Many-Worlds" proposal</i>
37	2010	SOUZA; ARAÚJO	<i>A produção de raios X contextualizada por meio do enfoque CTS: um caminho para introduzir tópicos de FMC no ensino médio</i>
38	2010	MONTON	<i>McTaggart and Modern Physics</i>
39	2010	AINSWORTH	<i>What is ontic structural realism?</i>

Fonte: Pesquisadora (2021).

Com uma leitura dos títulos foi possível distinguir os diferentes temas sobre os quais versavam os artigos, desde assuntos mais específicos da FM, até temas mais próprios da pesquisa em Ensino de Física. Para fins de visualização, com base nessa seleção, prosseguimos inicialmente com o que chamamos de análise primária. Essa análise consistiu em agrupar os artigos por assunto, a partir da leitura do título e resumo. Posteriormente, para melhor visualização, construímos com o *software* IBM SPSS *Statistics*,² versão 20, um histograma, como mostrado no Gráfico 1.

² O SPSS é um pacote para análise e tratamento estatístico de dados
<https://www.ibm.com/support/pages/downloading-ibm-spss-statistics-20> , acesso mai/2021.

Gráfico 1: Distribuição temática dos Artigos em Física Moderna em análise primária

Fonte: elaborado pelos autores (2021).

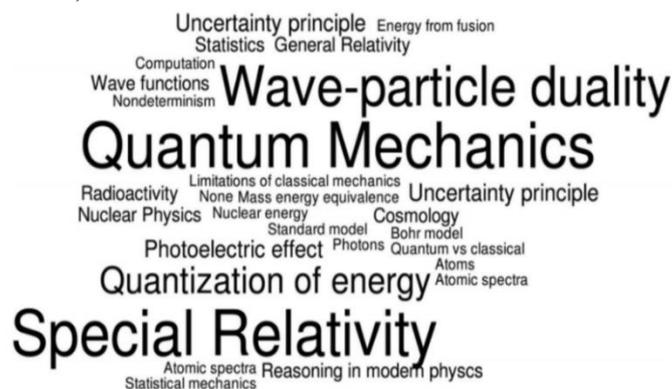
Os artigos encontrados abrangiam os seguintes temas: Relatividade (Restrita ou Geral), Física Quântica, Radioatividade, aspectos filosóficos de diferentes temas da FM, questões curriculares para o Ensino Médio no que diz respeito à FM, em cursos de formação de professores, bem como um enfoque CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) e Cosmologia Moderna.

A análise desses artigos resultou na construção de quatro categorias principais: i) Aspectos Histórico -Epistemológicos e Curricularização da FM; ii) Conceitos de massa e radiação na FM; iii) Noção de tempo e espaço na FM; e iv) Integração da FM com outras áreas do conhecimento. Destacamos que alguns artigos foram classificados em mais de uma categoria, ultrapassando, assim, a quantidade mencionada de 39 artigos, que foram lidos e analisados em profundidade. Passamos a explicar cada uma dessas categorias elaboradas.

3.1.1 Categoria i) Aspectos Histórico- Epistemológicos e Curricularização da FM

Encontramos nesta categoria artigos de pesquisas com distintas tendências, contudo, ressaltamos a pesquisa de Zollman (2016), ganhador da medalha Oersted de Ensino de Física³, que discute o ensino de Física Moderna para diferentes níveis de ensino. O autor destaca que durante as palestras da cerimônia da medalha Oersted de 2014, foi proposto aos participantes as seguintes questões: *Qual tópico de FM deveria ser abordado em um curso introdutório? Além disso, para abrir espaço a esses temas, o que você retiraria do curso atual?* Zollman (2016, p. 5, tradução nossa). Os participantes poderiam responder essas questões utilizando um aplicativo de celular, sendo os respondentes majoritariamente um público acadêmico, isto é, a maioria era de professores acadêmicos de cursos de formação de professores. Zollman (2016, p. 5) esclarece que “a mecânica quântica e a relatividade especial são, de longe, os tópicos dominantes. Vários outros tópicos, como dualidade onda-partícula, o princípio da incerteza e quantização são também relacionados”, o que é ilustrado através da nuvem de palavras que o autor apresenta, Figura 6.

Figura 6: Tópicos de FM a serem ministrados em cursos introdutórios, segundo a audiência da medalha Oersted em 2014 (75 respondentes, a maioria acadêmicos).



Fonte: Capturado de Zollman (2016).

³ A medalha Oersted é uma premiação que reconhece importantes pesquisas na área de Ensino de Física, tendo sido estabelecida em 1936 pela *American Association of Physics Teachers*. Entre os premiados destacam-se Dean Zollman, autor do artigo analisado, além de físicos mais conhecidos, como Richard Feynman que recebeu a medalha em 1972, Frank Oppenheimer em 1984, Carl Sagan em 1990, Carl Wieman em 2007 (este inclusive esteve presente na palestra de abertura do Simpósio Nacional de Ensino de Física, no Brasil, em 2021), entre outros nomes.

Quanto aos possíveis tópicos que poderiam ser retirados da matriz curricular para que professores tenham tempo para ministrar FM, Zollman (2016) traz que não houve consenso sobre quais temas poderiam ser omitidos, e diz que “há uma fração razoável de professores que acreditam que podemos acrescentar mais conteúdo sem omitir nenhum dos tópicos que são cobertos atualmente. Isso é possível? Eu duvido, mas não posso dar uma resposta definitiva” (p. 5, tradução nossa), de forma que a escolha sobre deixar de fora tópicos da física clássica ou manter, ainda é uma escolha que o professor deve fazer com base no seu contexto. De qualquer forma, em concordância com outros estudos (Silva, 2019; Hoernig; Massoni; Hadjimishef, 2021), Zollman (2016) afirma que para os alunos mais casuais da física, isso inclui alunos de EM, é natural que as práticas de ensino usem pouca ou nenhuma abordagem matemática, enfatizando conceitos e a visualização (modelos, representações etc.). Para ressaltar a importância da aprendizagem conceitual nesses níveis de ensino, o autor coloca que os estudantes sabem usar por exemplo a Segunda Lei de Newton, entretanto, quando solicitados a explicar com suas próprias palavras o significado da equação, mostram dificuldades.

A pesquisa de Hoernig (2020) traz uma situação semelhante, pois ao aplicar questionários em três escolas diferentes da rede pública de ensino na região metropolitana de Porto Alegre, RS, sobre cientistas que os alunos pudessem conhecer, “um(a) aluno(a) teria perguntado ‘qual era o nome do cientista que criou as três leis de Newton’. É um retrato da realidade das escolas públicas, um desafio a ser encarado” (Hoernig, 2020, p. 156). Por isso, alinhamo-nos a essas pesquisas no sentido de dar importância, no EM, a uma abordagem mais conceitual e que trabalhe articuladamente aspectos da História da Física, para que os alunos tenham minimamente condição de dizer, por exemplo, quem é o cientista por trás das leis da Física, de compreender o significado dos conceitos imbricados, e como essas leis se aplicam em situações do cotidiano. Ainda sobre a inclusão de tópicos de FM, Silva (2019, p. 3) elucida que “só faz sentido levá-los para o EM se forem privilegiadas abordagens qualitativo-conceituais, histórico-filosóficas etc.”.

Assim, a literatura aponta que é relevante que no EM se privilegiem abordagens mais conceituais e que trabalhem aspectos da História da Física, para que os alunos construam uma visão de ciência como construção humana, sejam capazes de compreender como as leis se aplicam em situações do cotidiano e não apenas saibam identificar o “cientista” que as propuseram.

Além disso, Trugillo e Fontes (2019), em uma pesquisa imersa na perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), mencionam que as abordagens

histórico-filosóficas precisam ser feitas com cuidado, e não apenas ter um “excesso de longas biografias, inundadas por datas e que não fazem a devida menção às ideias científicas e aos contextos socioculturais” (ibid., 2019, p. 7) como aparece em alguns livros que compõem o Plano Nacional do Livro Didático (PNLD). É interessante destacar que, semelhantemente ao trabalho de Trugillo e Fontes (2019), há uma defesa dos diferentes autores que escrevem sobre radioatividade, de que esse tópico pode naturalmente permitir uma perspectiva de ensino CTSA, pelas suas extensas aplicações tecnológicas (Rosa; Roza da Silva; Darroz, 2019; Souza; Araújo, 2010).

Para contornar a limitação comumente presente em livros didáticos acerca dos problemas de ordem histórica, Lima *et al.* (2021, p. 2) sugerem que “uma possível alternativa a tais problemas seria recorrer ao uso de livros e artigos historiográficos”. Pagliarini e Almeida (2016) e Ramos e Piassi (2017) corroboram essa possibilidade, mas focam o Ensino Médio. Kragh e Nielsen (2013) trabalham essa mesma possibilidade para o Ensino Superior, analisando livros que difundiram o modelo atômico de Bohr pela Europa nos primeiros estágios da Mecânica Quântica. Pagliarini e Almeida (2016), por exemplo, utilizaram trechos da autobiografia de Planck em uma perspectiva histórica da Quântica. Já Ramos e Piassi (2017) trabalham com a possibilidade de contos fantásticos. Estas propostas, apesar de não tratarem diretamente tópicos de FM, insistem em estratégias que podem facilitar a aceitação pelos alunos de temas abstratos e de difícil entendimento. Pesquisadores em Ensino de Física na França também têm utilizado esta perspectiva através das histórias de George Gamow, sobre o personagem fictício Mr. Tompkins (Lautesse *et al.*, 2015).

Alstein *et al.* (2021) propõem que uma estratégia eficaz para auxiliar os alunos na compreensão dos efeitos relativísticos é concentrar esforços na abordagem das dificuldades dos professores durante a graduação e em programas de formação continuada. Especificamente, destacam a importância de aprimorar o entendimento dos postulados da TR, a habilidade de transitar entre quadros de referência considerando a invariância da velocidade da luz e a incompatibilidade com a transformação galileana. Os autores identificam lacunas nesse conhecimento que necessitam de investigações mais aprofundadas. Argumentam ainda que ao explorar esses aspectos com base em elementos históricos, e na contextualização filosófica, é possível obter resultados promissores.

Observamos que há uma tendência de consenso entre os pesquisadores desta categoria em relação à necessidade de incorporar conteúdo da FM na Educação Básica.

Essa tendência sugere que essa inserção deva ser introdutória, conceitual e integrada a aspectos históricos e filosóficos (Januário, Hoernig; Massoni, 2024).

Estes argumentos são reforçados em documentos públicos, desde os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e PCN+ (Brasil, 1999; 2002) até o mais recente documento da Base Nacional Curricular Comum (BNCC) (Brasil, 2018), que destacam Física Moderna (e FMC) como elementos indispensáveis para desenvolver no aluno a capacidade de questionar e avaliar avanços tecnológicos e mudanças nos paradigmas científicos. As Orientações Curriculares para o Ensino Médio, caderno Ciências da Natureza (Brasil, 2006) são ainda mais específicas ao sugerir como estratégias didáticas: *a introdução da História e a Filosofia da ciência*; *o enfoque metodológico CTS* (ciência, tecnologia e sociedade) e *a alfabetização científica e tecnológica (ACE)*, sendo o “*uso da história da ciência para enriquecer o ensino de Física e tornar mais interessante seu aprendizado, (...) possibilita a visão da ciência como uma construção humana*” (Brasil, 2006, p. 64). Ainda que este documento tenha quase 20 anos, não conseguimos superar este desafio, daí a importância de novas investigações dessa temática.

3.1.2 Categoria ii) Conceitos de massa e radiação na FM

Nesta categoria incluímos estudos que examinam a estrutura dos argumentos presentes em textos de cientistas renomados da História da Ciência, especialmente durante o surgimento das teorias da Relatividade e da Mecânica Quântica. Embora os estudos enfatizem a natureza da ciência, alguns conceitos da FM ainda são escassamente abordados nas salas de aula do Ensino Médio.

Para o estudo de Relatividade, Cole (2019) traz uma ampla discussão sobre o conceito de massa, acerca das concepções newtonianas corpusculares da luz, ou os *quanta* de De Broglie. Petrônio (2014) traz um estudo muito relevante sobre a epistemologia da matéria, além de abordar a noção de massa relativística, para além do entendimento simplista de que “massa é energia e energia é massa”, como muitas vezes é interpretado pela equação $E = mc^2$. O autor defende que “não há qualidades reais nos objetos da experiência, ou seja, as chamadas qualidades secundárias são subjetivas, restando apenas tratar aquilo que é matematizável” Petrônio (2014, p. 3), e isto vale tanto para massa

quanto para tempo, o que vai ao encontro de outros autores (Disalle, 2020; Monton, 2010).

O autor afirma que a famosa relação entre energia e massa ($E = mc^2$) pode provocar algumas confusões para os alunos do EM, sobre a interconvertibilidade de massa e energia, pois não são a mesma coisa. Para isso, Petrônio (2014) alerta que é preciso fazer distinção entre massa de repouso e massa relativística. Esta última é dada por $m\gamma$, em que γ é o conhecido fator de Lorentz, dado por:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (1)$$

Esta é a massa “que aparece na equação $E = m\gamma c^2$, válida em *todos* os referenciais, incluindo aqueles para os quais o corpo está em repouso, isto é, para aqueles em que $\mathbf{v} = \mathbf{0}$ e, por conseguinte, $\gamma = 1$ ” (Petrônio, 2014, p. 6, *grifo nosso*). Não obstante, alerta que é preciso destacar que a massa relativística não é aditiva como a massa em termos clássicos, no sentido de que um sistema constituído de dois corpos com massas m_A e m_B , em movimento ou aquecido (o que a nível macroscópico é evidente, uma vez que a temperatura é uma medida da energia cinética média das partículas), não terá uma massa total $m_A + m_B$. Com isso, Petrônio (2014, p. 6) enfatiza que, para o referencial no qual o *momentum* total é nulo, “a massa total do corpo (ou sistema) é maior do que a soma das massas de seus componentes por uma parcela que dispõe sobre as energias cinéticas de cada componente constituinte do sistema (corpo)”.

No momento em que se compreende essa característica da massa relativística, segundo Godoi (2015), se está em um processo de superação de ideias de tipo simples, em termos da epistemologia de Bachelard (1996), o que é fundamental para o avanço da aprendizagem da ciência e para que os alunos compreendam que a Ciência não é uma construção linear. Destacamos aqui também a análise crítica que Ostermann e Ricci (2004) de como esse conceito é apresentado nos livros de Física do Ensino Médio, os autores concluíram que a massa relativística é apresentada como um conceito fundamental da TR e frequentemente interpretam erroneamente o significado da equivalência massa-energia. A TR, por exemplo, tanto para com a compreensão da massa, mas também do tempo, surge de uma “reflexão sobre os conceitos iniciais, duma contestação das ideias evidentes, dum desdobramento funcional das ideias simples” (Godoi, 2015, p. 15). De certa forma, a abordagem vai ao encontro do que defende Meucci (2020), quando escreve que:

A física é erroneamente categorizada como a busca de uma maneira de descrever tudo em termos "simples", mas é profundamente reconhecido que a complexidade maciça e incontestável pode emergir de princípios simples e a física nunca afirmou descrever tudo o que poderia ser; ela apenas procura encontrar aqueles "princípios simples" que servem como eixos centrais que podem levar ao surgimento da miríade de complexidade da realidade que experimentamos, a partir de uma base racional unificada (Meucci, 2020, p. 8. Tradução nossa).

Para este autor, a ciência não almeja descrições simples, isso pode evidentemente acontecer, mas não é o objetivo. O objetivo é encontrar os “princípios simples”, no sentido de descrever os aspectos mais fundamentais da natureza, não implicando ideias simplistas.

O artigo de Coles (2019) discute a concepção newtoniana sobre a luz ao abordar os 100 anos das expedições relacionadas ao eclipse de 1919, que foram importantíssimas para uma inicial aceitação da Teoria da Relatividade Geral, com respeito à checagem da possibilidade de curvatura na trajetória da luz. O artigo enfatiza que Einstein, em 1915, precisou obter um conjunto de leis que descrevessem qualquer forma de movimento acelerado em qualquer forma de campo gravitacional. Nesse sentido, Coles (2019, p. 5 tradução nossa) coloca que Einstein “teve de aprender sobre técnicas matemáticas sofisticadas, como análise de tensores e geometria de Riemann, e inventar um formalismo que fosse realmente geral o suficiente para descrever todos os estados de movimento possíveis”.

Alves-Brito e Cortesi (2021) também mencionam que a TR Geral descreve como o espaço-tempo se curva pela presença de corpos massivos e, reciprocamente, como a matéria é influenciada pela curvatura do espaço-tempo. O que Coles (2019) chama à atenção é o fato de que comumente se imagina que antes de Einstein ninguém havia considerado a possibilidade de a trajetória da luz sofrer algum desvio quando sob a ação de um campo gravitacional. Contudo, o texto enfatiza que Newton já havia considerado esta possibilidade. Newton considerava, portanto, que “os próprios raios de luz devem sentir a força da gravidade de acordo com a lei do inverso do quadrado da distância” (Coles, 2019, p. 7, tradução nossa).

Certamente, o desconforto causado na *Royal Society*, como descrito por Coles (2019), é uma das marcas deste avanço determinado por superações de conhecimentos muito enraizados que foram questionados. Em consequência dessa dinamicidade da ciência, “o papel da filosofia para Bachelard deve ser o de seguir o ideal científico, e

manter-se sempre dinâmico, sempre arriscando mudar toda a estrutura do seu pensamento” (Godoi, 2015, p. 21). De Bianchi e Catren (2018) também discutem a importância da filosofia da ciência para o que denominam de “nova física”, causada pelos avanços extraordinários da FM. Além disso, ressaltam que muitos conceitos científicos fundamentais, como invariância de calibre e quebras de simetria, são naturalmente relacionados ao nome de Weyl, de forma que olhar para sua epistemologia da ciência pode ser relevante. Weyl estava interessado em compreender profundamente o comportamento da massa no espaço-tempo, o que trouxe contribuições para a área de hologramas e algumas especulações férteis para o campo da gravitação quântica, um campo ainda muito especulativo (Sieroka; Mielke, 2014).

Карпенко (2020) traz algumas considerações sobre aplicações na Astronomia das ideias de Weyl colocando que, baseado nas pesquisas de Jacob Bekenstein, Stephen Haking estabeleceu “que a entropia de um buraco negro é igual a um quarto de sua área do horizonte. Assim, a entropia (e a informação) está conectada não com o volume de um buraco negro, mas com sua superfície.” (Карпенко, 2020, p. 14, tradução nossa).

Apesar da holografia ser interessante e poder ser discutida em nível conceitual no Ensino Médio⁴, é preciso ter em mente que a pesquisa em hologramas constitui uma área de fronteira do conhecimento, não totalmente estabelecida, pois remonta a aspectos de um campo pouco compreendido – a gravitação quântica. Por essa razão, “embora as afirmações de Weyl permaneçam bastante vagas, as semelhanças com o conceito moderno de holografia na Gravitação Quântica são impressionantes” (Sieroka; Mielke, 2014, p. 6). De qualquer forma, este campo da holografia tem se mostrado como uma ferramenta heurística que pode ainda trazer importantes contribuições para o entendimento de teorias de espaço-tempo e comportamento da matéria. Entendemos que embora estas pesquisas tratem de conceitos bem específicos da FM elas nos ajudam a (re)pensar nossas concepções e nossas estratégias didáticas.

⁴ A holografia pode ser explorada em EM da mesma forma que Park et al. (2019) exploram a Relatividade Geral: com filmes de ficção científica. Por exemplo, a famosa franquia *Star Wars* utiliza a ideia de hologramas para comunicações entre personagens. Alguns filmes do personagem *Homem de Ferro* também utilizam a ideia de hologramas quando o personagem deseja montar um protótipo interativo em três dimensões de novas armaduras ou armamentos. Em ambas as franquias é possível observar os hologramas como contendo informação apenas na superfície da imagem que é gerada.

3.1.3 Categoria iii) Noção de tempo para FM

As noções de tempo e simultaneidade também passam a ser revistas na FM, o que é discutido em diferentes níveis de profundidade por diferentes autores (Monton, 2010; Sampson, 2020; Карпенко, 2020). Em geral, alguns autores consideram válido olhar para estudos de diferentes filósofos para compreender melhor, em nível epistemológico-conceitual, a noção de tempo. Sampson (2020) ressalta que para compreender o que é o tempo pode ser interessante olhar para a noção de *kairos*, da filosofia grega antiga. Segundo o autor, *Kairos* expressa um significado de tempo como uma estação (aludindo às estações do ano: mudança, transformação), um tempo oportuno para algo (como a colheita, na Grécia antiga), o momento certo para algo. Esta noção pode ser contrastada com *cronos*, que identifica o tempo que pode ser medido, enquanto intervalo entre dois eventos. Por exemplo, referente a passagem dos dias, que expressa a sequência de eventos recorrentes, o que remonta à *cronos* um caráter quantitativo. Esta influência grega também é (re)vista na literatura cristã, em que se utiliza o termo *kairós* como sendo o “tempo de Deus” (eternidade) e *cronos* como sendo o “tempo dos homens” (transitório). Sampson (2020), também traz à tona um debate interessante sobre o conceito de tempo, entre Einstein e o filósofo francês Henri Bergson, que aconteceu por volta de 1922. Enquanto Einstein procurava por unidade na ciência e no universo, em que a ciência revelaria suas leis da maneira consistentes e da forma mais simples possível, Bergson:

afirmava que a marca final do universo era exatamente o oposto: a mudança sem fim. [...] Enquanto Einstein buscava consistência e simplicidade, Bergson se concentrava em inconsistências e complexidades. Segundo Bergson, o problema com a teoria do tempo de Einstein é que ela nos impede de reconhecer, como escreve Bergson, que o futuro é realmente aberto, imprevisível, indeterminado" (Sampson, 2020, p. 2, tradução nossa).

Logo, a noção de tempo enfatizada por Bergson, defende o autor, remonta ao conceito de *Kairos*, de um tempo que não é determinado, que é aberto e dinâmico, remontando ainda à concepção platônica de eternidade. De certa forma, isto relaciona-se com o estudo de Карпенко (2020), uma vez que este defende que o conceito de tempo é puramente ideacional, “algo desigual e transitório ao longo da vida, sobre destruição e auto-organização” (Карпенко, 2020, p. 2, tradução nossa). Assim, por abordar termos ligados à ordem e a desordem, Карпенко defende que é pertinente olhar para a ideia de entropia para entender melhor o que é o tempo. Uma vez que tenhamos essa concepção de entropia como medida de desordem de um sistema, ou ainda que se relaciona com o

calor e temperatura, sendo sempre maior ou igual a zero, Карпенко (2020) busca sintetizar a relação da entropia com a seta do tempo. Ele esclarece que a transição de um estado de alta entropia para um estado de baixa entropia não significa uma reversão temporal, mas podemos pensar em uma situação que facilita o entendimento da situação: *é preciso imaginar que o tempo parou*. Evidentemente é impossível observar este momento em que o tempo hipoteticamente congela, porque a observação é um processo e todo processo, do ponto de vista macroscópico, acontece no tempo. Assim, se o tempo para, é preciso assumir a ausência de um processo. Esta situação de ausência de um processo seria equivalente ao máximo valor de entropia, quando a temperatura é próxima ao zero absoluto:

A esta temperatura, nenhum processo pode ocorrer, a entropia é máxima. Entretanto, o universo com a máxima entropia possível não parece realmente ter uma temperatura zero absoluta devido a flutuações quânticas - ela será muito baixa, mas maior que zero. A propósito, isto talvez explique a impossibilidade do "momento congelado" - um estado de zero absoluto não pode ser alcançado. Parece ser possível associar a entropia ao tempo, mas há um problema. Flutuações quânticas são os processos e todos os processos (...), ocorrem no tempo. Mas como elas estão sempre acontecendo, então o tempo não pode basicamente parar (Карпенко, 2020, p. 8, tradução nossa).

Uma vez que o tempo não possa parar, não fazendo sentido do ponto de vista da entropia um momento em que o tempo pare, Карпенко argumenta que este experimental pode ser um primeiro passo para a discussão acerca do modelo inflacionário da origem do universo, com um universo que se expandirá indefinidamente, de forma que não existirá um momento em que o tempo será zero. Ainda afirma que, possivelmente, o campo inflacionário (falso vácuo) anterior ao Big-Bang causou o tempo/entropia.

Na verdade, ele salienta que o Big-Bang envolve diferentes transições de fase durante as quais radiação e matéria se formam e, em um certo momento, a gravidade também surge, se separando de outras interações. Uma vez que a gravidade surge, influencia a formação e organização de diversos micro ou macro elementos. Dessa forma, "a presença da gravidade é capaz de explicar o estado inicial de baixa entropia" (Карпенко, 2020, p. 13, tradução nossa). Pensando dessa forma, a discussão indubitavelmente acaba levando à noção de gravitação quântica, uma vez que, para entender melhor o tempo é preciso olhar para entropia, que leva às discussões acerca do comportamento do universo e a seta do tempo que, para surgimento do cosmos, nos leva a uma discussão sobre como a gravidade influencia a ordem ou desordem do universo.

A ligação entre entropia e tempo é sem dúvida um tema complexo de se abordar no Ensino Médio. De todo modo, Карпенко (2020) chama à atenção para a relação entre

gravidade e tempo, não apenas entropia diretamente, de forma que a “gravidade está diretamente relacionada ao tempo, a Relatividade Geral é um exemplo” (Карпенко, 2020, p. 13, tradução nossa). Já a relação entre gravidade e tempo é possível de se trabalhar no EM em nível conceitual, como salientado por Park et al (2019), que discutem como temas da FM, em especial a TRG, influenciam a sociedade de diversas formas, principalmente do ponto de vista cultural. Os autores mostram que o filme *Interstellar*, de 2014, aborda o tema, trazendo discussões sobre comportamento de buracos negros, que pode ser usado para engajar os alunos nos tópicos ministrados sobre FM (FMC).

No que se refere à discussão do tempo, Monton (2010) menciona que McTaggart introduz as ideias de série A, série B e série C. A série A refere-se a uma concepção de tempo simples que depende de um observador, seja uma pessoa ou um grupo, para definir passado, presente e futuro de um indivíduo. Em contrapartida, a série B representa uma concepção de tempo independente de qualquer observador, se concentrando na simples comparação de eventos para ordená-los. Dado que as séries A e B são meras representações da percepção humana de eventos (com noções de passado e futuro, ou antes e depois), McTaggart argumenta que a concepção convencional de tempo é irreal e ilusória. Ele sugere que a única maneira de atribuir realidade ao tempo é explorar o que ele chama de série C, equivalente à série B, mas sem a noção de antes e depois, nem concebe uma seta do tempo. Nesta concepção, os eventos no universo começaram (o filósofo entende que na série C o tempo-passado é finito) e continuarão acontecendo (o tempo-futuro é infinito). Ao estabelecer distinção entre concepções de tempo, não se trata de inviabilizar a utilização dos outros termos, pelo contrário, seja no cotidiano, seja de um ponto de vista científico, ainda se comparam eventos em relação a um observador. A questão é que o tempo nessa situação possui um caráter ilusório, não tendo realidade ontológica. Mas não ter realidade ontológica não significa que não possamos usar os termos.

Ainda sobre o tempo, Caruso e Freitas (2009) propõem uma estratégia lúdica para trabalhar a TR utilizando a linguagem artística das Histórias em Quadrinhos e Tirinhas sobre o tema de dilatação temporal e contração espacial. A proposta é apresentar as tirinhas como ponto de partida para estudar, por exemplo, o conceito de espaço-tempo, seus significados clássicos e como se fundem, assim como a massa e a energia, na expressão $E = mc^2$.

Por fim, Da Silva Lopes *et al.* (2022) propõem abordar com os alunos a complexidade da dilatação temporal, destacando que as baixas velocidades dos corpos na

Mecânica Clássica dificultaram sua percepção. No entanto, os autores argumentam que as variações temporais são identificadas pelo fator de Lorentz (γ) em decorrência das altas velocidades na TR resultando no conceito de espaço-tempo. Assim, eles sugerem ainda a exploração de experimentos envolvendo a detecção de múons na superfície terrestre. O curto tempo de decaimento dessas partículas, ao serem encontradas na Terra, oferece uma oportunidade para considerar e confirmar os postulados da Relatividade e suas implicações na dilatação temporal. Sugerem também a possibilidade de discutir a sincronização de dois relógios, um em voo e outro na Terra, destacando a discrepância observada nas medições de tempo, que revela o atraso do relógio em voo e reforça a compreensão de que o tempo é relativo, não absoluto. Defendem que esses experimentos, entre outros, podem ser abordados no Ensino Médio.

Outros artigos discutem formas de trabalhar a TR, com algumas sugestões de experimentos lúdicos para tratar da TRG como. Por exemplo, o trabalho de Lima e Santos (2018), alude às possibilidades de instigar o interesse dos alunos pelo tema com base em filmes de ficção científica (Park; Yang; Song, 2019); a possibilidade de utilizar livros diversificados para enriquecer as aulas (Kragh; Nielsen, 2013; Lima; Cavalcanti; Ostermann, 2021; Pagliarini; Almeida, 2016; Ramos; Piassi, 2017), entre muitas outras alternativas. Desta forma, os trabalhos ratificam que a revisão de literatura é sempre uma fonte rica de sugestões para discutir até mesmo os tópicos abstratos da FM.

3.1.4 Categoria iv) FM em articulação com outras áreas do conhecimento

Nesta categoria, os trabalhos buscam fazer uma conexão entre Teoria da Relatividade e outras áreas do conhecimento. O’Raifeartaigh *et al.*, (2018, p. 2) colocam uma proposição acerca da possibilidade de discutir Cosmologia a partir de limitações da Lei da Gravitação Universal de Newton. Mencionam o trabalho do astrônomo Seelinger, que teria se questionado sobre as dificuldades decorrentes da tentativa de estender a lei da gravitação de Newton ao espaço infinito. Discutem que um importante teste para a Teoria da Relatividade Geral era a questão de uma Cosmologia consistente, no sentido de que se poderia dar uma descrição consistente do universo como um todo; ressaltam a importância de inter-relacionar com os avanços das pesquisas na área, como as pesquisas de micro-ondas cósmicas de fundo (radiação de fundo), de lentes gravitacionais e de

aglomeração de galáxias. Interpretamos que a solução para tais problemas levantados por Seeliger está fora do escopo de aulas de EM, mas as limitações da física newtoniana podem ser abordadas para mostrar a necessidade de uma nova teoria, um novo paradigma na acepção de Kuhn (2003), mais abrangente – a Teoria da Relatividade Geral.

Lima e Santos (2018) argumentam que Einstein introduziu a Constante Cosmológica como um artifício matemático, indicando que o espaço não deveria ter uma realidade física a uma distância infinita da matéria. Com base em modelos posteriores a Einstein, os autores interpretam que o universo e o espaço continuam em expansão, embora as coordenadas das galáxias permaneçam constantes. A analogia apresentada é a de coordenadas de galáxias como desenhos na superfície de um balão, onde as posições são fixas, mas o espaço entre elas se expande, aumentando a distância relativa. Destacam que, assim, um observador em qualquer galáxia perceberá que as outras se afastam devido ao *redshift* (recessão cósmica), ressaltando a interconexão da Cosmologia com outros campos da Física.

Bagdonas, Zanetic e Gurgel (2018) abordam a possibilidade de atribuir realidade ontológica a um universo infinito e a outros temas tratados pela Física Moderna, como a Relatividade. Outros autores, como Ainsworth (2010), Horokhov e Zhukova (2018) e Karpenko (2015), ampliam a discussão para considerar a existência de multiversos. Karpenko (2015) destaca que o modelo mais simples de multiverso surge da suposição de um espaço infinito. No entanto, os autores não aprofundam a veracidade dessas proposições sobre a existência do Multiverso, mencionando apenas a possibilidade. Do ponto de vista pedagógico e histórico, apresentam considerações interessantes ao destacar perspectivas históricas válidas, como a visão de “Nicolau de Cusa e Giordano Bruno já consideraram o universo infinito; os mundos de René Descartes, Gottfried Leibniz e Isaac Newton (e provavelmente o mundo de Galileu também) são infinitos, ao contrário das ideias de Copérnico e Johannes Kepler” (Karpenko, 2015, p. 3).

Bevers (2011) defende que em um nível introdutório de ensino, a concepção de multiverso pode ser comparada analogicamente com a interpretação de muitos mundos da Quântica. Park *et al.* (2019), diz que para aulas no EM a proposição de Multiversos pode ser abordada com as muitas produções cinematográficas que vêm explorando essa questão na ficção científica, como em filmes de super-heróis, o que certamente atrairia interesse de uma parcela significativa de alunos em aulas de Física, abordando questões de velocidades altas, mundo quântico, dilatação temporal, entre outros assuntos presentes na FM.

Iuppa *et al.* (2022) consideram que os múons de raios cósmicos são comumente mencionados como os mais abundantes, naturalmente fontes de partículas/radioatividade. Portanto, podem constituir uma poderosa bancada de trabalho para fins educacionais, permitindo muitas experiências de laboratório em diferentes tópicos da FM como relatividade especial, raios cósmicos, estatística e detecção de partículas. Como esse detector de partículas tem um custo muito elevado, os autores propõem um projeto de detector de múons de baixo custo: baseado em cintilador plástico acoplado com fotomultiplicadores de silício, cujos sinais são adquiridos e pré-processados através de uma placa de avaliação comum.

Bambi (2022) ressalta que mesmo depois de mais de 100 anos e sem qualquer modificação, a TRG ainda é um dos pilares da FM. Com isso, graças às inovações tecnológicas, é possível através dessa teoria associar com os estudos dos buracos negros, que “são objetos simples e são completamente caracterizados por três parâmetros, que estão associados, respectivamente, à massa, ao momento angular da rotação, e a carga elétrica do objeto” (Bambi, 2022, p. 81, tradução nossa). Acredita-se que o espaço-tempo em torno de um buraco negro formado a partir do colapso gravitacional de algum corpo se aproxime rapidamente da solução matemática, emitindo ondas gravitacionais.

Rodrigues Júnior, Oliveira e Admiral (2022) apresentam um resultado de uma pesquisa qualitativa junto a alunos de pós-graduação em Ensino de Ciências, onde elaboram, aplicaram e avaliaram uma sequência didática de FM embasada na metodologia Instrução por Colegas (IpC) com algumas modificações de modo que pode ser aplicada para alunos do EM também. A sequência didática foi elaborada a partir de tópicos de FM, como buracos negros, microscopia eletrônica e TR. A ideia era reforçar a importância do ensino de FM na sociedade atual.

Foi notável nesse universo de análise de produções a defesa e o incentivo à discussão da TR com uma tendência crescente. Alguns artigos propõem uma linguagem matemática mais densa e um aprofundamento da discussão teórica. Contudo, nossos achados não se distanciam tanto dos resultados obtidos por Marques e Soltau (2022), que fizeram uma revisão de literatura, buscando artigos na Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF) e no Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), com o enfoque TR e EM. Dentre os 3.897 artigos, encontraram apenas seis artigos na RBEF e dois artigos no CBEF que continham discussões, elaboração ou aplicação de propostas de ensino dentro do escopo estudado, isto é, do EM. Observaram um crescimento do interesse por tópicos de FM, especialmente de TR, mas inferiram que existem ainda grandes desafios

para inseri-la efetivamente em sala de aula da Educação Básica. Como dito, nossos achados apontam esta mesma lacuna, mas indicam também que a articulação com áreas que chamam a atenção dos estudantes, como Cosmologia e Astronomia, é uma via potencial.

3.1.5 À título de conclusão da Revisão de Literatura

A Física Moderna e a Física Contemporânea contemplam uma gama de temas possíveis de serem tratados em aulas de Ensino Médio, em um nível introdutório. Encontramos pesquisas diversificadas, que tratam de conceitos específicos (e.g., tempo, massa) e inter-relações possíveis com outras áreas do conhecimento.

Assim, optamos pela construção do módulo didático sobre o tópico Teoria da Relatividade Geral e Restrita, primeiramente por uma questão de interesse da pesquisadora, por já ter trabalhado com Teoria da Relatividade Restrita (TRR) na dissertação de Mestrado (Januário, 2020). Além disso, consideramos que mesmo sendo uma teoria secular, com imensa implicação para compreensão do universo, esta temática ainda é pouco presente em sala de aula na Educação Básica, mesmo passados mais 100 anos de sua primeira corroboração empírica (Januário; Hoernig; Massoni, 2024). Adicionalmente, a Teoria da Relatividade (TR) tem aplicações práticas que são altamente relevantes para a vida moderna. Um exemplo notável é o sistema de posicionamento global (GPS), que depende das correções relativísticas para fornecer medições precisas. Do ponto de vista histórico e epistemológico, a TR traz uma mudança de visão de mundo importante a ser considerada, pois introduziu uma nova maneira de entender o tempo, a massa, a energia e o espaço, conceitos fundamentais na Física e que impactaram diversos campos científicos. Ademais, entendemos que é possível fazer uma transposição didática efetiva ainda que o formalismo matemático não seja abordado com muita profundidade, dando ênfase aos conceitos envolvidos na teoria; enxergamos na TR um caminho possível para articular outros tópicos da FM (por exemplo, a natureza dual da luz), bem como outras áreas do conhecimento como Astronomia, Astrofísica, Cosmologia e Arte, dentre outras. Por fim, avaliamos que a Física Quântica, tópico muito presente nas discussões dos artigos analisados, já havia sido trabalhada em sala de aula por uma pesquisa do nosso grupo (Hoernig, 2021; Hoernig, Massoni, Hadjimichef, 2021; 2023),

o que nos direcionou, como tema alternativo, para a construção de um Módulo Didático sobre Teoria da Relatividade, para trabalharmos em nossa pesquisa.

Portanto, em resposta à questão 1) de pesquisa que norteou esta revisão: *Qual tópico de Física Moderna está sendo mais discutido na área e como articulá-lo com a História e Filosofia da Ciência (HFC) explorando sua estrutura conceitual, sua história e seu papel no desenvolvimento da Física para alunos do Ensino Médio?* adotamos pelo tema da Teoria da Relatividade. TR. Em relação às formas como está sendo trabalhada a Relatividade no EM os artigos apontaram uma diversidade de estratégias: o uso de experimentos lúdicos, o uso de filmes de ficção científica como forma de instigar a curiosidade, uso e discussão de livros paradidáticos e tirinhas, a articulação com a HFC para discutir o significado de conceitos (e.g., tempo, massa, simultaneidade) entre outras alternativas. Percebemos também que muitos trabalhos, nacionais e internacionais, privilegiam e sugerem o emprego de uma abordagem qualitativa, como foi nossa intenção nesta pesquisa.

Assim, a revisão da literatura foi muito útil, tanto para nos apontar tópicos de FM com possível potencial de ser trabalhado nas aulas de Física na Educação Básica. contudo, entendemos que é necessário investigar maiores detalhamentos sobre maneiras diversificadas de abordar a temática, checar o nível de aprofundamento teórico e matemático, entrar em contato com experiências didáticas já implementas, seus êxitos e lacunas etc.

A análise desta revisão de literatura resultou na publicação de um artigo.

Título: *Tendências atuais sobre o Ensino de Física Moderna: uma revisão de literatura* (Januário; Hoernig; Massoni, 2024).

<https://doi.org/10.15536/reducarmais.8.2024.3668>



3.2 Revisão de Anais de alguns Eventos Nacionais: ENPEC, EPEF E SNEF

Este estudo teve como objetivo, além da ratificar (ou não) o resultado da Revisão de Literatura exposto seção 3.1 precedente, consultar aos anais de alguns dos principais eventos nacionais da área de Pesquisa em Ensino de Física/Ciências sobre possíveis estratégias para abordar a TR, obter dados sobre o nível de aprofundamento do tema e encontrar possíveis narrativas inspiradoras.

Partimos do pressuposto de que é possível obter informações mais recentes e avançadas em uma determinada área, garantindo que a revisão esteja atualizada, examinando pesquisas promitentes publicadas em anais de eventos. A análise dos anais também contribui para a identificação de lacunas na literatura, permitindo que se reconheça subáreas carentes de pesquisa, ou que estão sendo exploradas com novas abordagens. A interação com pesquisadores ativos, muitas vezes destacados nos eventos, proporciona oportunidades para obter informações adicionais e complementares sobre estudos específicos, no nosso caso, sobre as temáticas de FM.

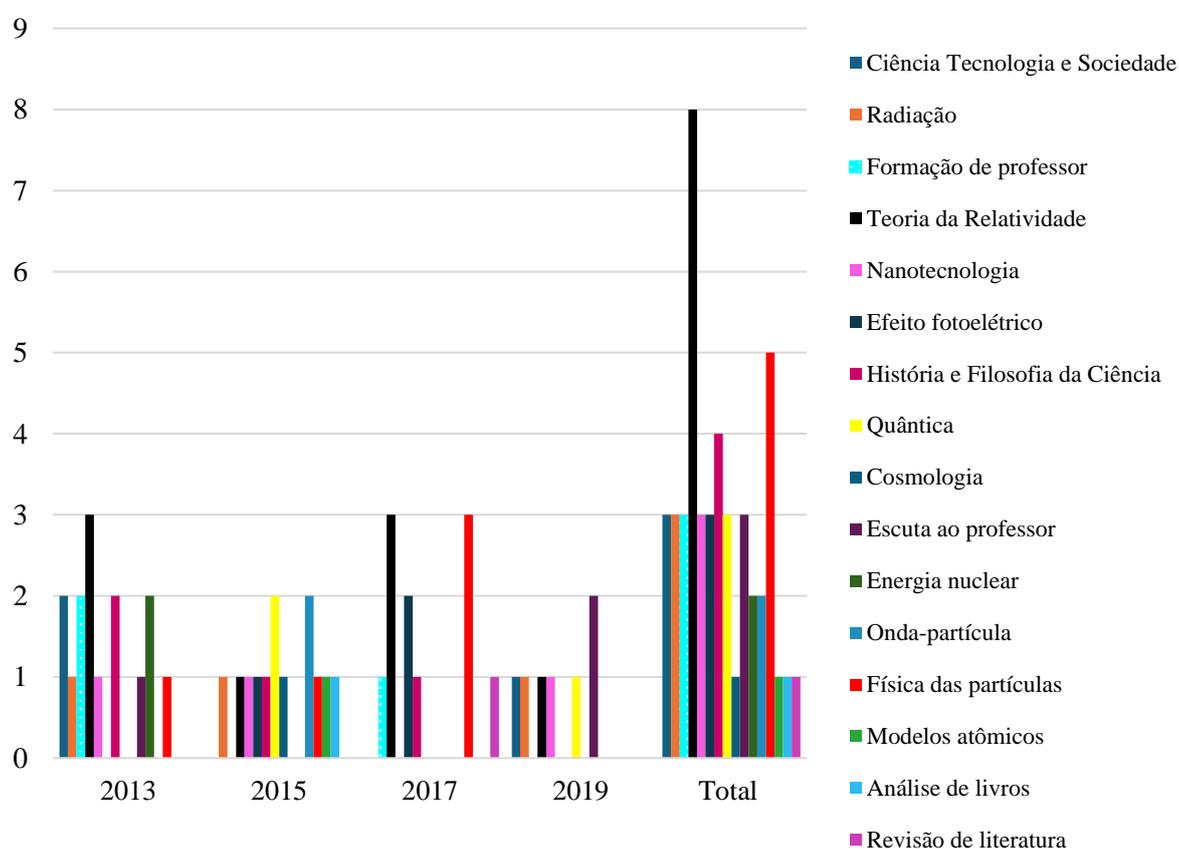
Dessa forma, fizemos uma busca nos anais dos seguintes eventos da área: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC (anos de 2013, 2015, 2017 e 2019); Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF (anos de 2014, 2016, 2018 e 2020) e Simpósio Nacional de Ensino de Física - SNEF (anos de 2015, 2017, 2019 e 2021). Os eventos ocorrem bianualmente, sendo o ENPEC e o SNEF em anos ímpares e o EPEF em anos pares.

Inicialmente acessamos os sites dos eventos ENPEC, EPEF e SNEF; em seguida, começamos o processo de coleta de dados utilizando o mecanismo de busca presente nesses *web-sites*. Focamo-nos nos títulos, palavras-chave e resumos que contivessem as seguintes expressões: “*Física Moderna*”, “*Física Moderna e Contemporânea*”, “*Física de partícula*” “*Quântica*”, “*Relatividade*”, “*Física nuclear*”, “*Radiação*”, entre outras presentes que aludissem sobre algum tema de FM.

Sendo assim, utilizamos a seguinte sequência de passos: a) procuramos a opção “Programa/Programação” ou “Ata” no site dos eventos; b) ao selecionarmos essa opção direcionamo-nos ao campo “Comunicação Oral” e “Painéis”; c) para encontrar os trabalhos, utilizamos o comando “Ctrl + F + palavras de busca mencionadas anteriormente”. Assim, todos os trabalhos que apresentavam, no resumo ou palavras-chave, a expressão descrita, foram selecionados.

Conduzimos inicialmente a busca no site do ENPEC. Como já mencionado, este é um evento bienal promovido pela Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC). Dentre as atividades programadas no evento destacaram-se: mesas-redondas; conferências; sessões de apresentação de trabalhos completos no formato de pôsteres; rodas de conversa e encontros. Concentramo-nos apenas nos “trabalhos completos” das últimas quatro a edições do evento, ou seja, edições de 2013, 2015, 2017 e 2019. As temáticas encontradas nesse período, e seu compilado, estão representadas no Gráfico 2.

Gráfico 2: Temáticas relacionadas a FM (FMC) no ENPEC, edições de 2013 a 2019.



Fonte: Pesquisadora (2022).

No compilado, obtivemos 46 trabalhos, sendo 2013 o ano com maior número de trabalhos sobre FM (FMC), com 15 pesquisas; em 2015 encontramos 13 trabalhos; 2017 apresentou o menor número com apenas sete (7) trabalhos e, por fim, em 2019 houve um aumento, em que foram apresentados 11 trabalhos que abordavam a FM (FMC).

É notável como a diversidade de assuntos da FM (FMC) esteve presente nessas edições do evento. Esta diversidade recaí no mesmo ponto levantado por Zollman (2016), quando questiona quanto à dificuldade dos professores em chegarem em um consenso sobre qual tópico da FM trabalhar em sala de aula do EM, tendo em vista também todo o conteúdo que os vestibulares tradicionais e exames de larga escala cobram de temáticas da Física Clássica, e que estão na matriz curricular e devem ser trabalhados. Por isso a literatura da área tem aludido tanto e por tanto tempo na necessidade de atualização curricular.

O exame do Gráfico 2 permite colocar um destaque para a TR que apareceu com pelo menos um trabalho em cada edição do ENPEC. Em 2013 e 2017 foram três pesquisas sobre TR, ao passo que nos anos de 2015 e 2019 localizamos um trabalho em cada edição. Assim, o assunto mais debatido em FM foi a Teoria da Relatividade, com um total de oito trabalhos. Em segundo lugar, aparece a Física das Partículas, com cinco trabalhos. Embora o efeito fotoelétrico, as ondas-partícula e outros temas relacionados à física quântica tenham sido categorizados separadamente no gráfico, esses temas foram especificados dessa maneira porque os trabalhos dos eventos abordavam com profundidade cada um deles e por isso cada tema foi mantido como uma coluna individual, resultando na Teoria da Relatividade como o tópico mais frequente.

Em seguida, guiamos nossa busca para o EPEF, que é um evento promovido pela Sociedade Brasileira de Física (SBF)_com o objetivo de proporcionar momentos de discussões e debates sobre a Pesquisa em Ensino de Física e disseminar os seus resultados. Buscamos trabalhos sobre FM (FMC) nas edições de 2014, 2016, 2018 e 2020, utilizando a mesma estratégia já explicitada para o ENPEC. Uma ressalva deve ser feita para o ano de 2016, que foi uma edição especial dos eventos oficiais da SBF, reunindo todas as suas áreas de atuação, em comemoração ao seu cinquentenário. Assim, foram reunidos nessa edição: o Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos; a Reunião de Trabalho sobre Física Nuclear no Brasil; o Encontro Nacional de Física da Matéria Condensada; o Encontro de Pesquisa em Ensino de Física; o Encontro Brasileiro de Física de Plasmas. Por essa razão, a organização do evento foi separada em grandes áreas: *XXXIX National Meeting on Condensed Matter Physics; XXXIX Workshop on Nuclear Physics in Brazil; XXXVII National Meeting on Particles and Fields; XIII Brazilian Meeting on Plasma Physics e XVI Meeting on Physics Education.*

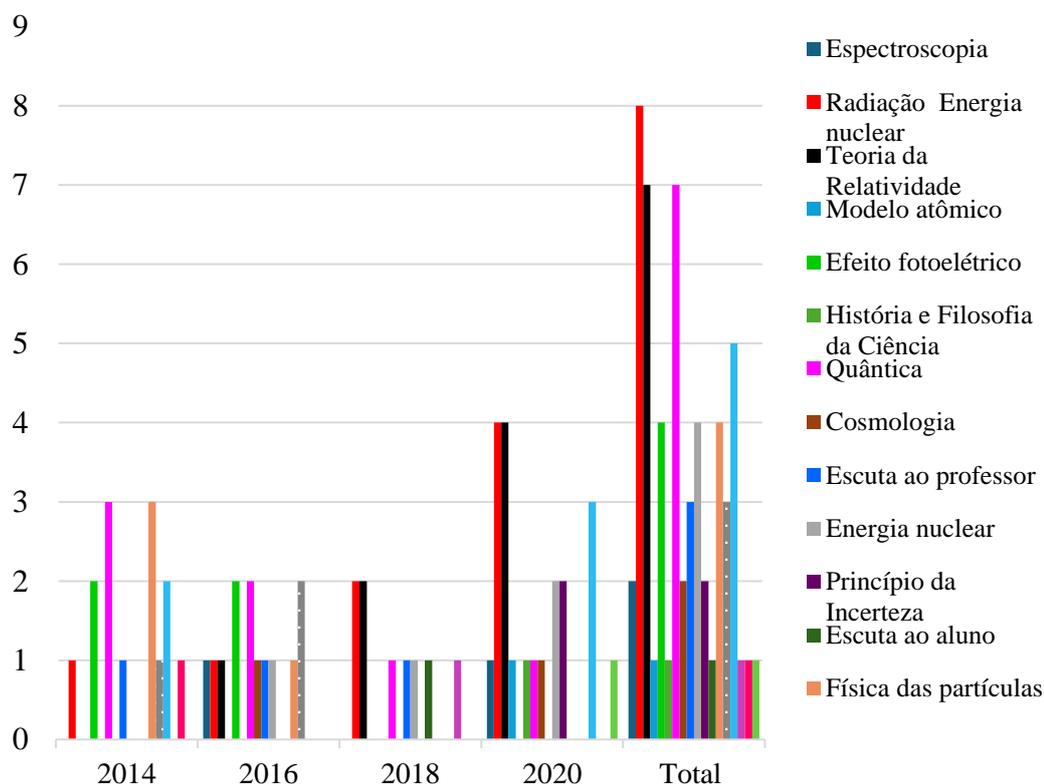
Devido ao grande número de trabalhos, refinamos nossa busca apenas para trabalhos da categoria *XVI Meeting on Physics Education*. A primeira edição especial

com agrupamento de áreas distintas foi em 2011 e o EPEF foi o evento escolhido para representar a área de Ensino de Física.

Obtivemos com essa busca 57 trabalhos, sendo 14 em 2014; 13 em 2016; 9 trabalhos em 2018 e finalmente, 23 em 2020. É notável também que na última edição o número de trabalhos foi quase duplicado em relação às três edições anteriores. Isto se justifica pelo fato de o evento ter sido virtual, permitindo que mais estudantes, pesquisadores e professores pudessem participar, sem ter os gastos financeiros que os eventos presenciais exigem, já que se sabe que nem todos os participantes são contemplados com ajuda de custos (hospedagem, alimentação, transporte). A tecnologia conseguiu, dessa forma, conectar estudantes e pesquisadores de vários lugares e instituições para debater o Ensino de Física, sem sair de casa.

As principais temáticas de FM (FMC) encontradas nessas edições do EPEF, estão expostas no Gráfico 3.

Gráfico 3: Temas relacionados à FM(FMC) no EPEF, edições de 2014 a 2020.



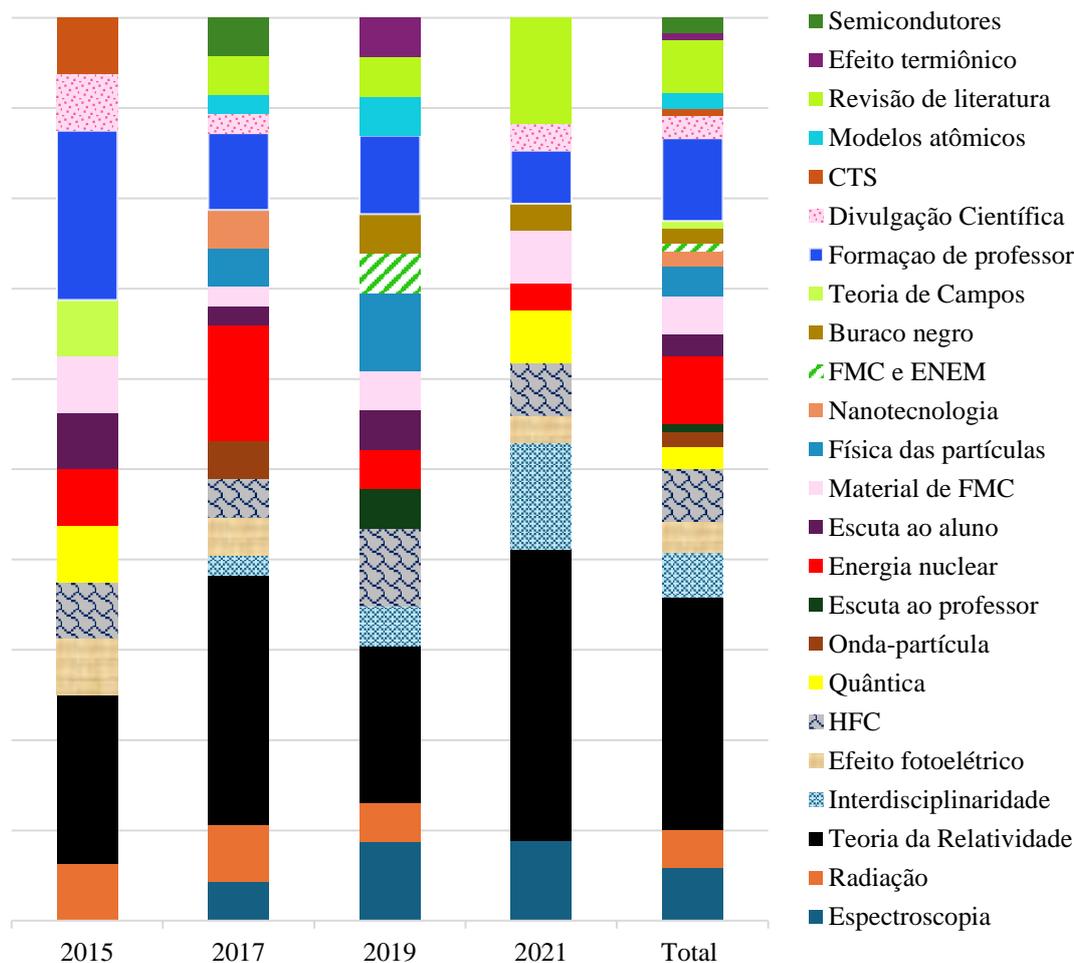
Fonte: Pesquisadora (2022).

Em 2014, as temáticas Quântica (três trabalhos) e Física das Partículas (três trabalhos), foram os assuntos mais abordados, seguidos do Efeito Fotoelétrico (dois trabalhos). Em 2016, Efeito Fotoelétrico, Mecânica Quântica e Nanotecnologia tiveram

dois trabalhos cada. Já em 2018, abordaram TR e a Física Nuclear dois artigos cada. Um destaque pode ser dado para os trabalhos que se referiam à análise dos livros didáticos, que investigavam como e quais temas, e que níveis conceituais e epistemológicos estão chegando às salas de aula relativamente aos conteúdos de FM (FMC); houve duas e três pesquisas, respectivamente, nas edições de 2014 e 2020, momentos em que tínhamos no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) livros de Física e havia uma tendência de crescimento da qualidade desses materiais, ainda que pouco se possa dizer sobre sua contribuição para uma melhoria do Ensino de Física e sua efetiva utilização nas escolas (Zambon; Terrazzan, 2017; Massoni, 2022).

Por fim, conduzimos a busca para o SNEF, que é um evento bienal também promovido pela SBF. A primeira edição deste evento ocorreu no Instituto de Física da Universidade de São Paulo, em 1970. Analisamos as temáticas da FM(FMC) dos anos de 2015, 2017, 2019 e 2021 e encontramos 120 trabalhos, representando o maior número de trabalhos dentre os três eventos analisados. O ano de 2015 contribuiu com 16 trabalhos; 2017 com 47 trabalhos; 2019 apresentou 23 e, finalmente, em 2021 foram 34 trabalhos, como expostos no Gráfico 4.

O gráfico mostra que, assim como no ENPEC, a diversidade de temas é cada vez maior. A temática da TR se destaca mais uma vez, de modo especial, nos anos de 2017 e 2021. Assuntos relacionados à Espectroscopia, Teoria de Campos, Efeito Termiônico para o EM também foram identificados. Um destaque especial é para trabalhos que buscaram “escutar” a percepção do aluno, em relação aos conteúdos de FM (FMC) no EM. Todavia, apesar de estar presente, o número de trabalhos que se ocupam da “escuta” ao aluno é bem menor, se comparado aos que buscam ouvir e dialogar com os professores, por exemplo.

Gráfico 4: Temáticas associadas à FM (FMC) no SNEF, edições de 2015 a 2021

Fonte: Pesquisadora (2022).

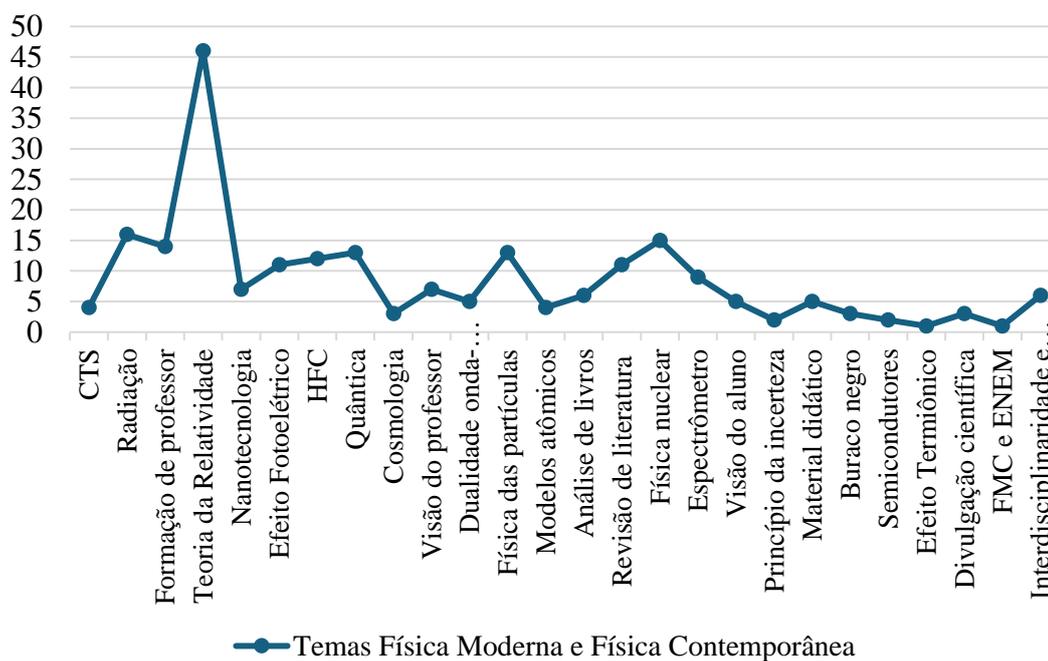
Destarte, dos 120 trabalhos selecionados, temos que nos últimos anos (últimas edições dos eventos em pauta) a TR liderou em número de trabalhos apresentados, com 31 trabalhos, seguida de temas relacionados a Física Nuclear. É possível que esse maior número de trabalhos sobre TR nas edições de 2017 a 2021 se deva ao fato que 2019 foi o ano do centenário das observações do eclipse que corroborou a TRG, despertando o interesse dos pesquisadores de fazer esse resgate histórico. Vale salientar que a última edição do SNEF, em 2021, foi no período pandêmico, em que eventos presenciais não poderiam acontecer. Da mesma forma como ocorreu a edição do EPEF em 2020, o fato do SNEF 2021 ter sido virtual proporcionou grande participação do público, já que todos os interessados puderam apresentar e/ou assistir aos debates sem sair de suas casas.

Em suma, encontramos um total de 223 trabalhos relacionados a FM nas últimas quatro edições dos eventos analisados: ENPEC (2013, 2015, 2017 e 2019); EPEF (2014,

2016, 2018 e 2020) e SNEF (2015, 2017, 2019 e 2021). A distribuição dos trabalhos relacionados às temáticas de FM ao longo dessas edições foi a seguinte: 2013, foram encontradas 15 produções; 2014, 14 trabalhos; 2015 apresentou 29 produções (sendo 13 o ENPEC e 14 no EPEF); 2016 exibiu 13 produções; 2017 contribuiu com 58 trabalhos (sendo 11 no EPEF e 47 no SNEF); 2018 com 9 trabalhos; 2019 registrou 30 (sendo 11 no ENPEC e 23 no SNEF); 2020 tivemos 21 trabalhos e, por fim, 2021 forneceu 34 produções.

Verificamos um crescimento do número de publicações durante a última década, mostrando que a Física Moderna e Física Contemporânea vem sendo alvo de interesse dos estudantes, professores e pesquisadores. Os diversos temas encontrados e sua frequência estão representados no Gráfico 5, pois, como sugerido por Barbeta (2003), as representações gráficas fornecem uma visualização mais sugestiva dos temas abordados.

Gráfico 5: Distribuição dos assuntos de FM (FMC) nos eventos ENPEC, EPEF e SNEF (2013-2021)



Fonte: Pesquisadora (2022).

É perceptível no Gráfico 5 que a temática mais discutida nos principais eventos da área dos últimos anos foi a Teoria da Relatividade, apresentando ao total 46 produções. Física das Partículas, Radiações, Física Quântica e Física Nuclear são temáticas que também apareceram com frequência, e destacam-se também trabalhos que discutem HFC.

Temáticas com participação pontual foram os assuntos de Efeito Termiônico, Princípio da Incerteza e a FM (FMC) e o Exame Nacional do Ensino Médio - ENEM.

Vale salientar que Mendes et al (2018) fizeram uma revisão das atas de vinte edições do SNEF, dezesseis edições do EPEF e onze edições do ENPEC, incluindo as mesmas edições que analisamos, e um dado interessante é que esses pesquisadores encontraram um conjunto de 112 produções, e como foco dominante obtiveram a Física das Radiações Ionizantes. Isso mostra que as temáticas são dinâmicas e vão aumentando ao nível do próprio desenvolvimento científico e tecnológico que temos na ciência, reconhecendo assim sua imensa contribuição para os dias de hoje.

3.2.1 Análise dos Artigos considerados a partir dos Anais de Eventos

A análise mostrou que a maior parte dos trabalhos são propostas didáticas, sugerindo um empenho de se inserir temáticas da FM nas escolas. Nos estudos, os recursos mais comuns foram o uso das TICs, leituras diversificadas sobre as diferentes temáticas da FM (FMC) e uso de experimentos. Dentre os artigos selecionados, predominaram os que têm foco no EM, havendo poucos voltados para o Ensino Fundamental e para o nível superior. Trabalhos com ênfase na interdisciplinaridade, nos aspectos histórico-filosóficos, e na formação inicial e continuada dos professores também se fizeram presentes. Com base na leitura e interpretação dos trabalhos localizados nesses eventos, através de estratégias da análise de conteúdo, conseguimos construir quatro categorias. O Quadro 2 mostra as categorias, os índices elaborados a partir da análise dos dados textuais, os autores e ano de publicação.

Quadro 2: Categorias dos trabalhos dos eventos e dados correspondentes

Categorias	Índice construído	Autores e ano
i) Defesa da Inserção de tópicos de FM (FMC) na Educação Básica	Categoria que defende e argumenta para a importância de incluir temas de FM e FC no currículo escolar, abordando sua relevância sociocientífica atual.	Camargo, Zanotello, Takai (2017); Cardoso, Noronha, Gurgel (2015); Kikuchi, Ortiz, Batista (2013); Pereira, Almeida (2017); Souza, Senna (2017); Ortiz, Batista (2015); Banheza, Jardim (2015); Pagliarini, Almeida (2015); Brugliato, Almeida (2015); Canato, Menezes (2012)

<p>ii) Propostas Didáticas para abordar tópicos de FM na Educação Básica</p>	<p>Categoria que apresenta diversas estratégias e metodologias didáticas para ensinar conceitos de FM, visando tornar o ensino mais atrativo e significativo aos alunos.</p>	<p>Barcellos, Coelho (2017); Pereira et al. (2019); Perez et al. (2021); Medeiros (2019); Riboldil, Studart (2017); Fiasca et al. (2021); Pinto, Balthazar (2020); Martins (2019).</p>
<p>iii) História e Epistemologia da Ciência como um caminho para explorar tópicos de FM</p>	<p>Categoria que enfatiza o uso da História e Epistemologia da Ciência como ferramentas úteis para promover a compreensão dos conceitos de FM(FMC), e engajar alunos ao estudo.</p>	<p>Pessanha, Pietrocola (2013); Santos (2012); Lopes, Sasseron (2017); Picalho et al. (2021).</p>
<p>iv) Temas multidisciplinares como motivação ao estudo da FM na Educação Básica e na Formação de Professores</p>	<p>Categoria que coloca luz na importância de abordagens multidisciplinares e temas atuais para motivar o estudo da FM, tanto para alunos quanto para professores.</p>	<p>Aquino, Saraiva (2016); Gonçalo, Terrazzan (2017); Perez et al (2021); Cappelletto, Moreira (2012); Lacerda (2012); Miyahara et al. (2012); Januário, Massoni (2022); Monteiro <i>et al.</i> (2013); Siqueira, (2012); Souza, Barcellos, Guerra (2013); Ortiz (2014); Goes et al. (2015); Soares et al. (2013); Oliveira et al. (2017); Tanajura; Senise Junior(2021).</p>

Fonte: Pesquisadora (2022).

Passamos a apresentar e detalhar cada uma dessas categorias, bem como a estrutura dos argumentos que as sustentam.

3.2.1.1 Categoria i) Defesa da Inserção de tópicos de FM (FMC) na Educação Básica

Um dos principais argumentos é que a Física, em particular a FM, é uma das áreas da ciência responsável por diversos avanços científico-tecnológicos que temos experimentado na sociedade contemporânea. Assim, a busca pela inserção da FM (FMC) em sala de aula tem sido foco de pesquisas acadêmicas e de programas de inovação curricular nos últimos anos. Discutir esses tópicos na Educação Básica é de muita relevância para uma educação científica comprometida com questões sociocientíficas atuais, pois possibilita criar um espaço de interlocuções entre escola e o processo de construção dos conhecimentos científicos e seus desdobramentos (Camargo; Zanotello;

Takai, 2017; Cardoso; Noronha; Gurgel, 2015; Kikuchi; Ortiz; Batista, 2013; Pereira; Almeida, 2017; Souza; Senna, 2017).

Pereira et al. (2019) defendem que o ensino da FM (FMC) no EM tem potencial para formar alunos com maior capacidade de associar os conteúdos aprendidos na escola à realidade atual dos avanços tecnológicos vivenciados por eles. No entanto, Ortiz e Batista (2015) falam que apesar de alguns assuntos relativos à FM já serem contemplados tanto na estrutura curricular da disciplina de Física como nos livros didáticos, estes ainda privilegiam assuntos relativos à Física Clássica, sendo que alguns temas de FM (FMC) são apresentados como mera “curiosidade” nos tópicos finais ou nos anexos de seu escopo. Banheza e Jardim (2015), por sua vez, mostraram que é possível combinar o ensino de partículas elementares, por exemplo, com a realidade do aluno, transitando entre dois âmbitos de conhecimentos, isto é, desde o conhecimento do senso comum à apropriação do conhecimento científico, e não deveria ser um tópico apenas de curiosidade ou de apresentação de curtas biografias dos cientistas, como ocorre em alguns livros.

Pagliarini e Almeida (2015), visando também contribuir com a inserção de conteúdos da FM (FMC), realizaram com uma turma de 3º ano do EM a leitura de um texto original do cientista Max Planck; o texto inclui alguns fatos presentes no início da Física Quântica, e concepções sobre o estágio dos desenvolvimentos da Física Teórica na época. Trabalhar outras leituras em sala de aula, fazer uso dos variados tipos de discursos pode beneficiar diversos estudantes, pois a produção de sentidos depende de suas histórias de vida e das condições imediatas em que ocorrem as interpretações, uma vez que a linguagem não é transparente, e para um mesmo texto que trate do mesmo assunto, podem ocorrer diferentes efeitos de sentido (Brugliato; Almeida, 2015).

Por apresentar um olhar semelhante, inserimos aqui o trabalho de Canato JR e Menezes (2012), que defendem que a Física Quântica não deve ser percebida como um conteúdo a mais, ou apenas como uma nota de curiosidade em um livro, mas como um conteúdo privilegiado a ser ensinado e aprendido ao longo de todo o EM. É nesta mesma vertente que a presente investigação se alinha.

3.2.1.2 Categoria ii) Propostas Didáticas para abordar tópicos de FM na Educação Básica

Os estudos que compõem esta categoria tratam de diversas estratégias para o ensino de FM na Educação Básica, visando não apenas transmitir conceitos, mas também inspirar o interesse dos alunos e promover uma compreensão mais profunda dos princípios científicos.

Barcellos e Coelho (2017) desenvolveram uma Sequência Didática (SD) sobre o tema interação da radiação ultravioleta–corpo humano para ser aplicada a alunos do 9º ano do Ensino Fundamental de uma escola da rede pública do Espírito Santo. Os autores relatam que os materiais para essa intervenção estavam confeccionados, mas que ainda não tinham sido aplicados.

Pereira et al. (2019) planejaram uma prática interdisciplinar que articulou tópicos de FM (FMC) à música, à dança, à pintura, à literatura, à fotografia e ao teatro. A ideia foi tornar o processo ensino-aprendizagem mais inclusivo, atrativo, contextualizado e que despertasse no aluno, não só o interesse pela Física, mas também pelas Ciências, pelas Artes e pela Literatura, nos seus variados ramos. Na mesma perspectiva, Perez et al. (2021) propuseram uma atividade cuja finalidade é exercitar a capacidade de imaginação e abstração de conceitos em alunos do 3º ano do EM. Assim, o aluno é orientado a selecionar um dos conceitos tratados em sala de aula para que ele o transponha em uma linguagem artística de qualquer espécie (textos, desenhos, esculturas etc.), que sirva de subsídio para perpetuar a essência do conceito original. A intervenção envolveu três aulas: i) discussão acerca da criação da FM sob uma perspectiva histórica, e o papel da imaginação no seu desenvolvimento; ii) proposta de atividade artística, do objetivo e exemplos; e iii) seminários: defesa das manifestações artísticas criadas pelos estudantes. Destacam, contudo, que a proposta não foi posta em prática.

Medeiros (2019) relata um trabalho, em 2017, para o Prêmio Shell de Educação Científica no Estado do Rio de Janeiro. O objetivo foi atingir alunos que, no formato tradicional de ensino, não se sentiriam motivados ao estudo da Física. Assim, o autor procurou expor os principais conceitos da TR, utilizando como referência para as notas de aulas: o livro intitulado “Física – conceitos e contextos”, volume 3, de autoria de Maurício Pietrocola; os artigos intitulados “Física e Teatro – Uma parceria que deu certo” e “Uma viagem pela Física e Astronomia através do teatro e da dança”. A aplicação foi feita com uma turma do 1º ano do EM de 43 alunos; um roteiro foi passado para que eles

pudessem se organizar e montar as falas, colocando os conteúdos que foram ensinados em sala de aula.

Riboldil e Studart (2017) construíram e aplicaram uma UEPS, baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, proposta por Marco Antonio Moreira. A UEPS visou a aprendizagem significativa da TRR e suprimir o excesso de matematização. Para isso, usaram o game educativo *A slower speed of light* e animações, permitindo, assim, aulas diferenciadas. Houve evidências de uma evolução conceitual por parte dos alunos, dos eventos relativísticos, do efeito holofote e do efeito Terrell.

Fiasca et al. (2021), por sua vez, desenvolveram e implementaram uma sequência didática sobre o mesmo tema, porém utilizaram metodologias ativas de aprendizagem, fazendo uma combinação dos métodos Ensino sob Medida (EsM), Sala de Aula Invertida (SAI) e Instrução por Colegas (IpC), e fez uso de ferramentas online (*Google Drive e Forms*) e de aplicativos móveis (WhatsApp).

Pinto e Balthazar (2020) aplicaram um vídeo e seu roteiro com os principais resultados experimentais encontrados por Albert e Michelson, no final do século XIX, em experimentos na busca pelo éter luminífero. Discutiram também as consequências de sua pesquisa com o interferômetro e as transformações de Lorentz. O vídeo é parte de um projeto que visava uma sequência de ensino por investigação para ensinar TRR no EM a partir dessa abordagem. Martins (2019) utilizou metodologias com o uso de obras cinematográficas, o filme escolhido foi “Interestelar”, e visou elucidar o tema a Teoria da Relatividade na Educação Básica.

Práticas interdisciplinares (articulando artes, literatura, música etc.), leituras de textos seminais históricos, usos de experimentação (interferômetro), leituras comentadas de livros paradidáticos e artigos são algumas das sugestões encontradas nos trabalhos para discutir temas de FM.

3.2.1.3 Categoria iii) História e Epistemologia da Ciência como um caminho para explorar tópicos de FM

Pessanha e Pietrocola (2013) buscaram explanar o tema de Física das Partículas com um olhar mais epistemológico, através de discussões e debates sobre a natureza da ciência como meio de promover a aprendizagem. Santos (2012), com o mesmo intuito, fez uso da História da Ciência, da experimentação, de TICs e da ludicidade, e elaborou

uma sequência didática para fins de ensino de modelos atômicos (Átomo de Bohr) e espectroscopia no EM.

Trabalharam a mesma temática Lopes e Sasseron (2017) através de uma Sequência de Ensino Investigativo intitulada “E o elétron? É onda ou é partícula?”, junto com alunos dos três anos do EM. Durante a aplicação, os participantes tiveram a oportunidade de discutir sobre um tema e de interagir com as atividades propostas que tinham um propósito investigativo e de propiciar um ensino de Física diferente do tradicional.

Picalho et al. (2021) apresentaram uma SD constituída de três etapas: a primeira, configurada pela apresentação do filme “Estrelas além do tempo”, que relata a história de cientistas mulheres afro-americanas que trabalharam no *Langley Research Center* da NASA, pontuando como se dava a presença feminina na ciência na década de 1960; na segunda, foi feita uma discussão e análise do filme assistido, e foram propostas perguntas do tipo: *Quantos nomes de mulheres cientistas você conhece? Quais são eles? Quantos nomes de homens cientistas você conhece? Quem são eles? Algum dia você já pensou na possibilidade de ser cientista? Se você pudesse ser um/uma cientista, quem seria?* As questões geraram debates. Por fim, a terceira etapa se destinou à abordagem da FM (FMC) sobre o assunto da Matéria Escura. Foram repassados aspectos históricos, por exemplo, do início da década de 1970, quando a pesquisadora Vera Rubim, através de seus estudos observacionais, deu-se conta que as curvas de rotação das galáxias apresentavam um desacordo em relação aos resultados teóricos e experimentais. A ideia da sequência foi despertar o interesse para que mais meninas se enxerguem com potencial para fazer e construir ciência, tornando um ambiente científico mais plural.

Foi possível ratificar achados da revisão da literatura que apontam que a HFC é uma estratégia não apenas útil, e sugerida até mesmo em documentos públicos, mas viável de ser implementada em sala de aula como forma de introduzir conceitos de FM de diferentes subáreas da Física.

3.2.1.4 Categoria iv) Temas multidisciplinares como motivação ao estudo da FM na Educação Básica e na Formação de Professores

A nanotecnologia é um tema bastante bem discutido na comunidade científica. Apresenta uma natureza multidisciplinar e, com isso, gera diferentes opiniões quanto a suas aplicações e implicações em nossa sociedade. Nesse sentido, tratar esse tema em sala

de aula é bastante desafiador devido à abstração inerente, à dimensão dos nanomateriais e à falta de laboratórios equipados nas escolas públicas em geral.

Contudo, Aquino e Saraiva (2016) procuraram superar essas limitações através da realização de atividades complementares às de sala de aula, e da confecção de uma cartilha a ser utilizada por professores e alunos do EM como material de divulgação. Tais ações visaram introduzir conceitos básicos e as aplicações dos temas da Nanociência e da Nanotecnologia de modo a dotá-los de significado para o aluno, destacando seus conceitos básicos e as aplicações.

Nesse sentido, Gonçalo e Terrazzan (2017) investigaram os fatores que influenciam a escolha, por professores de Física, de assuntos relativos à Física Moderna e Contemporânea para tratar no Ensino Médio. Mediante as análises, identificaram a existência de quatro fatores, a saber: 1) características das disciplinas cursadas na graduação; 2) motivos intrínsecos; 3) concepção ingênua da noção de moderno; 4) prescrições para a programação curricular da disciplina de Física. Alertam que a formação inicial e continuada do professor reflete diretamente em sua prática de conteúdos da FM (FMC) em sala de aula.

Cappelletto e Moreira (2012) fizeram uma investigação ao longo de três anos em cursos avançados de física da Universidade Federal do Rio Grande, na formação de professores, com o intuito de colher subsídios e testar metodologias que permitissem minimizar a dicotomia observada entre teoria e prática de conteúdos da FM (FMC). Lacerda (2012) apresentou o Design Instrucional para futuros professores de Física, como uma ferramenta tecnológica para fins educacionais. Já Miyahara et al. (2012) desenvolveram um projeto de formação continuada para professores da Educação Básica, com o objetivo de dar fundamento teórico e propor um ensino de FM com métodos alternativos e experimentos de baixo custo e de fácil acesso, além do uso de ferramentas que auxiliassem no processo ensino-aprendizagem com os seus alunos.

Entendemos que produções assim, contribuem para amenizar o “gap” teoria-prática ainda presente na formação de professores de Ciências/Física, aspecto que também apareceu na revisão de literatura (Massoni; De Araújo, 2022; Monteiro *et al.*, 2013; Ortiz, 2014). Entretanto, Siqueira (2012) salienta que ainda há poucas pesquisas envolvendo a capacitação ou formação dos professores para a prática dos tópicos de FM (FMC) em sala de aula.

Por meio de uma revisão de literatura, utilizando três periódicos da área de Pesquisa em Ensino de Física, cobrindo o período de 2005 a 2012, Souza, Barcellos e

Guerra (2013) verificaram que o professor encontra nos periódicos mais subsídios para estudar temas de FM do que ideias de como trabalhá-los em sala de aula de forma mais concreta.

A partir dessa perspectiva, entendemos que é imprescindível que os cursos de formação de professores considerem as crenças, as dificuldades e as concepções dos professores em formação sobre a FM (FMC), e que os projetos de curso se ocupem em lhes oferecer aprofundamento teórico, experiências e um perfil de egressos capaz de fazer com que se sintam confortáveis para abordar tópicos de FM (Pinheiro; Massoni, 2021), a fim de que, embora tardiamente, no século XXI, a FM seja inserida e efetivamente discutida na Educação Básica (Roberto; Silva Junior, 2021).

3.2.2 À título de conclusão da Revisão de Anais de Eventos

Com base nos resultados da Revisão de Literatura em periódicos nacionais e internacionais apresentada na subseção 3.1, elegemos o tópico Teoria da Relatividade associado ao interesse da pesquisadora, ao considerarmos que a TR é um tema com grande potencial para ser abordado e discutido no contexto da Educação Básica, tanto conceitualmente quanto em conexão com debates históricos e sobre a natureza da ciência.

Assim, prosseguimos com nossa revisão, a alargando para Anais de Eventos com intuito de ratificar (ou não) os achados da Revisão de Literatura, e adicionalmente perceber como temas da FM têm sido abordados nessa etapa educacional. O que constatamos foi que a Teoria da Relatividade também se destaca entre os trabalhos apresentados nos principais eventos nacionais da área por nós examinados (ENPEC, EPEF e SNEF), nas edições da última década, tendo inclusive, uma tendência de crescimento. Interpretamos também que os trabalhos de eventos apresentam diversificadas sugestões, estratégias, sequências didáticas, abordagens interdisciplinares com outras áreas (e.g. Artes, Literatura, Música etc.), oferecendo subsídios e inspiração de como proceder essa inserção. E análise permitiu agrupar os trabalhos em quatro diferentes categorias.

Porém, muito importante foi poder entrar em contato com experiências tão diversificadas, o que nos fez refletir também a relevância de repensar as abordagens com que nós, enquanto professores, levamos o ensino de FM para sala de aula, tanto no Ensino

Superior no âmbito da formação docente, quanto para sala de aula do EM, para que não fique uma linguagem destoante e para que busquemos sempre uma integração mais efetiva desses conceitos [de FM] com a realidade dos alunos, promovendo, assim, uma compreensão mais aprofundada e conectada com os avanços científicos presentes no nosso mundo, até mesmo frente aos novos desafios que o mundo contemporâneo nos impõe.

Assim, inspirados pelas conclusões da revisão apresentada no item anterior, e com base nos achados da revisão de trabalhos de eventos, reafirmamos nossa escolha do tema do módulo didático: a Teoria da Relatividade. Mesmo reconhecendo que é um tema bastante discutido, é comum surgir novas questões de pesquisa para aprofundarmos, mapearmos e tentarmos entender de qual maneira esse tema [TR] se apresenta nos diversos níveis da produção acadêmica, a saber: catálogo de teses e dissertações da Capes, dissertações do MNPEF e Google Acadêmico. Assim, chamaremos de Questões 1.1, Questão 1.2, e assim sucessivamente, a depender de quantas novas perguntas sejam necessárias ao longo do aprofundamento da revisão. Enumeraremos dessa forma pelo fato de que todas as novas perguntas estão correlacionadas com o objetivo específico imbuídas na revisão de literatura e produção acadêmica.

Assim, no Capítulo 4 apresentamos uma análise estendida e mais acurada, sobre a presença da TR na produção acadêmica e as formas como se apresenta o processo de ensino e de aprendizagem.

Esta etapa da revisão gerou um trabalho aceito e apresentado no Encontro Estadual de Ensino de Física de 2023, realizado em Porto Alegre, 2023.
Título: *Temas de Física Moderna na educação básica: uma revisão em anais nacionais em ensino de Física.* (Januário; Massoni, 2023)



CAPÍTULO IV: A PRESENÇA DA TEORIA DA RELATIVIDADE EM PESQUISAS ACADÊMICAS: TESES E DISSERTAÇÕES

No Capítulo precedente apresentamos um panorama das temáticas sobre Física Moderna que vêm sendo pesquisadas na área. De modo particular, a influência da TR, formulada por Albert Einstein no início do século XX, transcende os limites da física teórica, suscita implicações filosóficas profundas, gerando debates sobre a natureza do tempo, do espaço, e da simultaneidade. A teoria traz mudanças conceituais fundamentais nesses conceitos e se estende também por diversas disciplinas científicas e áreas aplicadas, como a tecnologia.

Diante dessa relevância, decidimos explorar como os conceitos e princípios da Teoria da Relatividade se manifestam nas produções acadêmicas e de que forma essa teoria continua a inspirar e influenciar a pesquisa científica em diversas frentes. Por essa razão, fizemos mais uma etapa da revisão através do Catálogo de Teses e Dissertações da Capes, visando responder a uma nova questão de pesquisa: *1.1 Como a Teoria da Relatividade vem sendo trabalhada nos diferentes níveis educacionais na pesquisa acadêmica? Quais são os tópicos da Relatividade mais trabalhados (Teoria da Relatividade Geral (TRG); Teoria da Relatividade Restrita (TRR); TRG e TRR articuladas)? Como se configura a articulação da TR com a HFC na pesquisa acadêmica?* O objetivo foi aprofundar a compreensão dessa temática, buscando pesquisas que oferecessem detalhes e enfoques de sua abordagem.

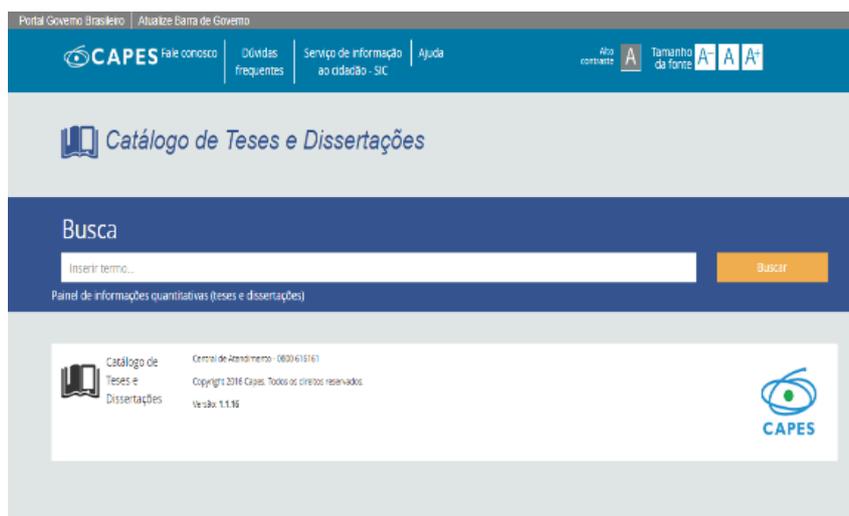
Ressaltamos, mais uma vez, que a TR continua a exercer uma influência grande na produção acadêmica, permeando uma variedade de campos e inspirando novas pesquisas, questionamentos e descobertas ao longo das últimas décadas. Sua presença na academia reflete não apenas sua importância histórica, mas também sua contínua relevância e contribuição para o avanço do conhecimento científico, e filosófico.

Este Capítulo analisa, assim, a presença da TR em Teses e Dissertações da Capes. O Capítulo V analisa a presença da TR em Dissertações do MPNEF e em trabalhos localizados no Google Acadêmico.

4.1 TR em Teses e Dissertações da Capes

Para localizar as teses e dissertações que tiveram como objeto de investigação a TR, fizemos uso do mecanismo de busca do Catálogo de Teses e Dissertações da Capes, como exibido na Figura 7.

Figura 7: Mecanismo de busca do Catálogo de Teses e Dissertações da Capes



Fonte: Disponível em <https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#/>. Acesso mar/2022.

Utilizamos “*Relatividade*” como palavra descritora, o que nos rendeu 1.034. Refinamos esse resultado fazendo uso do filtro temporal, delimitamos o período de 2013 a 2021; a razão da escolha desse período é que na revisão dos Anais de Eventos, o mais antigo por nós revisado foi a edição do ENPEC de 2013. Filtramos também pelo tipo de grau acadêmico, já que a plataforma permite os seguintes filtros: “mestrado (dissertação)”, “profissionalizante”, “mestrado profissionalizante” e “doutorado (tese)”. Seleccionamos, assim, apenas “mestrado (dissertação)” e “doutorado (tese)”, o que restringiu a busca para 527 trabalhos. Destacamos que não incluímos o filtro “mestrado profissionalizante” nem o “profissionalizante” já que se referiam a “trabalho anterior à Plataforma Sucupira”; e, além de não ser do escopo deste estudo, não apresentava link para acesso completo às produções. Além disso, a revisão sobre a presença da TR em Dissertações do Mestrado Profissionalizante, em nosso caso, o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) será objeto de análise do Capítulo V.

Com estes dispositivos seleccionamos aquelas produções que no título, resumo e/ou palavras-chave direcionassem para TR e obtivemos 97 trabalhos.

Fizemos, então, a leitura das 97 produções. Como critérios de exclusão tivemos que nove trabalhos foram descartados devido à falta de autorização dos autores para divulgação do trabalho completo, para além dos resumos. Excluímos outros três trabalhos que apresentavam um olhar mais direcionado para outras áreas como Física Quântica, Astronomia, Cosmologia, nos quais a Teoria da Relatividade aparecia apenas como exemplo ou citação curta. Desta forma, nosso *corpus* de análise resultou em 85 trabalhos, sendo 61 dissertações e 24 teses.

O Quadro 3 mostra dados dos trabalhos selecionados: autor(es), ano e título, tema trabalho (se Teoria da Relatividade Restrita – TR, se Teoria da Relatividade Geral – TRG) separados pelo grau acadêmico, isto é, dissertação ou tese.

Quadro 3: Teses e Dissertações do Catálogo da Capes 2013-2021

Nº	Autor(es)	Título	Tema
Grau Acadêmico: Dissertação			
1	Oliveira (2021)	Estudo dos relógios quânticos por meio de analogias com relógios em um campo gravitacional	TRG
2	Alfradique (2016)	Modelos de estrelas relativísticas com campo magnético dipolar	TRG
3	Silva (2018)	Uma discussão histórico-epistemológica da teoria da relatividade restrita em tirinhas	TRR
4	Germani (2014)	Simulações de dinâmica molecular em um gás relativista	TRR
5	Silva (2014)	O olhar que distorce o tempo e o espaço: mitocrítica do discurso científico na teoria da relatividade	TRR
6	Nunes (2020)	Um estudo histórico-social das contribuições de Henri Poincaré à Teoria da Relatividade: subsídios para o ensino de física	TRR
7	Penteado (2018)	As estruturas necessárias à teoria da relatividade restrita: um estudo a partir da epistemologia genética	TRR
8	Vieira (2014)	Uma visada epistemológica das singularidades na teoria da relatividade geral	TRG
9	Canella (2016)	Estudo das propriedades de moléculas com átomos pesados utilizando um novo conjunto de base relativístico	TRG
10	Basílio (2018)	A ideologia em materiais de divulgação científica: um estudo da imagem de Einstein em discursos sobre as ondas gravitacionais	TRG
11	Celestino (2014)	Propagação de campos escalares e ondas gravitacionais em um espaço-tempo planarmente simétrico	TRG
12	Maykot (2014)	Estudo da matéria estelar no contexto de um modelo hadrônico relativístico incluindo a interação gravitacional	TRG
13	Frizo (2019)	Soluções da eletrodinâmica generalizada em espaços-tempo curvos.	TRG
14	Passero (2014)	O experimento de Michelson-Morley na transição da física clássica para a física relativística: leituras filosóficas e historiográficas	TRR

15	Zago (2018)	Situações didáticas no ensino da relatividade geral: análise do engajamento dos alunos	TRG
16	Limberg (2016)	Tópicos de física moderna e tecnologias educacionais: uma abordagem cultural do conceito de tempo no Ensino Médio	TRR TRG
17	Costa (2014)	Superradiância: aspectos clássicos, relativísticos e quânticos	TRG
18	Nicolau Junior (2014)	Estrutura didática baseada em Fluxo: Relatividade Restrita para o Ensino Médio v. 1	TRR
19	Didonet (2020)	Proposta de entropia gravitacional para métricas tipo-Gödel no teleparalelismo equivalente à Relatividade Geral	TRG
20	Souza (2016)	Conceitos de simultaneidade, da antiguidade à relatividade: um módulo de ensino contextualizado	TRR
21	Mourão (2020)	A influência da metodologia PCMA na aquisição de conceitos de física moderna: um estudo de caso com alunos do ensino médio no IFCE	TRR TRG
22	González (2016)	Uso do Einstein Toolkit na Gravidade Teleparalela	TRG
23	Timboni (2016)	Elaboração de uma unidade de aprendizagem sobre relatividade geral para o ensino de física no primeiro ano do ensino médio	TRG
24	Baqui (2016)	Correções de pressão na dinâmica de fluidos newtoniana e comparação com a teoria da relatividade geral	TRG
25	Silva (2015)	Estudo da solução das equações de Einstein considerando a métrica de Weyl e discos	TRG
26	Prediger (2018)	Spinoza, universo e ensino de ciências: análise crítica dialética da concepção spinozista da natureza na abordagem do surgimento do universo para o ensino de ciências	TRR TRG
27	Lobo (2013)	Singularidades do espaço tempo em variedades de Weyl	TRG
28	Rafael (2019)	A teoria da relatividade especial no episódio 8 (oito) do documentário cosmos: possibilidades e limitações como texto de divulgação científica	TRR
29	Xavier (2016)	Conexões afins e a teoria de Cartan-Einstein	TRG
30	Volkmer (2018)	Um objeto compacto exótico na Relatividade Geral pseudo-complexa	TRG
31	Pereira (2019)	Análise de conteúdos de física moderna e contemporânea em livros didáticos de física do ensino médio da rede pública estadual de São Luís-MA	TRR
32	Ortiz (2014)	História da ciência e construção do conhecimento pedagógico do conteúdo relatividade na formação de professores de física	TRR
33	Ferreira (2017)	Simetria cilíndrica na Relatividade Geral	TRG
34	Gorodetskaya (2015)	Estudo de noção de transporte paralelo sobre uma superfície dinâmica com aplicações na Relatividade Geral	TRG
35	Seidel (2018)	Aplicações da aproximação quase-newtoniana da Relatividade Geral a problemas em astrofísica	TRG
36	Reis (2019)	Uma história da relatividade restrita e cubismo: circulação de ideias na transição dos séculos XIX e XX	TRR
37	Fernandez (2016)	Propagação Luminosa no Espaço-Tempo de Gödel	TRG

38	Abreu (2016)	Modelos cosmológicos com gás relativístico reduzido e com constantes gravitacional e cosmológica variáveis	TRG
39	Magri (2019)	Teoria da relatividade e logica temporal	TRR
40	Mota (2017)	Funções de onda clássicas para grávitons em espaços-tempo curvos sem torção	TRG
41	Carneiro (2018)	Ondas gravitacionais, efeito memória e o teleparalelismo equivalente à relatividade geral	TRG
42	Saraiva (2018)	Simetria e invariância na física: Uma análise do significado filosófico dos princípios de relatividade	TRR TRG
43	Reis (2015)	Os conceitos de espaço e tempo no ensino de física: uma possibilidade de atuação em sala de aula	TRR TRG
44	Carvalho (2015)	A importância da relatividade geral no estudo de anãs brancas	TRG
45	Marcon (2020)	Modelos cosmológicos não comutativos em Relatividade Geral	TRG
46	Gomes (2011)	O Romance e a Teoria da Relatividade: A interface entre Literatura e Ciência no Ensino de Física através do discurso e da estrutura da ficção	TRR
47	Souza (2019)	Teoria da relatividade restrita: uma sequência didática para o ensino médio abordando os conceitos de aberração da luz, contração espacial de Lorentz efeitos doppler, Terrell e Penrose	TRR
48	Noronha (2014)	Interpretando a relatividade especial: Discutindo o debate realismo e antirrealismo científicos no ensino de ciências	TRR
49	Cardoso (2015)	A complementaridade dos pensamentos narrativo e matemático na gestação da teoria da Relatividade Geral	TRR
50	Pereira (2021)	A ótica dos corpos em movimento sob a visão do realismo estrutural: Questões não consensuais de natureza da ciência na formação de professores	TRR TRG
51	Gomes (2018)	Teoria da gravidade escalar geométrica interpretada sob a perspectiva do modelo de dimensões extras	TRG
52	Martins (2019)	Desenvolvimento e análise de uma unidade de ensino potencialmente significativa para o ensino da teoria da relatividade restrita	TRR
53	Silva (2015)	Mudanças na noção de tempo relativístico em licenciandos de física, através de uma intervenção baseada na teoria dos construtos pessoais	TRR
54	Morais (2021)	Gravity and its wonders: braneworlds and holography	TRG
55	Santos (2016)	Correções em Relatividade Geral advindas de modelos com violação espontânea da simetria de Lorentz por um campo bumblebee	TRG
56	Melo Santos (2016)	Fluidos ideais em Relatividade Geral e Cosmologia	TRG
57	Lima (2019)	Cálculos newtoniano e relativístico da deflexão da luz e a contribuição da constante cosmológica	TRG
58	Macena (2020)	Sobre a quantização do universo de Gödel	TRG
59	Mesquita (2019)	Investigando os elementos estruturantes de sequências didáticas de física moderna para o ensino superior	TRR
60	Duarte (2021)	Efeitos da não-comutatividade do espaço-tempo sobre as propriedades termodinâmicas da corda negra	TRG

61	Assencio (2020)	Sobre a possibilidade de existência de buracos de minhoca com matéria estranha na relatividade geral	TRG
Grau Acadêmico: Tese			
62	Mauro Filho (2017)	Método Perturbativo Aplicado a Gravidade de Quarta Ordem e a Relatividade Geral Corrigida pelo Grupo de Renormalização	TRG
63	Neves (2020)	Interações discursivas, práticas e movimentos epistêmicos no ensino de relatividade restrita	TRR
64	Celestino (2018)	Dinâmica de espaços-tempos com simetria axial: ondas cilíndricas e colapso não-esférico	TRG
65	Souza (2019)	Equivalência conforme de espaços-tempos	TRR
66	Silva (2013)	O funcionamento de imagens e a produção de sentidos na leitura da relatividade restrita	TRR
67	Figueiredo (2018)	Gravidade análoga em metamateriais: um elo entre a física da matéria condensada, gravitação e cosmologia	TRG
68	Almeida (2019)	General relativity and modified gravity in galaxies and the Solar System	TRG
69	Silva (2017)	Aspectos da dualidade holográfica fora do equilíbrio	TRG
70	Oliveira (2016)	Aspectos da dualidade holográfica fora do equilíbrio	TRG
71	Santos JR (2019)	Teorias alternativas à relatividade geral aplicadas a objetos compactos	TRG
72	Silva (2017)	Teorias Modificadas da Gravitação e a Violação de Causalidade	TRG
73	Cavalcanti (2017)	Aspects of Black Hole Physics Beyond General Relativity: extra dimensions, horizon wave function and applications	TRG
74	Troconis (2017)	General Relativisti? Study of the Struture of Highly Magnetized Neutron Stars	TRG
75	Silva (2021)	Ciência e arte em um contexto histórico-cultural: a cultura da quarta dimensão no início do século XX e as amplas possibilidades de diálogo entre arte e ciência em uma disciplina na licenciatura em física	TRR
76	Rocha (2021)	Beyond-gravitomagnetism approximation of general relativity applied to solar system and study of charged compact objects in $f(r,t)$ theory of gravity	TRG
77	Macedo (2015)	Compact objects in general relativity	TRG
78	Sampson (2013)	Transitividade e Movimento em Relatividade de de Sitter	TRG
79	Lins (2021)	Short distance tests of General Relativity from Astronomy	TRG
80	Santos (2016)	Espaços-Tempos Estáticos e Esféricamente Simétricos na Teoria de Rastall com Campo Escalar	TRG
81	André (2017)	Análise da instabilidade de Jeans em sistemas auto-gravitantes e um modelo de estrutura estelar no contexto da teoria de gravidade $f(R)$	TRG
82	Oliveira Junior (2013)	Dramaticamente inviável: corpo e espaço-tempo na tele-peça ...até parecer as nuvens..., de Samuel Beckett	TRG

83	Fróes (2013)	Modificação vetoriais da Relatividade Geral: aplicações cosmológicas e no sistema solar	TRG
84	Almeida (2019)	Física Moderna e Contemporânea no ensino médio: o livro didático e as representações sociais de docentes.	TRR
85	Cestari Junior (2020)	Paul Langevin: ciência, educação e difusão do conhecimento	TRR

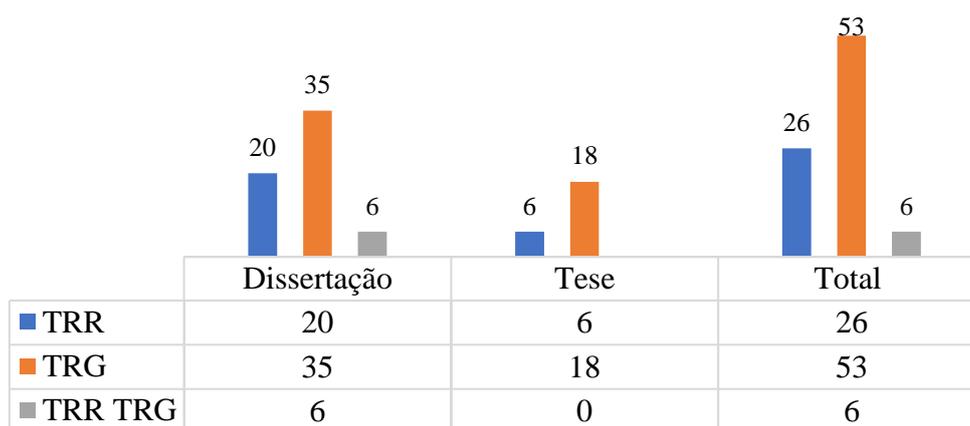
Fonte: Pesquisadora (2022).

Percebe-se que uma grande quantidade de pesquisas acadêmicas que abordam a TR é do tipo dissertação, correspondendo a 72% da amostra selecionada sob o descritor “relatividade”, e os outros 28% são teses. Esta disparidade, possivelmente se refere ao próprio tipo de pesquisa, pois sabemos que a duração de uma pós-graduação em nível de mestrado corresponde a um período de aproximadamente dois anos, já a pós-graduação em nível de doutorado envolve uma profundidade maior e corresponde ao dobro de tempo, em média quatro anos. Dessa forma, é de se esperar um maior número de dissertações do que de teses em um mesmo período (no nosso caso: 2013 a 2021).

Em relação às abordagens da TR, dentre as 85 pesquisas selecionadas, encontramos 26 produções referentes a TRR; 53 abordam TRG e seis (06) pesquisas articulam as duas teorias, isto é, TRR e TRG.

Para fins de melhor visualização e de organização de dados, o Gráfico 6 mostra essa distribuição.

Gráfico 6: Abordagens dos tópicos da TR e o grau acadêmico trabalhado



Fonte: Pesquisadora (2022).

Como se pode ver, a TRG predomina na amostragem, com um percentual de 62% da amostra selecionada. Nosso pressuposto é que isto pode ter relação com o fato de a

TRG propiciar uma articulação maior com outras áreas, de modo especial, com a Astronomia e a Cosmologia, como discutiremos neste Capítulo. A TRR foi trabalhada em 26 pesquisas, que correspondem a 32%, sendo a maioria (20 de 26) dissertações. Por fim, 7% das investigações relacionam as duas teorias (TRR e TRG), sendo que esta articulação foi encontrada apenas em dissertações.

Para organizar os dados brutos em “unidades de análise” e em categorias, como sugere Bardin (2011), a leitura inicial de títulos, palavras-chave e resumos permitiu agrupar as pesquisas segundo alguns elementos comuns e, dessa maneira, construímos três categorias: i) *Problemas intrínsecos da Relatividade em articulação com outras áreas do conhecimento*; ii) *Relatividade numa perspectiva de experiências e materiais didáticos*; iii) *Relatividade e a interpretação epistemológica histórica e filosófica da ciência*.

A Tabela 1, apresentada na sequência, busca organizar todos os trabalhos selecionados segundo as três categorias temáticas que identificamos. Como dito, as categorias foram construídas mediante estratégias de “pré-análise” da metodologia de análise de conteúdo, levando em consideração os temas abordados nas teses e dissertações.

Tabela 1: Categorias temáticas das Teses e Dissertações da Capes (2013-2021)

Categorias	Índice Construído	Autores / Ano	Percentual/ Total
i) Problemas intrínsecos da Relatividade em articulação com outras áreas do conhecimento	Busca compreender os desafios e questões fundamentais da TR em conexão com outras disciplinas ou áreas do conhecimento. Isto é, pode envolver a investigação de questões teóricas ou práticas que surgem na interseção da TR com campos como a Filosofia da Ciência, a Matemática, a Cosmologia, Mecânica Quântica, por exemplo	Pereira (2016); Santos JR (2019); Rocha (2021); Macedo (2015); Carvalho (2015); Abreu (2016); Germani (2014); Baqui (2016); Costa (2014); Volkmer (2018); Xavier (2016); Silva (2015); Fernandez (2016); Gomes (2018); Magri (2019); Celestino (2018); Canella (2016); Maykot (2014); Frizo (2019); Oliveira (2021); Figueiredo (2018); Gorodetskaya (2015) Bernar (2014); Sampson (2013); Cardoso (2014); Carneiro (2018); Silva (2017); Ferreira (2017); Souza (2019); Cavalcante(2017); Mota (2017); González(2016); Troconis (2017); Seidel (2018); Oliveira (2016); Mouro Filho (2016); Alfradique (2016); Silva (2017); Didonet (2020); Marcon (2020);	60% 51 pesquisas

		Celestino (2014); Assencio (2020); Duarte (2021); Santos (2016); Santos (2016); Sayago (2019); Ferreira Martins de Moraes (2021); Macena (2020); Lima (2020); Fróes (2013); Andre (2017)	
ii) Relatividade numa perspectiva de experiências e materiais didáticos	Destaca a importância de abordar a TR sob o ponto de vista prático e educacional. Pesquisas que envolvem o desenvolvimento de experiências, materiais didáticos, recursos de aprendizagem, simulações ou experimentos que auxiliem na compreensão e no ensino TR.	Limberg (2018); Timboni (2016); Nicolau Junior (2014); Zago (2018); Martins (2019); Neves (2020); Rafael (2019); Silva (2015); Souza (2019); Mourão (2018); Mesquita (2019); Silva (2013); Basílio (2018); Pereira (2021); Almeida (2019); Silva (2013)	19% 16 pesquisas
iii) Relatividade e a interpretação epistemológica a histórica e filosófica da ciência.	Pesquisas que abordam a TR sob o ponto de vista epistemológico, contemplando discussões históricas e da natureza da ciência.	Saraiva (2018); Silva (2018); Vieira (2014); Nunes (2019); Silva (2014); Prediges (2018); Reis (2019); Noronha (2014); Penteado (2018); Ortiz (2014); Cestari Junior (2020); Souza (2016); Carvalho (2013); Lobo (2013); Souza Saraiva (2018); Reis (2015); Passero (2014); Silva (2021).	21% 18 pesquisas

Fonte: Pesquisadora (2022).

A leitura mais aprofundada, a interpretação e a análise dessa produção acadêmica levaram a uma explicitação das categorias temáticas, buscando entrelaçar as informações sobre como está sendo a pesquisa na área sobre a Teoria da Relatividade em diferentes níveis acadêmicos, quais as principais abordagens didáticas e com que profundidade (qualitativa, matemática etc.) as investigações foram conduzidas, e as formas como se dera as articulações com a HFC. Também imprimimos certas reflexões, destacando alguns aspectos levantados.

4.1.1 Categoria i) Problemas intrínsecos da Relatividade em articulação com outras áreas do conhecimento

Nesta categoria incluímos 51 pesquisas, sendo 19 teses e 32 dissertações. Estas produções abarcam a Teoria da Relatividade com um bom nível de profundidade matemática; discutem problemas intrínsecos da teoria e trazem articulação da TR com outras áreas do conhecimento. Apresentamos aqui um recorte destas pesquisas.

A TRG foi a primeira teoria física empregada na tentativa de fazer uma descrição do Universo. Logo, a Cosmologia Moderna, enquanto um ramo da Astrofísica criada no século XX, busca por modelos que possam descrever o Universo, sua origem, composição em diferentes épocas e em diferentes escalas, e fazer previsões do futuro do Universo. No entanto, existem problemas em aberto como: para ser como é, o Universo precisa ser constituído por um tipo de matéria estranha que não emite radiação, chamada de “matéria escura” e “energia escura”, principalmente em função da discrepância entre os valores preditos e observados da densidade de matéria no Universo e da dinâmica das galáxias, já que a velocidade com que elas se movimentam exige que haja mais matéria do que é observado para mantê-las em seus aglomerados. Isto, portanto, levou à hipótese da existência da “matéria escura”, responsável por essa dinâmica (André, 2017), mas este é um campo em aberto ainda nos nossos dias.

Assim, muitos desses trabalhos apresentam a TR por meio de estudos cosmológicos e astrofísicos, com uma abordagem matemática bastante profunda. Baqui (2016) discute que relacionar essas áreas vem do fato de que elas são ramos oriundos da TRG, mas argumenta que é possível descrevê-los sob certas condições utilizando hidrodinâmica newtoniana. O campo de abrangência destas equações pode ser estendido com a introdução de um termo de pressão relativística, que atuará como fonte de campo gravitacional. Esse termo de correção ainda não é muito bem entendido de forma que, recentemente, Hwang e Noh propõem alternativas às teorias hidrodinâmicas semi-relativísticas existentes. Assim, nesse estudo, o autor discute os resultados obtidos através das teorias newtonianas e as de Hwang-Noh, assim como a própria relatividade aplicada a estrelas e Cosmologia, fazendo uma comparação entre eles. Fróes (2013) realiza uma revisão do estado da arte da cosmologia observacional, abordando modelos de blindagem cosmológica para campos escalares e vetoriais relacionados à energia escura. Seu estudo destaca as contribuições desses modelos para uma compreensão mais profunda da dinâmica cosmológica.

Outra discussão, proposta por Sampson (2015), é de que existe um consenso que a TRR, cuja cinemática é governada pelo grupo de Poincaré, deixa de ser válida próxima à escala de Planck. Como consequência, novas cinemáticas têm sido propostas. Uma alternativa a essas teorias é a relatividade especial de *de Sitter*, que pressupõe uma violação, não da simetria de Lorentz, mas da simetria de translação. A teoria inclui a constante cosmológica como um efeito cinemático e não como um elemento “exótico” que permeia o Universo. Considerando as propriedades de transitividade do espaço-tempo *de Sitter*, surge uma nova corrente conservada e uma nova família de trajetórias. Essas trajetórias introduzem uma nova noção de movimento, dado por uma combinação de translações e transformações próprias. Nesse contexto, o uso TRG torna-se essencial, em conjunto com uma equação de estado apropriada usada para descrever as situações de equilíbrio estelar. Oliveira (2016) destaca que as estrelas de nêutrons são estruturas compactas, cuja força de atração gravitacional é sustentada pela degenerescência dos nêutrons e outras forças de repulsão entre os núcleos que compõe o seu interior. O nascimento dessas estruturas coincide com o fim do processo de fusão nuclear e é posterior a uma grande explosão, chamada de Supernova. Contudo, a falta de conhecimento sobre o comportamento da matéria em tais condições extremas permite o uso de teorias alternativas para descrever tais estrelas. Na pesquisa, Oliveira (2016) fez um estudo das consequências (na estrutura da estrela de nêutrons) quando se utilizam teorias alternativas às teorias de Newton e de Einstein. Almeida (2019) ressalta que a TRG também tem um grande sucesso na descrição da dinâmica do sistema solar e na descrição das ondas gravitacionais. Porém, seus limites são evidentes no estudo de grandes escalas e em níveis quânticos.

Conforme Macedo (2015), a TRG passou por todos os testes experimentais no regime de campo fraco, o que a fez se tornar a teoria padrão para a descrição da gravidade. Entretanto, ratifica que a caracterização da relatividade no regime de campo forte é ainda um desafio devido à falta de dados observacionais concretos de regiões de curvatura intensa. Dessa forma, sua tese doutoral foi dividida em três partes principais para estudar essa caracterização. A primeira discutiu e descreveu soluções para objetos compactos; a segunda, discutiu os processos de emissão de ondas em torno de objetos compactos e modos quase-normais, na terceira discutiu sobre ondas escalares planas não-massivas incidindo em objetos compactos.

Xavier (2016) discutiu a Teoria de Cartan-Einstein da gravitação, que é uma modificação da TRG de Einstein. Enquanto a teoria de Einstein foi desenvolvida sob a

hipótese de que o espaço-tempo da Relatividade possui torção nula, a abordagem de Cartan permite a existência de torção e a relaciona ao momento angular da matéria. A torção é uma medida que representa uma característica adicional além da curvatura considerada na visão convencional da gravidade de Einstein. Para esse estudo, o autor considera os artigos de Cartan, em especial, o intitulado *Sur les variétés à connexion affine et la théorie de la relativité généralisée*, que contém novas ideias matemáticas importantes, que influenciaram o desenvolvimento de geometria diferencial e, em particular, conduziu à teoria geral de conexões afins. Estuda ainda a invariância das leis das mecânicas clássica e relativística em meios contínuos e a geometria do espaço-tempo, a partir do ponto de vista das conexões afins, consistindo em uma dissertação que aborda aparato matemático avançado.

As equações de Tolman-Oppenheimer-Volkoff (TOV) descrevem a estrutura interna de objetos astrofísicos compactos, como estrelas de nêutrons, dentro da TRG de Einstein. Santos Jr. (2019) explora como essas equações são sensíveis à equação de estado da matéria nuclear e à teoria gravitacional utilizada. Carvalho (2015) aplica as equações TOV e as equações de gravitação newtoniana para estudar as estrelas anãs brancas, analisando modelos que mostram como a pressão varia com a massa e o raio. No caso das anãs brancas, a pressão interna que equilibra a força gravitacional é a pressão de degenerescência dos férmions.

González (2016) e Didonet (2020) também utilizaram a equação de TOV, mas no contexto do teleparalelismo para a TRG. O primeiro calculou a densidade de energia gravitacional de uma estrela de nêutrons fazendo uso do formalismo teleparalelo em conjunto com a ferramenta numérico-computacional conhecida como Einstein Toolkit, que fornece uma rotina pré-definida onde são utilizadas as equações TOV para simular as características dessas estrelas. O segundo, formulou um tensor de energia-momento do campo gravitacional para permitir obter expressões bem definidas para a energia e momento dos campos gravitacional e de matéria do espaço-tempo e, assim, propor uma expressão para a entropia gravitacional para métricas tipo-Gödel. As métricas tipo-Gödel são soluções específicas da TRG que descrevem um universo em rotação e expansão, e são importantes no contexto da TRG porque fornecem exemplos teóricos de espaços-tempo que possuem características peculiares, como curvas temporais fechadas, que desafiam nossa intuição sobre a natureza do tempo e do espaço Silva (2017).

O desenvolvimento dos métodos de análise numérica e da tecnologia proporcionou um avanço para as pesquisas. Celestino (2018) utilizou esse meio para

estudar a TRG e compreender a dinâmica não linear para investigar numericamente os conceitos como a massa de Bondi. No estudo discutiu o comportamento da matéria em simetria cilíndrica, cujo código numérico foi estendido para incluir campos eletromagnéticos. Discutiu também simulações numéricas extremamente não lineares para estudar deformações da solução crítica autossimilar em colapso gravitacional de fluidos.

Volkmer (2018) salienta que apesar dos inúmeros testes bem-sucedidos da TRG ainda carecemos de resultados que nos permita avaliar até que ponto o tratamento clássico é válido no regime de campos gravitacionais. Em seu trabalho, estudou as consequências da TRG, incluindo um formalismo pseudocomplexo de uma correção nas equações de campo, associadas a flutuações no vácuo, poder contribuir para o entendimento do colapso de corpos massivos.

Germani (2014) investigou sobre as distribuições de probabilidade para as velocidades das partículas de um gás, tanto relativístico como não-relativístico. Em regimes de velocidades não-relativísticas tem-se a distribuição de Maxwell-Boltzmann; já em regimes relativísticos, existem algumas divergências e não há ainda uma distribuição universalmente aceita. A mais difundida e aceita na literatura é a de Jüttner, que foi proposta após a formulação da TRR de Einstein. Porém, esta não é completamente relativística, e neste caso, o autor apresenta e verifica, por meio de simulações computacionais, uma nova distribuição de Lorentz invariante. Utilizou uma técnica de simulação denominada Dinâmica Molecular, com a qual é possível analisar variáveis dinâmicas, mostrando os algoritmos necessários para realizar simulações não-relativísticas bem como implementar os efeitos relativísticos. Também aqui é uma pesquisa de mestrado que utilizou equações e técnicas de simulação avançadas.

As detecções de ondas gravitacionais e o aumento da precisão das observações eletromagnéticas de estrelas de nêutrons e buracos negros ampliaram as possibilidades de testar a TRG. Carneiro (2018) analisou as condições sob as quais as ondas gravitacionais podem alterar permanentemente o estado cinemático de uma partícula livre, identificando um possível efeito memória. Lins (2021) investigou a TRG a curtas distâncias, parametrizando a gravidade com termos de alta curvatura no Lagrangiano. Maykot (2014), por sua vez, utilizou a densidade Lagrangeana compatível com a TRG para descrever estrelas de nêutrons em equilíbrio, discutindo sobre as características principais dos tensores energia-momento de Hilbert e sua importância para as equações de Einstein.

Frizo (2019) encontrou soluções em eletrodinâmica generalizada no espaço-tempo plano e aplicou-as em espaço-tempo curvo, discutindo horizontes de eventos, desvio e atraso temporal de raios de luz. Já Alfradique (2016), estudou soluções das equações de Einstein-Maxwell, descrevendo o espaço-tempo exterior de um objeto compacto com campo magnético dipolar. Souza (2019), abordou o "problema de equivalência conforme" entre espaços-tempo, apresentando uma revisão de tópicos matemáticos e solucionando o problema em várias dimensões usando formalismo espinorial. Similarmente, Mota (2017) destacou a importância dos espinores de duas componentes na descrição geométrica da TRG e na obtenção de funções de onda para grávitons.

Silva (2015) em sua pesquisa teve como objetivo fazer a resolução da equação de Einstein para TRG em um espaço-tempo estático com simetria axial, representado pela métrica de Weyl. Considerando que a fonte do campo gravitacional pode ser expressa pelo tensor de energia-momento de um fluido perfeito, obteve três soluções particulares, baseadas em equações de estado específicas. A primeira considerando a pressão e a densidade de massa do fluido perfeito constantes; a segunda assumindo a pressão e a densidade proporcionais a um dos termos da métrica; e a última, para a pressão igual a uma densidade de massa arbitrária, com dependência radial.

Encontramos trabalhos de revisão sobre alguns aspectos da Teoria da Relatividade Geral e da Teoria Clássica de Campos. Gomes (2018) teve o intuito de formar uma base para um aprofundamento em um artigo que estava em produção num grupo de pesquisadores do Centro Brasileiro de Pesquisa em Física (CBPF), que apresenta uma teoria alternativa para a gravitação. Nesta teoria, a gravitação é tomada como um efeito geométrico, assim como na TRG, porém a curvatura do espaço-tempo é caracterizada como uma função de um campo escalar. Após o estudo desse trabalho, foi mostrado como essa teoria pode ser interpretada de uma forma nova e ainda não explorada por seus autores: como se representasse uma superfície quadridimensional embebida em um espaço-tempo de cinco dimensões, abrindo margem para o estudo dessa teoria no modelo de Branas, decorrente da Teoria das Cordas (Gomes, 2018).

Figueiredo (2018), por sua vez, usou o termo "gravidade análoga" que se remete a um campo de pesquisa cujo objetivo consiste em investigar análogos dos campos gravitacionais, sob a perspectiva da TRG em sistemas físicos de outras áreas, almejando, assim, obter uma melhor compreensão de ambos os sistemas envolvidos.

Analogias têm se mostrado importantes na Física e na Matemática, pois, uma analogia tomada de forma meticulosa para um problema específico pode ser capaz de sugerir caminhos inesperados para uma possível solução do problema primitivo. Magri (2019) fez uma investigação sobre a concepção de tempo para se obter um esclarecimento mais abrangente em relação à lógica da TR. Nesse contexto, levou em consideração o tempo na formalização de sentenças e argumentos em pelo menos dois aspectos: 1) reconhecendo que certas sentenças usualmente mudam seu valor de verdade de acordo com o momento em que são enunciadas; 2) levando em conta que em alguns casos, o tempo verbal das sentenças que compõem um argumento influencia diretamente na determinação da sua validade ou invalidade. Assim, a noção Relatividade difere daquele pensado na física clássica e em outras teorias físicas, inclusive com o surgimento de alguns “paradoxos” acerca da passagem do tempo.

Em suma, esta categoria incluiu investigações em que a TRG é estudada em situações teóricas especiais e complexas, e é muito aplicada em articulação com outras áreas, de modo especial, a Astrofísica, a Matemática e Simulações Dinâmicas e a Cosmologia. O nível de profundidade matemática em que a TRG é esplanada nestas pesquisas é bastante elevado, pois fazem uso de modelos cosmológicos solidificados, da Geometria de Riemann, da Teoria de Grupos, da formulação tensorial etc., abordando transformações para qualquer referencial, inclusive não inerciais.

Entendemos que pesquisas neste nível de profundidade, para que o professor da Educação Básica possa levar para sala de aula, necessitaria de uma transposição didática bem pensada, bem estruturada, para realçar pelo menos os aspectos conceituais envolvidos em algumas de suas aplicações. Por exemplo, alguns conceitos fundamentais da TRG podem ser introduzidos por meio de analogias e algumas atividades práticas, como demonstrações de como a gravidade afeta o espaço-tempo no entorno de corpos massivos, usando objetos de diferentes massas em uma superfície elástica; pode-se analisar dispositivos que utilizam a TR como relógios atômicos e GPS (*Global Positioning System*). Além disso, pode-se explorar os aspectos históricos e filosóficos do desenvolvimento da TRG, discutindo como ela revolucionou nossa compreensão do Universo e nossa visão do tempo e do espaço. Isto não significa que os estudos desta categoria não tenham importância para nossa pesquisa, mas queremos crer que estão associados de maneira indireta, possivelmente propondo um repensar a formação de professores de Física, para discutir também alguns formalismos alternativos de FM.

4.1.2 Categoria ii) Relatividade numa perspectiva de experiências, materiais didáticos, imagens em diferentes níveis educacionais

Nesta categoria foram identificadas e analisadas 16 pesquisas, compreendendo três teses (Basilio, 2018; Neves, 2020; Silva, 2013) e 13 dissertações. Estas pesquisas abordam a TR de forma especificamente voltada para a sala de aula, tanto no âmbito da Educação Básica quanto no Ensino Superior. O foco principal destes estudos está em desenvolver material didático, criar experiências práticas, aplicar sequências de ensino e utilizar ferramentas pedagógicas para aprimorar o processo de ensino-aprendizagem.

Por exemplo, Zago (2018) propôs uma sequência didática sobre TRG com o objetivo de investigar o engajamento dos alunos durante as atividades propostas. Observou que as interações ocorridas em torno das situações de validação do conhecimento, nos momentos em que os alunos procuravam justificar suas hipóteses e quando a professora realizava a sistematização com base no conhecimento científico e durante a validação do conhecimento, foram fundamentais para o progresso intelectual dos alunos, evidenciando o Engajamento Disciplinar Produtivo (EDP).

Mourão (2020) criticou a excessiva memorização de fórmulas e a falta de exploração do caráter conceitual dos conteúdos, e desenvolveu uma metodologia baseada no Procedimento Cognitivo Metodológico de Apreensão (PCMA), visando a evolução conceitual da Física Clássica para a Moderna. Especialmente, objetivou a compreensão dos conceitos da Relatividade Restrita e Geral junto a alunos do EM. Já Limberg (2016) utilizou as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) como ferramenta didática para problematizar o conceito de “tempo” a partir de diferentes atividades e com o uso de diversas linguagens artísticas, envolvendo dança, música, imagens, vídeos, textos de divulgação científica e videoarte. Com esse ensaio empírico, mostrou que as TICs associadas à abordagem cultural da ciência têm grande potencial no contexto do ensino de Física, tanto para problematizar e promover reflexões sobre o conceito de tempo, quanto para mapear concepções (em geral tomadas como concepções alternativas ao conhecimento científico) que constituem obstáculos epistemológicos e dificultam a aprendizagem desse conceito no contexto da FM (FMC).

Souza (2019) motivado pela escassez de material didático para trabalhar a TRR no EM, desenvolveu uma sequência didática e aplicou no decorrer de oito aulas, utilizando instrumentos multimodais (slides, animações, ilustrações, fotos, imagens e

textos), que serviram como norteadores para a promoção de diálogos e, conseqüentemente, compreensão dos aspectos teóricos e visuais da teoria. Os trabalhos foram voltados à compreensão qualitativa dos efeitos relativísticos, dando ênfase à exibição de imagens e vídeos por meio de óculos de realidade virtual, que se configuraram como recurso didático à compreensão desses efeitos. Também utilizou simuladores de experimentos virtuais, animações e *GIFs*, para ilustrar situações ligadas ao cotidiano. Concluiu, a partir da observação e análise dos registros dos encontros, que os instrumentos utilizados, especialmente os óculos de realidade virtual, colaboraram como motivadores para a captação dos conceitos inerentes à TRR.

Nicolau Junior (2014) se propôs a produzir conhecimentos à noção de "fluxo" como a parte da intenção didática relacionada com a qualidade das transições entre atividades de uma seqüência didática desenvolvida para o ensino de TRR com alunos do EM. O fluxo teve como base na metodologia *Design-Based Research*. A dinâmica de trabalho contou com a participação de pesquisadores e professores da rede pública do Estado de São Paulo. Como resultado da pesquisa, apresentou a comparação entre o fluxo pretendido e a fluência observada pelos alunos.

Silva (2015) analisou as mudanças na noção de tempo relativístico no Ensino Fundamental, após os alunos vivenciarem uma intervenção baseada na Teoria dos Construtos Pessoais de Kelly. Conclui que, apesar das mudanças irem ocorrendo na concepção dos alunos, nem todos conseguiram diferenciar a noção de tempo absoluto daquela de tempo relativístico. Outro ponto observado é que se pôde começar a ensinar a noção de tempo relativístico a alunos do Ensino Fundamental, sem mencionar que tratavam da TR para evitar bloqueios aos aspectos relativos dessa noção.

Martins (2019), desenvolveu, aplicou e avaliou uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS para o ensino de conceitos da TRR. A UEPS foi fundamentada nos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e aplicada a um grupo de professores participantes da oficina, sendo que estes foram avaliados por meio de mapas mentais e conceituais antes e após as intervenções. Quando comparados os resultados referentes a estes dois momentos, observou que o conjunto das atividades implementadas na UEPS proporcionaram uma evolução conceitual na aprendizagem da TRR.

As práticas epistêmicas envolvem atividades organizadas e interativas em que membros de uma comunidade propõem, justificam, avaliam e legitimam o conhecimento. Neves (2020) conduziu uma seqüência de ensino sobre os conceitos de espaço-tempo de

acordo com a TRR para alunos do primeiro semestre de Licenciatura em Física. Mesquita (2019), por outro lado, desenvolveu uma sequência didática para o ensino da TR no curso de Licenciatura em Ciências da Universidade Federal de São Paulo, utilizando a *Teaching-Learning Sequences* e o *Design-Based Research* para aprimorar a sequência. Os resultados mostraram que 42% dos estudantes do grupo experimental acertaram todos os itens propostos, enquanto nenhum estudante do grupo controle obteve o mesmo desempenho.

Ainda com ênfase no Ensino Superior, Silva (2013) desenvolveu uma pesquisa com alunos da Licenciatura em Física, onde procurou compreender o funcionamento de imagens e a produção de sentidos na leitura de textos de divulgação científica da TRR, a partir das interpretações e entendimento que os alunos têm quando leem esses textos. Apoiando-se na análise do discurso de Michel Pêcheux, a pesquisa utilizou diversos instrumentos, como questionários, entrevistas semiestruturadas e produções textuais dos alunos, e obteve resultados que destacam a importância das imagens, especialmente aquelas recorrentes em textos relativos à relatividade, alertando para a necessidade de decodificação dessas representações visuais e da tendência do leitor em não refletir sobre o contexto histórico associado.

Explorando a análise sobre a imagem dos cientistas, Basílio (2018) examinou como Albert Einstein é percebido no imaginário popular. Com uma abordagem histórica, a autora explorou o percurso da construção da fama de Einstein, desde a publicação da TRG até a divulgação das ondas gravitacionais. Utilizando a Análise do Discurso, em especial a linha francesa com os trabalhos de Michel Pêcheux e Oswald Ducrot, concluiu que a imagem do cientista aparece em diferentes graus, sempre dependente de qual foi a fonte analisada e quando a notícia foi veiculada, ou seja, a figura de Einstein continua a ser evocada como uma forma de legitimar conhecimento físico, perpetuando uma visão a hegemonia e centrada na figura do gênio, ainda presente na sociedade civil.

Em relação à divulgação científica, Rafael (2019) analisou a qualidade do episódio 8 (oito) da série Cosmos, que abre discussões sobre a TRR, enquanto material de divulgação científica. Após uma investigação criteriosa, concluiu que o episódio analisado apresenta acertos e desacertos conceituais e históricos. Notou também a necessidade de entendimento e cooperação entre cientistas e jornalistas nos episódios. De maneira similar, Timboni (2016) explorou a TRG através dos filmes *"Interestelar"*, *"Einstein e Eddington"* e *"Contato"*, no modelo educação online, com uma unidade de aprendizagem composta por quatro etapas: material introdutório (tarefas de

aprendizagem), texto explicativo, simulação e tutorial (informação processual), e questões conceituais (prática nas tarefas). Essas etapas foram desenvolvidas seguindo o *Design Instrucional* e embasadas teoricamente na Teoria Cognitiva, visando criar um material educacional facilitador de aprendizagem.

Em nossa interpretação, os estudos desta categoria indicam uma grande preocupação dos pesquisadores em aprimorar estratégias pedagógicas e compreender as dinâmicas envolvidas no ensino e recepção do conhecimento científico durante a formação acadêmica, processo em que o professor tem um enorme papel na construção do conhecimento pelos alunos. Imbuídos nesse contexto, Almeida (2019) faz uma escuta ao professor a partir da realização de uma triangulação metodológica (análise documental, questionário, entrevista semiestruturada), sobre as escolhas de livros didáticos. Os dados analisados destacam uma tendência de estereotipar gêneros masculinos, evidenciada pela prevalência da palavra "Einstein" como a mais relevante, ressaltando a imagem do cientista homem e gênio, o estereotipando como único sujeito que pode fazer ciência. Para a autora, esta inclinação levanta preocupações sobre o desenvolvimento do pensamento crítico dos alunos, uma vez que os professores optam por materiais que não acompanham a revolução científica do século XXI. Diante desse cenário, torna-se evidente a necessidade de intervenções educacionais que desconstruam esse estereótipo.

Nesse mesmo contexto, Pereira (2021) ofereceu uma perspectiva valiosa, implementando discussões filosóficas durante a formação inicial de professores. Seu estudo, centrado em um episódio histórico relacionado ao desenvolvimento da óptica dos corpos em movimento como antecedente histórico da TRR, serviu como base para uma intervenção didática com enfoque histórico-filosófico. Ao conectar essas abordagens, destaca a importância de formação contínua e inicial que vá além da escolha de materiais didáticos. O trabalho de Pereira (2021) não apenas oferece uma estratégia prática para incorporar discussões filosóficas na formação de professores, mas também destaca a necessidade de superar estereótipos e promover uma compreensão mais abrangente e crítica da ciência, indo ao encontro das preocupações levantadas por Almeida (2019) em relação à escolha de livros didáticos.

Timboni (2016) sugere que no 1º ano do EM pode-se inserir o conteúdo de TRG logo após a lei da Gravitação Universal de Newton, utilizando os conceitos clássicos para fazer as conexões com os conceitos da FM. Acrescenta que no 2º ano, poderia ser inserida a TRG a partir da ondulatória, utilizando as ondas gravitacionais e, por fim, no 3º ano a

TR poderia ser inserida após a introdução do conceito de campo, apresentando o campo gravitacional. Todas as propostas e ideias descritas acima mostram essa possibilidade.

A análise das investigações agrupadas nesta categoria revela uma preocupação crescente dos pesquisadores em aprimorar modelos e métodos pedagógicos e de testá-los destacando vantagens e possibilidades, especialmente no contexto do ensino-aprendizagem da TR. Esses estudos apontam caminhos e sugerem recursos valiosos para os educadores, destacando a importância de estratégias inovadoras, materiais didáticos adequados e uma abordagem crítica e reflexiva sobre o papel da ciência, em particular da FM na sociedade. Além disso, ressaltam a necessidade de formação inicial e continuada para os professores de Física/Ciências, que aprofunde conceitos e oriente uma escolha adequada de materiais didáticos, incluindo discussões filosóficas e intervenções educacionais que abordem estereótipos de cientistas, e de gênero, e promovam uma compreensão mais abrangente da Ciência/Física. Várias dessas abordagens tiveram como foco o processo de ensino-aprendizagem da TR, e levaram em conta a necessidade de preparar os alunos para os desafios e oportunidades do século XXI. A leitura e as interpretações dessas produções foram importantes porque nos serviu de inspiração para pensar a transposição didática do tema da TR, com vista ao desenvolvimento do Estudo II desta Tese.

4.1.3 Categoria iii) Relatividade e a articulação histórica, epistemológica e filosófica da ciência

Nesta categoria estão presentes dezoito pesquisas que envolveram TR com uma articulação histórico-epistemológica, sendo duas teses e 16 dissertações. Como discutido nas categorias precedentes, mesmo aquelas investigações que enfocaram estratégias, experiências, materiais instrucionais e unidades didáticas para trabalhar a TR, algumas acabaram por envolver, em alguma medida, a História da Física e aspectos epistemológicos. Ainda assim, consideramos pertinente construir esta categoria, pois agrupa investigações que utilizaram HFC como principal enfoque.

Saraiva (2018) propôs uma discussão filosófica acerca de alguns pressupostos e consequências dos princípios da Relatividade que são satisfeitos pelas teorias físicas a partir de uma visão geral, ampla o suficiente para abranger tanto a mecânica de Newton, quanto a TRR e a TRG. O experimento de Michelson-Morley, muitas vezes associado

prematuramente à TRR de Einstein, foi analisado por Passero (2014) com o objetivo de compreender o justo lugar deste experimento no panorama da Física da época, até a formulação da TRR, e obter uma imagem mais coerente e fiel do desenvolvimento histórico da ciência. Essa leitura filosófica do episódio foi apoiada por uma pesquisa historiográfica. Diferentes perspectivas filosóficas, por exemplo, a visão do empirismo, de Imre Lakatos, de Gerald Holton e de Michel Paty, que dão origem a diferentes leituras historiográficas do episódio, foram analisadas comparativamente, seja nos seus méritos e defeitos intrínsecos, seja na sua capacidade de interpretar o episódio, suscitando, assim, uma reconstrução com sentido, coerência e contextualização.

Já Carvalho (2013) apresentou em seu trabalho a TRR enfatizando os aspectos históricos, explanando os resultados básicos sobre a Teoria de Causalidade na TRG e demonstrando o Teorema de Stephen Hawking sobre a existência de singularidades no espaços-tempo que satisfazem condições fisicamente razoáveis. Ainda sobre espaço-tempo, Lobo (2013) analisou a existência dessas singularidades sob o ponto de vista intrínseco da incompletude geodésica, usando também o método presente nos teoremas de Hawking-Penrose para discutir resultados já conhecidos, de que se supomos a inexistência de propriedades exóticas de matéria e energia, o espaço-tempo descrito pela TRG é necessariamente singular.

Vieira (2014) questiona as singularidades na TRG por uma vertente epistemológica, pois argumenta que a fragilidade do modelo matemático causa incômodos. Assim, sua pesquisa foi calcada no pensamento filosófico de Luiz Sergio Coelho de Sampaio (1933-2003), que foi membro da Academia Brasileira de Filosofia, e fez um estudo sobre as lógicas (*A lógica da Diferença*, 2001 e *Lógicas Ressuscitadas* 2000), a partir do qual revisitou diversos tópicos do conhecimento humano, entre eles a FM. O autor destaca que dentre as inúmeras áreas revisitadas por Sampaio, baseado em suas revolucionárias abordagens lógicas, a única passível de comprovação experimental é a da Física. Dessa forma, o objetivo do autor foi apresentar um corpo estruturado de argumentos que, a partir das ideias lógicas de Sampaio, criasse uma explicação para tentar livrar a TRG das singularidades, apresentando, ao final, uma possibilidade para uma futura experimentação (aqui o autor lança mão do caminho firmado pelo filósofo medieval Santo Alberto Magno: “*Experimentum solum certificat in talibus, ou seja, só o experimento certifica em tais casos*).

Saraiva (2018) também propôs uma discussão filosófica acerca de alguns pressupostos e consequências dos princípios da Relatividade que são satisfeitos pelas

teorias físicas. O objetivo era chegar ao final da dissertação com uma análise da significância filosófica do princípio da TRG e sua exata relação para com outros princípios pertinentes à teoria.

Já Cestari Júnior (2020) analisou as ideias a respeito do ensino científico do início do século XX, em particular a atuação de Paul Langevin, que participou ativamente das discussões com diferentes segmentos da sociedade francesa. O estudo foi desenvolvido a partir da análise dos registros dos pronunciamentos de Langevin que, desde o início do século XX, debateu com cientistas, filósofos e educadores a respeito da importância do ensino de ciências. O envolvimento de diversos cientistas franceses nas discussões foi além das questões técnicas e metodológicas: Langevin participou de embates políticos e epistemológicos, especialmente nas discussões sobre as chamadas “crises da física”, decorrentes dos novos campos de estudo, focalizando o Eletromagnetismo, a Relatividade e a Mecânica Quântica. Os dois primeiros capítulos do trabalho discorrem sobre o esforço de Langevin na formação científica do cidadão francês; o terceiro capítulo mostra os aspectos principais da sua epistemologia aplicada em todos os espaços nos quais ele trabalhou para divulgar os trabalhos científicos da época.

Prediger (2018) fez análise da obra *Ética: demonstrada segundo a ordem geométrica* para estudar alguns mitos, crenças religiosas e pensamentos filosóficos presentes na História da Ciência sobre a origem do mundo. Procurou conhecer a ontologia de Spinoza, com vistas à sua Metafísica, e compreender a convergência e divergência entre a Teoria da Relatividade de Einstein e a Metafísica de Spinoza, compreendendo também o papel do Ensino de Ciências ao abordar o surgimento do Universo. Para a coleta e análise dos dados, utilizou a pesquisa bibliográfica e a crítica dialética, seguindo a proposta de Marx e Kosik. A investigação mostrou que o ensino sobre o surgimento do Universo pode ser dado percorrendo a História da Cosmologia, estudando os mitos e os relacionando com a Filosofia de Spinoza.

Silva (2018) elaborou um texto histórico em formato de História em Quadrinhos e tirinhas sobre a TRR através de uma visão epistemológica contemporânea da Ciência. Após a construção do texto, criou dois questionários destinados ao professor, relacionados ao texto e aos quadrinhos, e dois questionários destinados aos alunos, com tópicos de Natureza da Ciência e da TRR. Apesar do trabalho não ter sido aplicado em sala de aula, o autor acredita que pode ser uma importante ferramenta metodológica para se trabalhar na Educação Básica. Similarmente, Noronha (2014) discute quatro interpretações históricas da teoria: a de Lorentz (1904), a de Einstein (1905), a de

Poincaré (1906) e a de Minkowski (1907), e caracteriza-as com base no debate entre realismo e antirrealismo científicos.

Reis (2015) buscou discutir a importância da abordagem histórica e filosófica dos conceitos de espaço e tempo na Educação Básica. Para alcançar esse objetivo, desenvolveu uma sequência didática composta por elementos como contextualização histórica, apresentação e problematização dos conceitos, realização de atividades e atividade de avaliação. Esse processo proporcionou aos alunos uma visão de ciência como uma construção humana, destacando os processos transitórios na Física, as controvérsias, e relações com outras áreas de conhecimento, bem como sua integração social e cultural.

No mesmo âmbito, Reis (2019) procurou compreender de que modo a circulação de ideias influenciou tanto a Ciência quanto a Arte durante o período de intensas transformações na transição do século XIX para o XX. Destacou que na Física, a TRR surgiu desafiando os absolutos da mecânica newtoniana, enquanto na Arte, o cubismo radicalizou o espaço pictórico que manteve características marcantes por mais de 400 anos, desde a arte da Renascença. O estudo abordou ainda as transformações que provocaram grandes rupturas, explorando como esse ambiente cultural influenciou o desenvolvimento da TRR e do cubismo. Além disso, identificou um personagem em comum, Henri Poincaré, que teria igualmente influenciado essas duas culturas.

Na mesma linha encaminhou a pesquisa Nunes (2019), que desenvolveu uma micro-história sobre as contribuições de Henri Poincaré à TRR, orientada pela epistemologia de Ludwick Fleck. A natureza realista e sociológico-crítica da epistemologia de Fleck permitiu compreender a estrutura das teorias em suas dimensões científicas, humanísticas e sociais, mostrando que a ciência é uma construção coletiva, que envolve a circulação de ideias entre a cultura científica, a cultura humanística e a sociedade. A análise revelou que, diferentemente da opinião majoritária dos livros didáticos e textos históricos de divulgação científica, Henri Poincaré antecipou praticamente todos resultados atribuídos a Albert Einstein: a proposta de um espaço-tempo quadridimensional, em que as grandezas físicas devem apresentar quatro componentes invariantes frente as transformações de Lorentz.

Silva (2021) propôs a discussão de alguns elementos que dialogavam com o tema do espaço-tempo quadridimensional no final do século XIX e primeira metade do século XX. A ideia da proposta foi trabalhar a Arte e Ciência com uma abordagem histórica, cultural e epistemológica em disciplina de Física no curso de Licenciatura em Física. Apesar de não ter sido aplicada em sala de aula, o autor defende que a discussão da

Ciência e da Arte de uma época deve ocorrer em seu contexto cultural original, para promover uma formação contextualizada. No que se refere à formação inicial, Ortiz (2014) investigou a construção de uma sequência didática composta por 10 momentos distintos sobre a TR. Como aportes teóricos utilizou o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (CPC); a Base de Conhecimentos, a Aprendizagem Significativa Crítica e a História da Ciência. Para a obtenção das noções docentes, elaborou um questionário que foi decodificado intersubjetivamente pelos integrantes do grupo de pesquisas e Investigações em Filosofia e História da Ciência, e Educação em Ciências e Matemática. O intuito dessa abordagem foi proporcionar aos futuros professores uma vivência prática, estimulando o pensamento crítico e o desenvolvimento de abordagens conceituais e metodológicas adequadas para serem aplicadas futuramente em sala de aula.

Interpretamos que a abordagem de Ortiz (2014) visa estimular o pensamento crítico dos alunos por meio de práticas educacionais que os incentivem a questionarem, analisarem e pensarem criticamente sobre os conceitos científicos.

Silva (2021) também destacou a importância de integrar Arte e Ciência, utilizando abordagens históricas, culturais e epistemológicas no ensino da Física. Souza (2016) procurou (re)contextualizar os livros universitários de Física Geral com respeito ao conteúdo de simultaneidade, visando promover discussões conceituais e epistemológicas sobre o mesmo, em uma disciplina de História da Física da Universidade Federal de Santa Catarina. Assim, elaborou um módulo de ensino potencialmente significativo, que foi aplicado a sete alunos dessa disciplina. A avaliação ocorreu por meio de uma triangulação de instrumentos: observação livre, conjunto de questões (escritas) e uma entrevista semiestruturada. A análise indicou que foi possível identificar diversas posições conceituais e epistemológicas dos graduandos, relativas ao desenvolvimento histórico do conceito de simultaneidade. Em geral, os graduandos sinalizaram a importância de discutir o conceito de simultaneidade à luz de seu percurso histórico.

Para Silva (2014) a TR filosoficamente trata dos temas das determinações do tempo sobre o ser humano e da luta desse [humano] contra o tempo e a morte; a TR proporciona uma atualização para as representações do ser humano que vence o tempo e se instaura como o centro do universo.

A pesquisa de Penteado (2018) foi aplicada para estudantes do curso de graduação. A ideia foi discutir as estruturas cognitivas necessárias para o conhecimento da TRR segundo o Modelo do Sistema de Esquema de Ações e Operações sobre Símbolos e Signos (MoSEAOSS), que é um modelo baseado na Epistemologia Genética de Jean

Piaget. A autora concluiu que para compreender a TRR é necessário que o sujeito utilize a noção de espaço-tempo, através de experimentos de pensamento ou objetivos, ou da pura teorização (exclusivamente através de operações sobre signos), pois somente assim as coordenações entre esquemas de ações e operações sobre símbolos e signos se tornarão mais complexas, permitindo ao sujeito em desenvolvimento uma melhor assimilação da realidade e melhor adaptação ao meio.

Percebemos que as pesquisas agrupadas nesta categoria tendem a acentuar a TRR, possivelmente pela mudança conceitual que ela gerou nos conceitos de tempo e espaço e, conseqüentemente, um impacto na Filosofia. Desta maneira, as investigações acadêmicas, sejam elas aplicadas à Educação Básica ou no Ensino Superior, preocupam-se em resgatar valores históricos, filosóficos e epistemológico da Ciência, o que é de grande importância para os objetivos de nossa pesquisa, que tem a preocupação de articular a HFC e a TR, na esperança de gerar melhorias no ensino de Física/Ciências, utilizando fatos históricos para favorecer a compreensão crítica e reflexiva dos conceitos da Relatividade. Esta é uma via que entendemos ser útil para analisar os fundamentos da TR e suas relações com a prática.

4.2 À título de conclusão da Revisão de Teses e Dissertações da Capes

Esta revisão da Produção Acadêmica *Stricto Sensu* a partir do Catálogo de Teses e Dissertações da Capes, embora extensa e exaustiva, mostrou de maneira ainda mais contundente que a TR apresenta potencialidade para ser abordada na Educação Básica, por sua importância enquanto um dos polares da Física dos séculos XX e XXI. Adicionalmente, as pesquisas colocam luz na forma como a TR revolucionou o sentido de conceitos muito presentes no nosso cotidiano, como tempo, espaço, massa, energia; e sugerem a possibilidade de articulação com outras áreas do conhecimento, o que pode ser abordado em diferentes níveis de profundidade e através de diferentes estratégias.

Logo, em resposta à Questão 1.1) [*Como a Teoria da Relatividade vem sendo trabalhada nos diferentes níveis educacionais na pesquisa acadêmica? Quais são os tópicos da Relatividade mais trabalhados (Teoria da Relatividade Geral (TRG); Teoria da Relatividade Restrita (TRR); TRG e TRR articuladas)? Como se configura a articulação da TR com a HFC na pesquisa acadêmica?*] encontramos que as discussões

apresentadas nas três categorias que conseguimos construir a partir da leitura e análise das teses e dissertações selecionadas, direcionam-nos para as respostas:

- a Teoria da Relatividade é apresentada e trabalhada com um elevado aprofundamento teórico e matemático, tipicamente nas pesquisas acadêmicas da categoria *i)*, que, em geral, procuram resolver problemas intrínsecos da teoria, abordar as singularidades, e/ou aclarar modelos e formalismos em articulação com a Cosmologia, a Astrofísica, a Física Quântica, por exemplo. Entendemos que o recurso a formalismos matemáticos avançados pouco se aplica à educação básica, mas pode ter importantes contribuições para repensar e/ou diversificar a formação inicial de professores. Estas características são evidenciadas com maior frequência em Teses e nessas investigações a TRG é a teoria mais acentuadamente trabalhada.

- no âmbito educacional, as pesquisas acadêmicas reunidas na categoria *ii)* ressaltam a importância e a possibilidade de se explorar a Relatividade em sala de aula, seja no Ensino Fundamental, no Ensino Médio ou no Ensino Superior, com ênfase nas Licenciaturas, que são os cursos que preparam de professores de Física para a Educação Básica. As investigações analisadas salientam e dão maior enfoque para a discussão de aspectos conceituais da TR, do que ao formalismo matemático. Essas pesquisas sugerem várias modalidades de sequências didáticas, com diferentes aportes teóricos e epistemológicos, e apresentam dinâmicas e atividades experimentais que indicam como possíveis de adentrar as salas de aula. Como dito, apresentam um olhar diferencial para a formação inicial e continuada dos professores, pois depreende-se que, mais bem preparados, os professores se sentem mais motivados para tratar a TR, ainda que os princípios da teoria sejam pouco intuitivos. Nestas pesquisas, a TRR e TRG se fazem presentes e é mais evidente em Dissertações.

- a articulação da TR com a HFC na pesquisa acadêmica aparece com força, especialmente nas produções agrupadas na categoria *iii)*. Vários aportes epistemológicos são sugeridos (e.g., Lakatos, Holton, Paty, Langevin, Fleck) para discutir princípios científicos e o processo histórico de construção da TR. O tratamento da TR nessas pesquisas evidencia, portanto, os aspectos históricos, epistemológicos e filosóficos, e enfatiza as contribuições deste enfoque para uma melhor compreensão do processo de desenvolvimento da Ciência e dos próprios conceitos científicos. Nestas pesquisas, a TRR é a teoria mais abordada e aparece principalmente em Dissertações.

Em nossa interpretação, 60% das pesquisas acadêmicas analisadas dedicam-se ao formalismo matemático e sua articulação com outros campos da Ciência; 21% se

direcionam ao estudo da Relatividade com um olhar histórico, epistemológico e filosófico da TR e 19 % investem esforços de pesquisa voltados a propostas didáticas, sugestões de materiais, experimentos, ou se voltam à formação do professor de Física. Ainda que em menor número, as pesquisas que investem em abordagens didáticas oferecem uma diversificada gama de possibilidades (unidades didáticas, UEPS, uso de filmes, uso de simulações, uso de TICs, textos de divulgação científica, textos de diferentes Epistemologias etc.).

A contextualização histórica e a análise filosófica emergem como ferramentas fundamentais para desvelar as complexidades inerentes à TR, incentivando uma abordagem mais interdisciplinar no processo educacional, contribuindo imensamente na construção de nosso módulo didático, objeto do Estudo II.

Contudo, ainda consideramos importante entrar em contato com produções intelectuais que enfocassem de maneira mais objetiva o ensino de Relatividade na Educação Básica e este é objetivo Capítulo V.

Uma síntese desta revisão foi apresentada no XXXVII Encontro de Física do Norte e Nordeste (EFNNE), realizado de 27 a 29 de novembro de 2023, na cidade de Salvador- Bahia.

(Pôster 112)



CAPÍTULO V: O ENSINO DA TEORIA DA RELATIVIDADE PRESENTE EM DISSERTAÇÕES DO MNPEF E NO GOOGLE ACADÊMICO

5.1 Análise de Dissertações do MNPEF

Esta subseção do Capítulo V apresenta uma revisão da produção acadêmica em nível de Mestrado Profissional em Ensino de Física, em particular examinamos dissertações do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

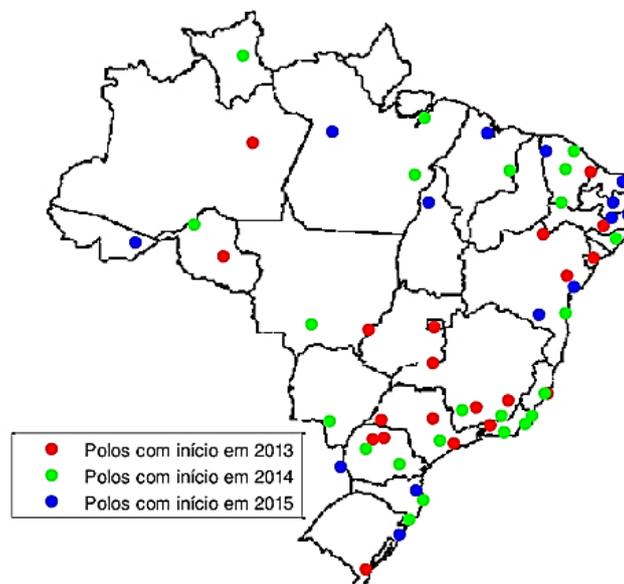
Decidimos incluir este estudo de revisão porque consideramos importante entrar em contato com produções intelectuais que enfocassem de maneira mais objetiva o ensino de Relatividade. Uma segunda razão foi a importância que assume o MNPEF no Programa de Mestrado Profissional para Qualificação de Professores da Rede Pública de Educação Básica (PROEB), coordenado pela Capes. Nesse programa, os professores-mestrandos devem elaborar uma dissertação que aborde obrigatoriamente conteúdos de Física, além de um produto educacional aplicável em sala de aula, com potencial para ser utilizado por outros professores. Nesse sentido, compreendemos que essas produções apresentam uma linguagem mais próxima do ambiente escolar, da sala de aula e, possivelmente, dos alunos. Portanto, buscamos responder à questão de pesquisa 1.2: *Quais são as estratégias pedagógicas mais utilizadas em sala de aula para trabalhar TR? Como a TR pode ser explorada em articulação com outros temas, em especial, com a História e Filosofia da Ciência?*

O MNPEF foi criado em 2013 como uma iniciativa da Sociedade Brasileira de Física (SBF). O programa visa desenvolver uma pós-graduação nacional voltada para professores da Educação Básica, dentro do âmbito do PROEB. O mestrado profissional enfatiza principalmente aspectos de conteúdos na área de Física, mas também reconhece que a forma como o conteúdo é apresentado em sala de aula influencia na motivação do aluno para aprender. Assim, o MNPEF preocupa-se em promover novas técnicas e metodologias ativas, incluindo recursos computacionais, tecnológicos e demonstrações experimentais para aplicação em sala de aula. De acordo com Moreira (2004), esses cursos têm potencial para contribuir com a melhoria do ensino na área.

O primeiro Mestrado Profissional em Ensino de Física (MPEF) foi instituído em 2002, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), e serviu como modelo para a criação de diversos polos do MNPEF, distribuídos em Instituições de Ensino

Superior (IES) estaduais e federais do Brasil. Essas coordenações são chamadas de Polos Regionais (PR) e estão distribuídas em todas as regiões do país, como ilustra a Figura 8.

Figura 8: Distribuição dos Polos Regionais e o ano de início do programa



Fonte: capturado de Rebeque (2017, p.18)

O MNPEF se expandiu muito nesses nove anos, desde sua criação, chegando a um total de 63 polos espalhados em todo o Brasil. O Quadro 4 mostra a relação dos polos e a Instituição de Ensino Superior (IES) à qual estão vinculados.

Quadro 4: Lista dos Polos Regionais do MNPEF levantados (2013- 2021)

POLOS	INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR
Polo 01	UnB - Universidade de Brasília
Polo 02	UFG - Universidade Federal de Goiás
Polo 03	UFMT - Universidade Federal de Mato Grosso
Polo 04	UFAM-IFAM - Universidade Federal do Amazonas/ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas
Polo 05	UNIR - Fundação Universidade Federal de Rondônia
Polo 06	UEFS - Universidade Estadual de Feira de Santana
Polo 07	UFRPE - Universidade Federal Rural do Pernambuco Unidade Acadêmica de Garanhuns
Polo 08	UNIVASF - Universidade Federal do Vale do São Francisco - Campus Juazeiro
Polo 09	UFERSA - Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Polo 10	IFRN - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Polo 11	UFS - Universidade Federal de Sergipe
Polo 12	UFES - Universidade Federal do Espírito Santo

Polo 13	UFPA - Universidade Federal de Lavras
Polo 14	UFV - Universidade Federal de Viçosa
Polo 15	UFF-IFRJ - Universidade Federal Fluminense (ICEX-UFF) Campus Aterrado
Polo 16	UNESP - Campus Presidente Prudente
Polo 17	UFABC - Universidade Federal do ABC
Polo 18	UFSCAR - Universidade Federal de São Carlos
Polo 19	UEL - Universidade Estadual de Londrina
Polo 20	UEM - Universidade Estadual de Maringá
Polo 21	FURG- Universidade Federal do Rio Grande
Polo 22	UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro
Polo 23	UECE - Universidade Estadual do Ceará
Polo 24	UFJF_IF - Universidade Federal de Juiz de Fora- Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Polo 25	UFMT- Cuiabá - Universidade Federal de Mato Grosso
Polo 26	UFPI - Universidade Federal do Piauí
Polo 27	UFRJ - Macaé - Universidade Federal do Rio de Janeiro
Polo 28	UNIFAL - Universidade Federal de Alfenas
Polo 29	UNIFESSPA - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Polo 30	UNIRIO - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Polo 31	URCA - Universidade Regional do Cariri
Polo 32	UTFPR - Campo Mourão - Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Polo 33	IFES - Instituto Federal do Espírito Santo
Polo 34	IFF - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense
Polo 35	UEPG - Universidade Estadual de Ponta Grossa
Polo 36	UFAL - Universidade Federal de Alagoas
Polo 37	UFPA - Universidade Federal do Pará
Polo 38	UFRR -Universidade Federal de Roraima
Polo 39	UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina
Polo 40	UNIR - Porto Velho - Universidade Federal de Rondônia
Polo 41	UFSC - Araranguá - Universidade Federal de Santa Catarina
Polo 42	UFSCar Sorocaba - Universidade Federal de São Carlos
Polo 43	UFC - Universidade Federal do Ceará
Polo 44	UESC - Universidade Estadual de Santa Cruz
Polo 45	UFGD - Universidade Federal da Grande Dourados
Polo 46	UFPE Caruaru - Universidade Federal de Pernambuco
Polo 47	UFMA São Luiz - Universidade Federal do Maranhão
Polo 48	UEPB Campina Grande - Universidade Estadual da Paraíba
Polo 49	UFOPA Santarém - Universidade Federal do Oeste do Pará
Polo 50	UFRGS - Tramandaí - Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Polo 51	UFRN - Natal - Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Polo 52	UFSC - _Blumenau - Universidade Federal de Santa Catarina
Polo 53	NÃO TEM MAIS
Polo 54	NÃO TEM MAIS
Polo 55	UTFPR - Medianeira - Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Polo 56	UVA-IFCE - Sobral - Universidade Estadual Vale do Acaraú-Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará
Polo 57	NÃO TEM MAIS
Polo 58	UFRPE - Recife - Universidade Federal Rural de Pernambuco

Polo 59	UFAC - Rio branco - Universidade Federal do Acre
Polo 60	UNEB - Salvador - Universidade do Estado da Bahia
Polo 61	UFT - Araguaína - Universidade Federal do Tocantins
Polo 62	UESB - Vitória da Conquista - Universidade estadual do Sudoeste da Bahia
Polo 63	IFMA - São Luiz - Instituto Federal de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Maranhão

Fonte: dados obtidos junto MNPEF (2022).

A numeração de 1 a 63 deve-se à sequência em que foram criados os polos. Em contato com a Coordenadoria Nacional do Programa, em 2022, obtivemos que os polos 7 (UFRPE - Universidade Federal Rural do Pernambuco - Unidade Acadêmica de Garanhuns), 18 (UFSCAR - Universidade Federal de São Carlos) e 22 (UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro) embora ainda aparecessem na lista nas páginas do MNPEF, e da SBF, serão removidos, pois já não fazem mais parte da rede, assim como os polos 53, 54 e 57, por isso as lacunas na lista. Atualmente, estão ativos um total de 57 polos⁵.

Para acessar as produções acadêmicas, havia um site do MNPEF e/ou da SBF, disponível no link <http://www1.fisica.org.br/mnpef/dissertacoes>. No entanto, verificamos que este site não estava mais atualizando os trabalhos defendidos, nas buscas em 2021. Diante disso, foi necessário realizar a busca diretamente nos sites de cada IES, que foi conduzida em dez/2021. Durante esse processo, encontramos alguns obstáculos. Alguns sites das universidades apresentavam instabilidade no sistema, ou estavam em construção ou tinham links corrompidos, ou trabalhos incompletos. Tudo isso dificultou uma busca mais precisa pelas dissertações. Por exemplo, nos polos 05 (UNIR), 19 (UEL), 40 (UNIR), 35 (UEPG), 38 (UFRR), 58 (UFRPE) e 60 (UNEB), não foram encontradas dissertações publicadas nas plataformas pesquisadas. Em fev/2022, uma nova busca foi realizada nas plataformas com pendências, resultando na identificação dos trabalhos publicados, exceto nos polos 05 (UNIR) e 35 (UEPG). Além disso, alguns trabalhos foram encontrados durante a revisão no Catálogo da Capes e no Google Acadêmico. Esses trabalhos foram realocados para a subseção 2 deste Capítulo V.

Inicialmente, selecionamos as dissertações do período de 2013 até o primeiro semestre de 2021. Incluímos apenas as dissertações cujos títulos continham os descritores

⁵Esses dados foram no ano de 2021, período da nossa revisão de literatura. Contudo, em 2022/2023, foram criados novos quatro (04) polos, e por isso não aparecem no Quadro 3, quais sejam: Polo 64: UFAM Itacoatiara (ICET)/Coari (ISB) - Universidade Federal do Amazonas; Polo 65: IFPI - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – Picos; Polo 66: UESPI - Universidade Estadual do Piauí - Piriapiri e Polo 67: UNIFAP- Universidade Federal do Amapá.

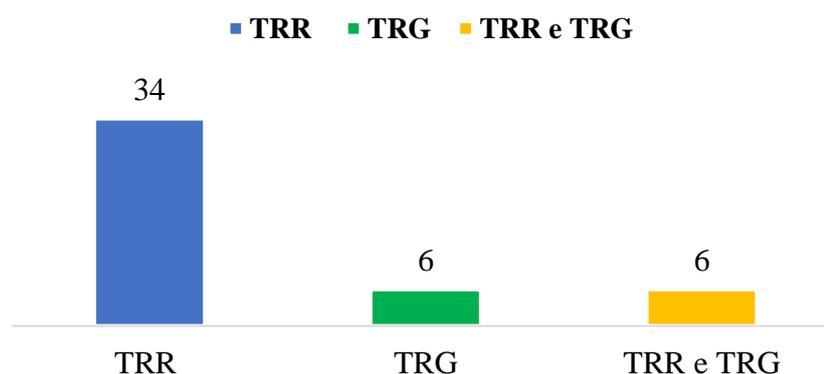
"*Relatividade*", "*Einstein*" ou "*Física Moderna*". O descritor "*Física Moderna*" foi utilizado quando o título do trabalho não especificava claramente qual das temáticas da Física Moderna estava sendo abordada. Essa seleção resultou em um total de 61 dissertações.

Após a leitura dos resumos, usamos como critério selecionar apenas os trabalhos que tratavam da TRR e/ou TRG, isso resultou em 54 dissertações. Adicionalmente, uma dissertação foi encontrada no Google Acadêmico. o que totalizou 55 dissertações nesta fase inicial de seleção.

Na etapa seguinte, realizamos uma leitura flutuante das produções (Bardin considera essa etapa importante, porque o pesquisador não busca uma compreensão completa e detalhada do conteúdo, mas sim uma familiarização geral com o material) com o intuito de identificarmos estratégias viáveis e já aplicadas no ensino da TR, na Educação Básica. Todavia, verificamos que alguns trabalhos não estavam disponíveis integralmente, o que dificultou a análise. Em alguns casos, tivemos acesso apenas ao resumo e/ou produto educacional⁶, como foi o caso de duas dissertações do Polo 8 (UNIVASF) e do Polo 17 (UFABC), uma dissertação do Polo 37 (UFPA), outra do Polo 55 (UTFPR) e três dissertações do Polo 60 (UNEB). Isso resultou que nove dissertações tivemos acesso parcial. Tentamos obter acesso aos trabalhos completos os solicitando através do *Google Drive*, porém não recebemos resposta. Optamos, então, por excluir esses nove trabalhos, resultando em um total de 46 dissertações para análise.

A análise mostrou que dentre essas 46 produções, a Teoria da Relatividade Restrita foi abordada em 34 dissertações, enquanto seis (06) dissertações trataram tanto da Teoria da Relatividade Restrita quanto da Teoria da Relatividade Geral, ao passo que seis (06) dissertações focaram exclusivamente na Teoria da Relatividade Geral. O Gráfico 7, ilustra essas distribuições.

⁶ Produto Educacional: O Produto Educacional pode ser, por exemplo, uma sequência didática, um aplicativo computacional, um jogo, um vídeo, um conjunto de videoaulas, um equipamento, uma sequência de experimentos, uma exposição etc. O mesmo deve ser produzido independente da dissertação e possuir identidade própria, para que seja compreendido e utilizado por outros professores de forma autônoma, sem consulta à dissertação ou ao autor.

Gráfico 7: Teoria da Relatividade abordada nas dissertações do MNPEF

Fonte: Pesquisadora (2022).

É importante ressaltar que muitos desses trabalhos adotaram uma abordagem interdisciplinar, relacionando os temas com outras áreas da Física, da Astronomia ou da Arte. O Quadro 5 apresenta os autores, o ano de publicação e o título das dissertações selecionadas para nossa análise.

Quadro 5: Dissertações do MNPEF selecionadas para análise

Nº	AUTORES	ANO	TÍTULO
1	Sá, M. R. R.	2015	Teoria da Relatividade Restrita e Geral ao Longo do 1º Ano do Ensino Médio: Uma possível abordagem
2	Lima, G. C.	2019	A Ficcionalização da Ciência como Recurso Didático no Ensino Médio: Investigando Tópicos de Relatividade do Delorean à USS Discovery.
3	Silva, L. R.	2020	Espaço-tempo em mecânicas: crítica a abordagem usual dos livros didáticos e uma proposta de UEPS para o ensino médio
4	Couto, R.V. L.	2020	Astronomia no ensino médio: uma abordagem simplificada a partir da teoria da relatividade geral
5	Mendonça, M. O.	2018	Proposta de construção de uma sequência didática abordando tópicos de cosmologia no ensino médio
6	Silva, P. G. A	2015	Física Moderna para o Ensino Médio: Relato de Experiência
7	Reis, J. L dos	2016	Uma proposta didática para o ensino de relatividade restrita através do cubismo no ensino médio: aproximando duas culturas
8	Souza, D. S	2019	Teoria da Relatividade Restrita: uma sequência didática para o ensino médio abordando os conceitos de aberração da luz, contração espacial de Lorentz, efeitos doppler, terrell e perrose
9	Gobbi, L. H.	2016	Teoria da Relatividade Restrita: Abordagem Histórica e uma Sequência Didática e Investigativa, Com a Utilização de uma Ferramenta Computacional, Como Facilitadora do processo de Ensino/ Aprendizagem da Contração Espacial de Lorentz
10	Freire, J. C.	2015	Evolução de conceitos de mundo: uma proposta para inserção da teoria da relatividade no ensino médio
11	Campos, L. F. E.	2020	O paradoxo dos gêmeos através da dinâmica dos três momentos pedagógicos

12	Ribeiro, L. F.	2018	A Relatividade de Galileu a Einstein
13	Almeida, O. F.	2016	Jogo educacional para o ensino básico de relatividade galileana
14	Silva, A. S.	2019	Relatividade Especial no Ensino Médio em um contexto de Aprendizagem Significativa
15	Carageorge, E. C.	2020	Uma proposta de sequência didática para ensino da relatividade geral no ensino médio
16	Gomes Neto, A.	2020	Teoria da Relatividade Geral: uma proposta em Ensino não formal
17	Silva Jr., H. V.	2016	Um estudo de caso usando objetos de aprendizagem digitais para o ensino da relatividade especial
18	Lopes, W. C.	2018	A produção de um telejornal como ferramenta de ensino-aprendizagem: abordando a relatividade no 1º ano do ensino médio
19	Cordeiro, M. S.	2018	Unidade de ensino potencialmente significativa para uma abordagem contextualizada da teoria da relatividade especial no ensino médio
20	Osorio, I. F.	2019	Histórias em quadrinhos e metodologias ativas para a aprendizagem de relatividade restrita no ensino médio
21	Fiasca, A. B. A.	2018	Aplicando Metodologias Ativas e Explorando Tecnologias Móveis em Aulas de Relatividade Restrita no Ensino Médio
22	Sobral, E. C.	2019	Teoria Da Relatividade Restrita: Proposição De Ensino Na Construção Do Conceito De Dilatação Do Tempo Para Alunos Com Retinose Pigmentar
23	Pontes, L. E. O.	2020	Utilização De Um E-Book Como Ferramenta Educacional Para O Ensino Da Teoria Da Relatividade Especial
24	Aringhieri, L. F. A.	2017	Teatro de fantoches: uma abordagem lúdica de física moderna em escolas do ensino fundamental
25	Linhares Gatti, M.	2018	Introdução ao estudo da teoria da relatividade restrita via paradoxo dos gêmeos: uma proposta para o ensino médio
26	Ribeiro, M. S.	2019	Relatividade Especial em HQ
27	Ramos, E. S.	2018	Física, arte e os conceitos de espaço e tempo
28	Januário, M. D. A.	2020	Estudando a relatividade restrita com folhetos de cordel científicos em formato de história em quadrinhos através de uma sequência de ensino à luz da neurociência educacional
29	Cavalcante, G. N.	2020	Ensinando Física Moderna Através de Experimentos com Materiais Alternativos
30	Capelari, D.	2017	Uma sequência didática para ensinar relatividade restrita no ensino médio com o uso de TIC
31	Pettersen, J. A. M.	2016	A arte como elemento facilitador na aprendizagem da relatividade
32	Bendia Filho, A. G.	2017	Estratégias virtuais para a inserção do espaço e tempo relativísticos no ensino de física
33	Siqueira, A. B. O.	2018	Física moderna e contemporânea: intervenção didática por meio de unidades de ensino potencialmente significativas (UEPS) no ensino médio
34	Chitolina, D.	2017	Desenvolvimento de um ambiente virtual de ensino e aprendizagem para o ensino da relatividade.
35	Riboldi, B. M.	2017	A construção de uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS) para ensinar relatividade utilizando animações e o game a slower speed of light

36	Freire Jr., D. G.	2018	Uma sequência didática para a abordagem da relatividade especial na educação básica com a utilização da instrução pelos colegas
37	Santos, A. B. dos	2016	A teoria da relatividade restrita em uma sequência de ensino potencialmente significativa com o uso de histórias em quadrinhos
38	Rosa, M. T.	2020	Um guia ilustrado, como material potencialmente significativo, para ensinar a teoria da relatividade restrita
39	Fuchs, E. I.	2016	Teoria da relatividade restrita: uma introdução histórico-epistemológica e conceitual voltada ao ensino médio – este trabalho é do Mestrado Profissional em Ensino de Física da UFRGS, precursora do MNPEF
40	Reinert, J. E.	2020	Unidade de ensino potencialmente significativo para o ensino da relatividade especial no ensino médio: uma abordagem com auxílio de recursos digitais
41	Lima, G. M. de	2020	Uma unidade de ensino potencialmente significativa com o aplicativo TRE Einstein para ensinar a relatividade especial
42	Celestino, L. C. F.	2021	O jogo de tabuleiro como recurso didático no ensino da teoria da relatividade no ensino médio
43	Souza, D. R. de	2020	Uma construção didática do conceito de espaço-tempo da teoria da relatividade restrita visando alfabetização científica no ensino médio
44	Oliveira, E. R. de	2020	Quiz com aplicativo socrative para o desenvolvimento dos conceitos de física moderna
45	Vilar, R. C. C.	2020	Uma estratégia de ensino diferenciada para o estudo de tópicos de física moderna
46	Duda, J.	2020	Aplicação e análise de uma sequência didática para abordagem de cinemática e teoria da relatividade restrita no ensino médio

Fonte: Pesquisadora (2022).

Com base neste grupo de dissertações que conseguimos localizar, prosseguimos para a operacionalização da análise utilizando a técnica de agrupar os textos em temáticas.

Assim, seguindo o referencial metodológico de Bardin (2011), construímos para este estudo de revisão cinco categorias: *i) Relatividade e Unidades Didáticas; ii) Relatividade em Literaturas Diversas; iii) Estratégias lúdicas; iv) Relatividade por meio de Tecnologias Digitais da Informação e da Comunicação (TDIC); e v) Relatividade em articulação com outras temáticas.* É necessário esclarecer que uma mesma dissertação pode abordar temas que se localizam em mais de uma categoria, apesar de sua classificação principal. Fizemos ao longo da descrição das categorias certas reflexões, é o que passamos a expor.

5.1.1 Categoria i) Relatividade e Unidades Didáticas

Nesta categoria agrupamos dissertações que abordam propostas didáticas direcionadas a desviar-se dos métodos tradicionais de ensino, e buscando estabelecer conexões com o cotidiano dos alunos, para trabalhar a Teoria da Relatividade na Educação Básica. Dentro do escopo das 46 dissertações do MNPEF, encontramos 16 trabalhos com esta característica. Assim, esta primeira categoria coloca luz em trabalhos que buscaram operacionalizar diferentes tipos de estratégias, embasadas em teorias de aprendizagem diversificadas, a saber: Teoria da Transposição Didática (TTD); Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS); Teoria da Aprendizagem Significativa; Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira; Instrução pelos Colegas (IpC); Os Três Momentos Pedagógicos (3MP); Ensino sob Medida (EsM); Sala de Aula Invertida (SAI). UEPS, por exemplo, são Sequências Didáticas (SD) fundamentadas na Teoria da Aprendizagem Significativa.

A busca por estratégias didáticas diversificadas no ensino de Física no Brasil tem o objetivo de ir além das "aulas teóricas e listas de exercícios", e tem sido objeto de debate e aprimoramento por parte de pesquisadores e professores da área. Visam, assim, promover uma inovação na prática de sala de aula, destacando mais o contexto conceitual e evolutivo-histórico da ciência, com vistas a um maior engajamento dos estudantes. Isso decorre da necessidade de ensinar os alunos a "pensar, questionar e argumentar cientificamente ao invés de simplesmente decorar fórmulas e definições" (Moreira; Massoni, 2016, p. 8).

Nessa linha, Souza (2019) elaborou uma SD embasada na teoria de Vygotsky, e aplicou a uma turma do 1º ano do EM, utilizando instrumentos multimodais (slides, animações, ilustrações, fotos, imagens e textos), que serviram como norteadores para a promover o diálogo e a compreensão dos aspectos teóricos e visuais da TRR. O autor privilegiou a contextualização histórica e o diálogo entre os alunos, o que consideramos um ponto bastante relevante.

Já Duda (2020), adotou uma estratégia mais prática e voltada para a aplicação dos conceitos da TRR no estudo da Cinemática, tornando o estudo mais abrangente do ponto de vista da Mecânica para alunos do Ensino Médio. No estudo é notável a ênfase dada à autonomia dos alunos, com a realização de aulas dinâmicas em duplas para promover a discussão e o aprendizado mediado, entre os próprios alunos e entre aluno e professor. Além disso, a articulação com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel

evidencia a preocupação do autor em tornar o estudo interessante e prazeroso para os estudantes.

Campos (2020) aplicou uma SD com uma turma do 1º ano do EM, destacando o paradoxo dos gêmeos de acordo com a dinâmica dos 3MP⁷. Obteve que, por meio de *software Adobe Captivate*, foi possível criar *hipervídeos* e elaborar atividades interativas integradas a vídeos e outros recursos digitais. O autor destaca que os recursos digitais e a SD, explorada através dos 3MP, foi fluida durante todo o processo de aplicação. Semelhantemente, Silva Junior (2016) utilizou objetos digitais de aprendizagem, tendo como base a Teoria da Aprendizagem Significativa para o ensino de TRR, e notou um indicador significativo para a construção de conhecimentos e apropriação dos princípios da Relatividade. Obteve que os alunos não se opõem à utilização desse material no ambiente escolar.

Nestes dois estudos, percebemos que as experiências expostas pelos autores corroboram que o uso de recursos digitais, aliado a uma abordagem não tradicional, pode potencializar e favorecer um maior interesse dos alunos pelo conteúdo da TR.

Sobral (2019), em sua pesquisa sobre a utilização de uma SD para o ensino da TR, desenvolveu uma tabela tátil que ilustra a relação entre o tempo para o observador em repouso e para um viajante com velocidade próxima à da luz. Além disso, criou um simulador que permitiu uma melhor compreensão da dilatação do tempo para participantes do Atendimento Educacional Especializado (AEE) junto a estudantes do 3º ano do Ensino Médio. O autor enfatizou que a inclusão é um desafio coletivo, envolvendo família, escola e Estado, e elaborou quatro recursos didáticos (Tela Cinética, Quadro Relativístico, Fita Relativística e Caixa Conceitual), os quais, em conjunto, proporcionaram uma sequência de ensino eficaz sobre a dilatação temporal.

Entendemos que a pesquisa de Sobral (2019) destaca não apenas a importância de facilitar a compreensão dos conceitos físicos, mas também de promover um ambiente educacional inclusivo, equitativo e acessível, adaptado às diversas formas de aprendizado.

⁷ Momento 1: Problematização Inicial - apresentam-se questões ou situações reais que os alunos conhecem, para debaterem sobre os temas. Momento 2 - Organização do Conhecimento, ocorre pela mediação do professor, que apresenta os conhecimentos necessários para entender o tema abordado na Problematização Inicial. Momento 3 –Aplicação do Conhecimento, o aprendizado é abordado sistematicamente, a fim do estudante compreender os conteúdos na prática, expondo suas ideias, e retomando a problematização inicial agora embasada teoricamente. (Delizoicov apud Silva; Januário; Alan-Brito, 2021, p.51-53)

As abordagens de Cordeiro (2018) e Silva (2020) destacam a importância da UEPS e de estratégias pedagógicas diversificadas para facilitar a compreensão e o interesse dos alunos em aulas de Física, especificamente para os temas de FM, nesse caso, TR. Cordeiro (2018) utilizou uma UEPS baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Marco Antônio Moreira em articulação com a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel, incluindo estratégias que permitissem uma abordagem contextualizada, com aulas expositivas dialogadas e debates; utilizou recursos audiovisuais ilustrativos, análise de textos, resolução de exercícios, e investigação dedutiva no intuito de fazer com que os alunos reconhecessem a importância histórica da Relatividade e sua relação com o desenvolvimento tecnológico atual.

Nessa mesma linha vão os trabalhos de Siqueira (2017), Silva (2020); Riboldi (2015); Mendonça (2018); Lima (2018); Santos (2019) e Reinert (2020), que reafirmam que as UEPS facilitam o ensino de conteúdos da FM no Ensino Médio.

Observamos nos trabalhos de Freire Júnior (2018), Fiasca (2018), Sá (2015) e Souza (2019), uma variedade de abordagens e técnicas empregadas no ensino da TRR e da TRG para alunos da Educação Básica. Freire Júnior (2018) explorou a técnica de Instrução pelos Colegas (IpC), enquanto Fiasca (2018) combinou Ensino sob Medida, Sala de Aula Invertida e Instrução por Colegas, além de utilizar a Aprendizagem Móvel (*m-learning*). Sá (2015) optou por uma abordagem mais conceitual, desenvolvendo um material didático voltado para motivar outros professores de Física. Por fim, Souza (2019) elaborou um material didático escrito e uma *WebQuest*, ambos baseados na Teoria da Transposição Didática.

Um aspecto comum em todas as abordagens foi a preocupação com a compreensão conceitual e a contextualização dos assuntos, sugerindo aulas expositivas dialogadas, debates articulados ao uso de recursos audiovisuais, produção e análise de textos, resolução de exercícios, uso de mapas conceituais, IpC, Ensino sob Medida, além de recursos diversos como slides, animações, ilustrações, fotos e imagens. Além disso, a utilização de ferramentas online, como *Google Drive*, *Forms* e *WhatsApp*, foi destacada como viável e capaz de auxiliar na comunicação para melhoria do processo ensino-aprendizagem.

Fazemos uma ressalva aqui para o trabalho de Fiasca (2018), que apresenta uma preocupação com relação à necessidade de os professores inserirem em sala de aula uma contextualização do conteúdo, para que faça sentido ao aluno aquilo que se ensina.

Contudo, o autor diz que isto só é possível se ouvirmos o estudante. Sacristán (2005, p. 17) diz que “o mundo mudou, os alunos também. Teremos de alterar nossas representações do mundo e dos alunos”. Dessa forma, alinhamo-nos a respeito da importância de estarmos atentos aos anseios dos alunos para que possamos fazer as modificações cabíveis em sala de aula. Outro ponto que o autor destaca em seu trabalho, e que também está alinhado com o que acreditamos, é a importância que ele imprime aos aspectos histórico-filosóficos dos fenômenos e seus efeitos, entendendo ser este um caminho viável para o ensino de Relatividade.

De maneira geral, percebemos que o diferencial dos trabalhos produzidos no âmbito do MNPEF é que existe um olhar do professor-mestrando voltado para a dinâmica da sala de aula na Educação Básica. Vale destacar que o MNPEF exige a elaboração de um Produto Educacional final, isto é, as estratégias apresentadas na dissertação resultam em um produto educacional (material instrucional, SD, texto de apoio ao professor de Física, hipermídia, vídeo etc.). O objetivo é que o Produtos Educacionais possa ser consultado e reaplicado por outros professores de Física que possuam interesse em utilizá-los em suas aulas. Aparece, assim, nos relatos das dissertações do MNPEF uma ênfase na transferência e aplicabilidade de um produto educacional em alguma escola um sistema de ensino (Capes, 2016).

Nos nossos achados, identificamos uma grande presença de UEPS, da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica do professor Marco Antonio Moreira, estas sendo utilizadas como modelo teórico para embasar teoricamente as SDs propostas, variando os recursos para a implementação das mesmas. Por esta razão, alguns trabalhos podem ser encaixados em mais de uma categoria em nossa análise. Contudo, o enfoque que inúmeros autores apresentam é o de criar maneiras metodológicas diversificadas que possam envolver conceitos, aspectos históricos e epistemológicos, e um formalismo matemático reduzido (mínimo) para abordar a TRR e/ou TRG para o Ensino Médio.

5.1.2 Categoria ii) Relatividade em Literaturas Diversas

Nesta categoria discutimos as dissertações que oferecem estratégias didáticas que fazem uso de diversas literaturas como, por exemplo, histórias em quadrinhos (HQ),

mangás, guias ilustrativos, cordel e tirinhas como recurso para o ensino de TR. Nesta categoria estão incluídas sete dissertações: Rosa (2020); Januário (2020); Ribeiro (2018); Osório (2019) e Freire (2015).

Rosa (2020) introduziu conceitos sobre a evolução da TRR, enfocando a HFC e usando um “guia ilustrado” junto a turmas do 2º e 3º anos do Ensino Médio. A autora elaborou o guia ilustrado com uma linguagem acessível, criando personagens do cotidiano para facilitar a explicação dos fenômenos físicos em questão, sem perder o rigor científico. A ideia foi trabalhar também o aspecto epistemológico durante a abordagem do assunto, incentivando os estudantes a participarem ativamente, diferente do que propõem os livros didáticos, que apresenta além de textos, muitos exercícios para serem desenvolvidos.

Da mesma forma, Januário (2020) produziu um folheto de cordel em formato de HQ e aplicou a uma turma do 9º ano do Ensino Fundamental, através de uma sequência de ensino à luz da Neurociência Educacional. (Cosenza e Guerra, 2011). O conteúdo sobre TRR teve como base o livro *Física Conceitual* do Paul Hewitt (2015), cuja abordagem dos conceitos centrais foi transformada em cordel⁸ e postos nos balões da HQ com as devidas ilustrações. Os alunos se mostraram motivados durante todo o processo de intervenção, tendo a autora considerado ser um bom material para o ensino de TRR.

Já Ribeiro (2018) utilizou um recurso de comunicação visual impresso a partir da análise crítica de uma HQ original para contribuir no estudo do tema TRR. A HQ foi construída a partir de uma plataforma *online* chamada PIXTON, cujo endereço eletrônico é www.pixton.com/br. A HQ foi pensada e elaborada de forma que o aluno, em posse da HQ (seja impressa ou usando o celular), pudesse avançar gradativamente em alguns conceitos estudados na TRR, como a dilatação do tempo e a contração do espaço. Para o autor, essa maneira autoexplicativa promove uma reflexão lúdica, permitindo ao estudante experimentar a aprendizagem por descoberta.

Osório (2019) também utilizou como recurso a HQ para abordar a TR junto a uma turma do 1º ano do EM. Optou por fazer uma combinação das estratégias EsM e IpC, se baseando na TAS e na Teoria Sociointeracionista de Vygotsky. A combinação dessas

⁸ Cordel: o termo “literatura de cordel” é nordestino; acredita-se ter sua origem nos cantadores que apresentavam suas histórias em forma de versos: histórias do cotidiano, da política, da realidade nordestina, das notícias e do conhecimento humano. Era usado popularmente em Portugal para se referir à produção de literatura de baixo custo, que pudesse ser comprado por pessoas de “poucas posses” e vendidos em feiras populares, onde se dependurava os folhetos em cordões Nobre (2015).

metodologias procurou instigar uma postura ativa dos alunos no processo de ensino-aprendizagem, além de motivá-los com o uso da HQ.

É de destacar que não desconhecemos que existem críticas aos mestrados profissionais (seja em Física ou em Educação) quanto essa articulação teórica, como apontam Nascimento, Ostermann e Cavalcanti (2017, p. 337-338).

(...) consideramos que a natureza do produto desenvolvido deveria estar relacionada com as questões iniciais que norteiam o projeto e que buscam responder a demandas das escolas.

Quando analisamos os referenciais teóricos que embasam os trabalhos de conclusão do MPE em questão, percebemos que este é o ponto de maior fragilidade do curso. Talvez essa seja a maior influência do modelo racionalista técnico sobre os produtos desenvolvidos. Verificamos, a partir da análise quantitativa e, posteriormente, pela análise discursiva, que o papel do referencial teórico está muito distante da concepção de que deve fundamentar metodologias de ensino e orientar a escolha dos conteúdos além de estabelecer novas formas de avaliação. (...). A partir da análise discursiva ficou muito evidente que os autores utilizam os referenciais apenas porque é uma exigência do curso. Poucas vezes identificamos uma articulação entre o aporte teórico, as questões-foco, desenvolvimento, aplicação e avaliação do produto. (...). O maior número de trabalhos totalmente similares entre si é aquele que utiliza como aporte teórico Ausubel e Vygotsky. A concepção utilitarista no uso dos referenciais teóricos destaca ainda mais esse aspecto tecnicista. Os teóricos são utilizados como “ingredientes de uma receita”, típico da metáfora do mercado, a fim de justificar o trabalho desenvolvido para orientadores e banca avaliadora. Por exemplo, se a aplicação do produto educacional desenvolvido prevê uma interação entre os estudantes, o autor do trabalho utiliza Vygotsky. Se o objetivo é buscar uma aprendizagem mais significativa, citam Ausubel como aporte teórico.

Possivelmente, uma reflexão crítica seja necessária quanto à articulação de referenciais tão distintos, como a teoria cognitivista de Ausubel e o sociointeracionismo de Vygotsky, para não recair no tecnicismo, como apontam os autores. Isso também visando a uma maior consistência desses trabalhos acadêmicos. Contudo, entendemos que a existência de mestrados profissionais em Ensino de Física espalhados no Brasil profundo, embora alguns apresentem trabalhos de conclusão de curso frágeis, é relevante para o nosso país, pois esses cursos têm capilaridade e atingem uma grande quantidade de professores da Educação Básica, que, levados de volta aos bancos universitários, têm a oportunidade de repensar suas práticas. Eles cumprem, assim, um importante papel de atualização e busca contínua de novas práticas docentes para a Educação Básica, auxiliando na tão sonhada educação científica para a cidadania. Cabe aos pesquisadores, pensarem como contribuir com críticas construtivas para a sua melhoria contínua.

Extraímos desta categoria diversas formas de literatura, como mangás, cordéis, HQs, entre outras, que se mostram como boas opções para diversificar a sala de aula.

Além de oferecerem uma leitura mais envolvente do conteúdo, esses materiais podem despertar o interesse dos alunos pela disciplina e pelo tema da Relatividade (Freire, 2015). Conforme destacado por Ribeiro (2019), o uso desse tipo de material proporciona um cenário propício para debater temas da Física Moderna em sala de aula, envolvendo os ativamente os alunos que têm acesso ao material impresso ou até mesmo digitalizado em seus celulares. Experiências e sugestões de dissertações e produtos educacionais desta categoria foram inspiradores à nossa intervenção (Estudo II).

5.1.3 Categoria iii) Estratégias Lúdicas

Incluimos nesta categoria sete (7) produções acadêmicas que exploraram a Teoria da Relatividade utilizando como ferramenta metodológica jogos pedagógicos, experiências com material de baixo custo, teatro e fantoches. O intuito dos trabalhos é deixar o processo de ensino-aprendizagem mais prazeroso. Para Celestino (2020), aprender jogando é possível, mas ele alerta que aprender não deve ser confundido com apenas brincar. Segundo Kishimoto (1998), a natureza lúdica está associada à diversão e prazer, enquanto o jogo na função educativa refere-se à aquisição de conhecimentos e habilidades em um processo que utiliza o jogo para facilitar a aprendizagem e desenvolver habilidades cognitivas essenciais.

Almeida (2016) optou pelo uso de um jogo virtual do tipo *Role-Playing Game* (RPG), utilizando a metodologia da Sala de Aula Invertida (*Flipped Classroom*), onde os alunos adquirem previamente o conteúdo para depois ser aprofundado em sala de aula pelo professor. O autor desenvolveu um manual para professores interessados em usar esse jogo como atividade pré-instrucional para o estudo da Relatividade. Feitoza (2021) utilizou o universo dos heróis, seja dos quadrinhos ou da televisão, como ferramenta de Ensino de Física para desmistificar a noção de que física se resume apenas ao formalismo matemático, mostrando que os conceitos podem ser encontrados no nosso cotidiano. Para isso, usou uma proposta pedagógica baseada na Teoria das Inteligências Múltiplas de Gardner.

Na mesma linha, Riboldi (2015) utilizou o jogo educativo "*A Slower Speed of Light*" e animações, obtendo evidências de evolução conceitual por parte dos seus alunos. Celestino (2020) usou um jogo de tabuleiro chamado "Teste Einstein" com alunos do 1º

ano do EM, buscando tornar a aprendizagem de conceitos da TR mais significativa e motivadora. Já Aringhieri (2017) e Pettersen (2017) trabalharam com teatro de fantoches, desenvolvendo roteiros teatrais adaptados para melhor assimilação dos conteúdos de Física Moderna, incluindo a Relatividade. Essas atividades foram associadas a experimentos que interagem diretamente com o público-alvo, envolvendo o professor como protagonista na condução das histórias.

Por fim, Cavalcante (2017) discutiu a TR através de uma abordagem experimental para sala de aula, utilizando com parcimônia a matemática. O autor confeccionou oito experimentos que envolvem conteúdo da FM, dentre eles a TRR e TRG, utilizando aspectos da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, e ressaltando a grande importância do diálogo com os conhecimentos prévios dos alunos.

Os trabalhos aqui analisados expressam propostas que demonstram a criatividade dos professores-mestrandos em tornar as aulas mais atrativas, oferecendo abordagens lúdicas sem sacrificar o rigor necessário para o estudo dos assuntos científicos, especialmente da Física Moderna. Em geral os autores relatam bom resultados, favorecendo uma compreensão conceitual da TR.

5.1.4 Categoria iv) Relatividade por meio Tecnologias Digitais da Informação e da Comunicação (TDICs)

Nesta categoria agrupamos 11 dissertações que fazem uma abordagem da TR em sala de aula utilizando as TDICs. Os trabalhos assumem que, em especial a simulação computacional pode ser um poderoso aliado do professor de Física, facilitando a compreensão, despertando o interesse e favorecendo o estudo autodirigido dos alunos.

Assim, no intuito de contribuir com a melhoria da aprendizagem dos alunos em conteúdos de FM (dualidade onda-partícula, Efeito Fotoelétrico e introdução de Relatividade), Vilar (2020) elaborou estratégias pedagógicas e tecnológicas diversificadas, com a apresentação de vídeos, construção de mapas conceituais, leitura e discussão de textos, realização de experimentos didáticos, tendo como foco principal a utilização de simulações computacionais interativas, centradas no uso de simulações do Projeto PhET da Universidade do Colorado. Os resultados mostraram mais interesse dos alunos pela Física e suas aplicações, com foco no entendimento do significado dos

problemas e das equações, constituindo em estratégias capazes de melhorar a compreensão do conhecimento científico e ampliar o diálogo entre professor e o aluno.

Já Ribeiro (2018) elaborou na plataforma *Unity*, disponível gratuitamente na internet para estudantes, quatro aplicativos computacionais com o objetivo de simular fenômenos físicos ligados ao ensino de Relatividade Galileana, Relatividade Restrita e Relatividade da Simultaneidade. Em paralelo com a construção dos aplicativos, elaborou uma SD com a estratégia POE (Previsão, Observação e Explicação), com intuito de ajudar no ensino da TRR no EM, e que serviu também como teste da aplicabilidade dos simuladores. POE é uma estratégia de aprendizagem proposta por White e Gunstone (White, 1992) que tem como objetivo investigar ou aprofundar a compreensão de determinado conteúdo que o professor esteja trabalhando com seus alunos, solicitando aos aprendizes a execução de tarefas e posterior explicação.

As possibilidades tecnológicas na educação científica surgem como uma oportunidade de aprendizagem autogerenciada, permitindo que os alunos explorem os princípios da Teoria da Relatividade por meio de plataformas *online*, simulações, entre outros recursos. Trabalhos como os de Pontes (2020), Yamashita (2020), Bendia Filho (2018), Oliveira (2020) e Gatti (2018), ao fazerem uso desses recursos tecnológicos, demonstraram um maior engajamento dos alunos na execução das atividades propostas, além de facilitarem a compreensão dos conceitos da Teoria da Relatividade.

A introdução de novas tecnologias na sala de aula tem inúmeras vantagens: pode contribuir para a inclusão digital no ambiente escolar, aprimorando o uso da tecnologia pelos alunos; permitir o acesso crítico às informações; promover a realização de múltiplas atividades e possibilitar ao professor aprimorar sua capacitação em busca de novas ferramentas para tornar o ensino da Relatividade mais acessível, compreensível e envolvente para os alunos.

Lima (2018) utilizou o aplicativo “TRE Einstein” com dupla finalidade: a primeira, foi dar aos estudantes a possibilidade de conhecerem a Relatividade Restrita por uma perspectiva mais teórica e menos focada no desenvolvimento de cálculos matemáticos; a segunda, foi proporcionar aos alunos que ainda não tinham estudado esse conteúdo a que, ao fazê-lo, tornassem-se aptos a usufruir de jogos. A aplicação desse jogo teve como base a Teoria da Aprendizagem Significativa. Para o autor, além do jogo ser atrativo e lúdico, a abordagem gradativa dos conteúdos que cercam a TRR são atributos de extrema importância para que o ensino adquira significado.

Pensando no tempo exíguo que o professor da Educação Básica dispõe, considerando sua realidade, Silva (2019) construiu um *site* com recursos e ideias (curiosidades; vídeos; Projeto Educacional; Relatividade para Professores; ideias para criar Google sites e exercícios comentados) para que os professores levem para sala de aula conceitos e elementos da TRR, com grande enfoque no processo cognitivo, para uma aprendizagem através da combinação da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e o auxílio dos verbos da Taxonomia de Bloom.

A análise das dissertações que compõem esta categoria revela o papel importante das TDICs em sala de aula, que foram fundamentais no período em que se instalou a pandemia da COVID-19 (*Corona Virus Disease*) no país e no mundo. Nesse período os professores tiveram de ressignificar sua forma de lecionar fazendo as adaptações dos seus planos de aula presencial para um modelo de ensino remoto; de criar salas de aulas virtuais; utilizar novas plataformas para que o ensino continuasse, além de estudar e buscar novas maneiras de avaliar e tentar trazer o aluno para o centro da aprendizagem dos saberes científicos. Em vista dos aprendizados decorrentes do cenário pandêmico, mudanças não só nas estratégias didáticas, mas na própria área de Ensino de Ciências se fazem necessárias. Segundo Catarino e Reis (2021),

O surgimento da pandemia vem sendo associado ao modo de vida e ao processo de modernização e urbanização, sendo também consequência das intervenções do homem no meio ambiente, o que normalmente gera graves desequilíbrios ecológicos (...).

Então, ao mesmo tempo em que vivemos em um mundo que nos obriga a dar conta de temas cada vez mais complexos, envolvendo variáveis e problemas que necessitam, por sua vez, do diálogo entre muitas áreas do conhecimento, somos formados e estamos formando pessoas cada vez mais segmentadas, indo na contramão das demandas impostas pela pandemia. Ou seja, a pandemia vem mostrar que a maior parte de nossos problemas só pode ser resolvida se formos capazes de transitar em diversas áreas de conhecimento (Catarino; Reis, 2021, p. 2).

Estes autores apontam a fragilidade de espaços para se refletir questões referentes à produção de conhecimento na área da Educação em Ciências, pois nem sempre os resultados dessa pesquisa estão presentes nas práticas de ensino. Isto se tornou mais perceptível na pandemia, pois nem todos os profissionais da educação dispunham de conhecimentos, habilidades para usar as tecnologias, nem as escolas dispunham de boas ferramentas para uso de forma emergencial, descortinando ainda mais a desigualdade entre educação científica pública e privada.

Na linha de uma necessária mudança na área, as dissertações aqui analisadas, mesmo focadas na sala de aula como já comentado, apontaram que é frutífero o uso de

estratégias tecnológicas diversificadas, vídeos, construção de mapas conceituais, emprego de ‘softwares’, aplicativos de celular e simulações computacionais, o que também pode viabilizar momentos de discussão da natureza da ciência, chamando a atenção do aluno a que fenômenos virtuais não podem ser confundidas com a realidade, especialmente quando tratamos de temas de Física Moderna.

5.1.5 Categoria v) Relatividade em articulação com outras temáticas

Nas nossas buscas identificamos oito (08) dissertações que visaram uma abordagem interdisciplinar para inserir a Teoria da Relatividade em sala de aula, em articulação com outros temas da Física ou com outras áreas do conhecimento.

Silva (2015), por exemplo, propôs relacionar a TR com a Física Quântica fundamentado na epistemologia de Kuhn e na aprendizagem significativa de Ausubel. Couto (2020) articulou a Filosofia ao ensino de tópicos de Astronomia ligados a quatro módulos: 1) gravitação universal e sistema solar; 2) relatividade geral; 3) buracos negros; e 4) lentes gravitacionais.

Silva (2020) argumentou que não há a necessidade de separar as mecânicas newtoniana e relativística no Ensino Médio, pois muitas vezes esses conceitos são completamente afastados. Para abordar a Teoria da Relatividade de forma mais integrada, o autor desenvolveu uma sequência didática que começa com a visualização dos corpos em relação ao movimento, ou não, do observador. A interação foi potencializada pela Realidade Virtual, permitindo que os alunos experimentassem os efeitos relativísticos e expressassem suas suposições e conceitos adquiridos durante o uso do equipamento. Conforme os conceitos eram explicados, os alunos trocavam ideias e podiam receber outros conhecimentos externos, o que possibilitou a conexão entre os conhecimentos da mecânica newtoniana e a Teoria da Relatividade.

Gomes Neto (2020) construiu uma caixa relativística para facilitar a visualização da deformação do espaço e a geodésica percorrida pela luz ao atravessá-lo. O objetivo foi tornar mais concretos alguns aspectos da Teoria da Relatividade Geral, como por exemplo, a gravidade como geometria do espaço-tempo e o desvio da luz num campo gravitacional gerado por um objeto massivo. A estratégia possibilitou mostrar também a diferença entre a posição real e aparente de uma fonte luminosa, permitindo a ligação com

a ideia de lentes gravitacionais, podendo discutir o fenômeno do eclipse solar, em especial o eclipse solar que ocorreu na cidade de Sobral em 1919, enquanto uma corroboração da TRG.

Ainda em uma abordagem interdisciplinar, Reis (2016) trabalhou o ensino da Teoria da Relatividade Restrita articulando com Arte, especificamente com o movimento artístico do Cubismo. O autor defende essa articulação, pois acredita que os temas dialogam entre si, começando que eles surgiram na mesma época, início do século XX, e foram responsáveis por mudanças científicas e culturais significativas. A TRR provocou profundas mudanças no conceito de espaço físico, enquanto na arte, o Cubismo revolucionou o espaço pictórico. Neste sentido, os alunos poderão compreender as novas noções de espaço-tempo trazidas pela TRR, bem como o modo pelo qual a pintura cubista causou uma modificação do vocabulário plástico, aprendendo, assim, conceitos de Física e de Arte. Contudo, por ser uma proposta interdisciplinar, o autor sugere que os professores de Física trabalhem em colaboração com professores de Arte e História, de modo que possam discutir acerca do contexto histórico de desenvolvimento do TRR e do Cubismo em sala de aula.

Ramos (2017) propôs também, através de estratégia didática interdisciplinar, fazer uma aproximação entre Física e Arte como fator motivacional para compreensão dos conceitos de tempo e espaço, uma vez que esse redesenho conceitual é pré-requisito para o estudo de temas da Física Relativística. Para Silva (2020, p. 22) “a aproximação da Arte com a Física maximiza e facilita a interação por conta das várias concepções produzidas subjetivamente pelos leitores”.

Em outra perspectiva, Carageorge (2020) apresentou uma proposta de SD para explicar a TRG usando uma abordagem da geometria riemanniana em conjunto com os conceitos físicos como o princípio de equivalência. Devido o nível de complexidade dos dois temas, a SD foi aplicada para uma turma específica do EM com alto desempenho em Matemática e Física, que considerou inicialmente as noções básicas de TRG e a importância do princípio de equivalência, como óbvios. O autor sugere que o professor pode falar da massa inercial da 2ª Lei de Newton, depois da força elétrica e, por último, tratar da força e massa gravitacionais e que, dessa forma, pode causar uma surpresa, pois a carga elétrica não é proporcional à massa inercial, mas a gravitacional sim.

Fuchs (2016) foi incluído nesta revisão por ser considerado relevante e valorizar a perspectiva do aluno, embora se trata de uma dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física da UFRGS, não do MNPEF. O autor, inicialmente percebeu as

possibilidades da TRR de dialogar com a Matemática, através dos conceitos como vetores, quadrivetores, matrizes etc., que são, presumivelmente, aprendidos com pouco significado, isto é, são conceitos bastante abstratos para alunos do EM. No entanto, no decorrer dos encontros, fez uma mudança de rumo, buscando atender às expectativas dos estudantes que queriam entender melhor, qualitativamente, as consequências da TRR, por exemplo, a aparência de um objeto viajando a velocidades próximas as da luz. Procurou ressaltar certos aspectos da História da Física a ela associados na perspectiva da Epistemologia de Thomas Kuhn, ou seja, associando a TRR a uma mudança de paradigma, para que os alunos pudessem construir uma visão de Ciência mais dinâmica e contextual.

A análise mostrou que é notável a potencialidade da TR em promover a integração de tema com diferentes disciplinas, especialmente a Arte, a Matemática, a Astronomia, a Física Quântica e a Filosofia da Ciência. Explorar essas interconexões pode fazer com que os alunos percebam que não existem disciplinas isoladas, e enriquecer, assim, a visão de que um mesmo tema pode ser observado e estudado a partir de diferentes pontos de vista.

De outro lado, é fácil de articular a Relatividade com a Epistemologia de Thomas Kuhn, que apareceu em alguns trabalhos desta categoria, dado que a TR foi um dos pilares, junto com a Física Quântica, que impulsionou grandemente a Física no início do século XX, sendo que Kuhn explora esse momento histórico como um exemplo importante de mudança de paradigma (Kuhn, 1997). Contudo, entendemos que seria exagerado assumir que a ciência somente avança através de “revoluções científicas”; elas certamente existiram em alguns momentos históricos, mas são mais esporádicas do que se imagina, porque pressupõem uma mudança radical de visão de mundo, segundo Kuhn, capaz de provocar o abandono de um conjunto de práticas, crenças, métodos, e especialmente, de teorias em favor de outro. Entendemos que um olhar retrospectivo para o desenvolvimento histórico da ciência aponta mais para um padrão de evolução dos conceitos e teorias, e por essa razão optamos pelo uso da “epistemologia evolutiva” de Toulmin como referencial epistemológico nesta Tese.

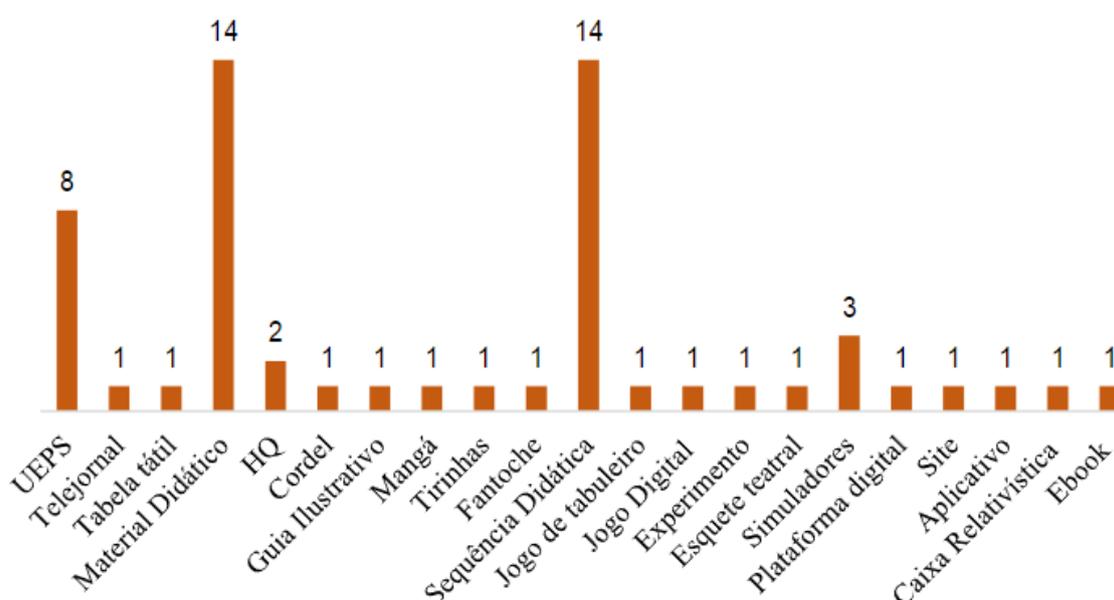
5.2 À título de conclusão da Revisão de Dissertações do MNPEF

Nesta etapa da revisão de dissertações obtidas nos sites dos polos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física tivemos como objetivo responder à questão de pesquisa 1.2: *Quais são as estratégias pedagógicas mais utilizadas em sala de aula para trabalhar TR? Como a TR pode ser explorada em articulação com outros temas?*

Encontramos uma variedade de estratégias. Sobressaem-se as sequências didáticas (SD) diversificadas, inúmeras vinculadas às UEPS e à Teoria da Aprendizagem significativa de Ausubel, outras articuladas ao uso de metodologias ativas (EsM, IpC, sala de aula invertida etc.). Com relação às ferramentas, verificamos uma ênfase para o emprego de práticas pedagógicas que envolvem as TDICs (simulações computacionais, vídeos, construção de mapas conceituais, *softwares* e aplicativos de celular, jogos interativos), assim como apareceu de forma importante o uso de textos de publicação científica, cordel e HQ.

Para melhor visualização dos resultados, o Gráfico 8 apresenta um compilado de produtos educacionais presentes nas dissertações do MNPEF analisadas, lembrando que houve trabalhos com mais de um produto associado, de forma que o número de produtos é maior que o número de dissertações.

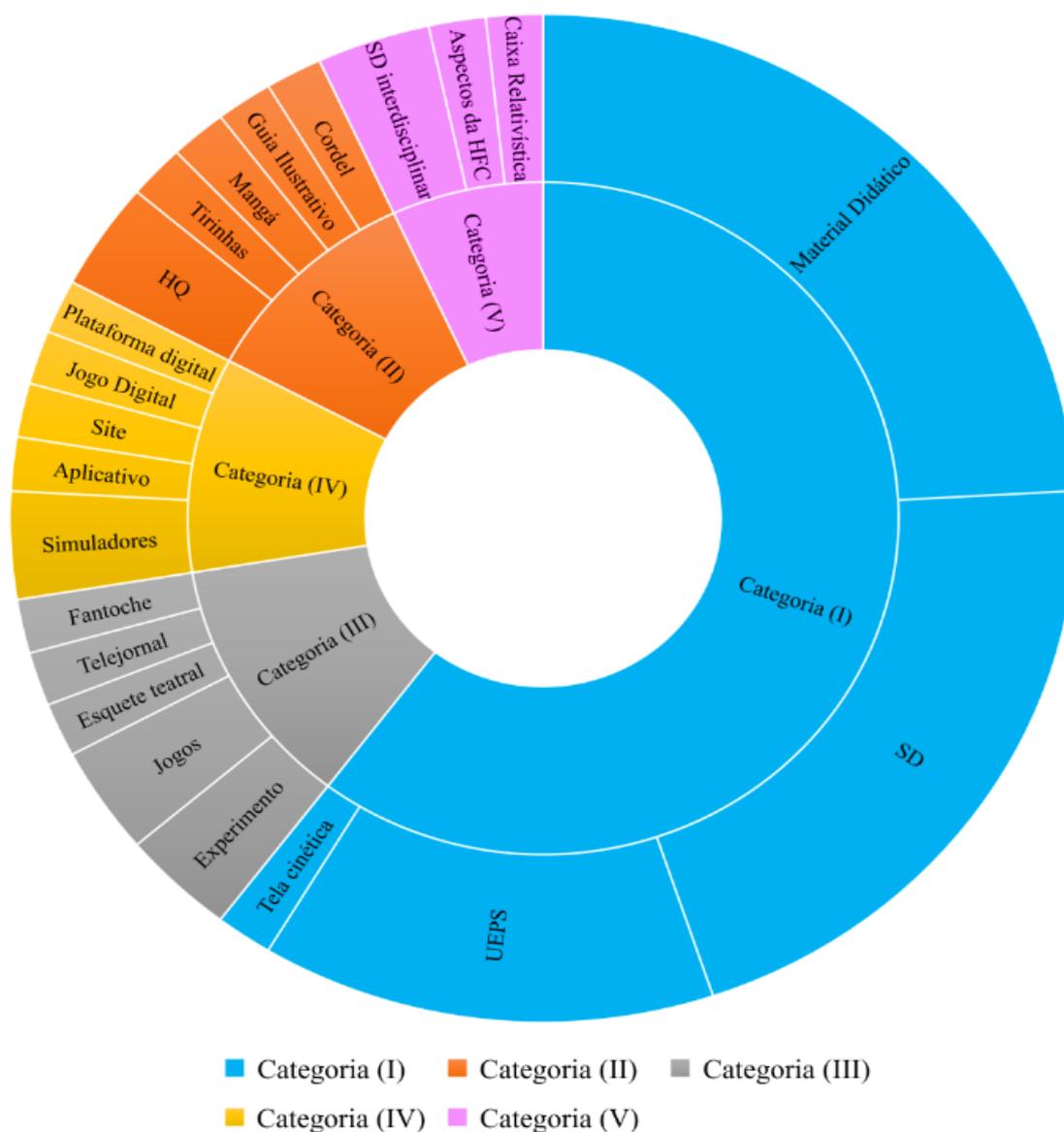
Gráfico 8: Produtos Educacionais presentes nas dissertações analisadas



Fonte: capturado de Januário e Massoni (2023, p. 160)

O Gráfico 9 mostra como os esses diferentes produtos se distribuem entre as categorias que emergiram da análise. É possível perceber que a categoria i) concentra a maioria das estratégias trabalhadas. Tipicamente a construção e aplicação de sequências didáticas que articulam uma grande variedade de ferramentas (TICs, simulações computacionais, leituras de guias, aplicativos, jogos, telejornais, experimentos etc.) e a produção de materiais instrucionais (jogos interativos, textos de apoio, HQ, guias ilustrativos, tirinhass etc.) para discutir a TR ocupou mais de metade das dissertações do MPNEF.

Gráfico 9: Distribuição dos produtos educacionais nas categorias analisadas.



Fonte: capturado de Januário e Massoni (2023, p. 161)

Em termos de articulação com outras áreas, nossos achados apontam para a potencialidade de articular o estudo da TR com a Arte, a Cosmologia, a Matemática, a Física Quântica, a Filosofia da Ciência e outros assuntos da Física Clássica e Física Moderna. Este resultado se assemelha àqueles encontrados na Revisão da Produção Acadêmica *Stricto Sensu*: Teses e Dissertações da Capes, no quesito de interdisciplinaridade e vinculação com outras temáticas e áreas, que surge de forma importante nas revisões apresentadas no Capítulo IV.

Percebemos também que dentre os autores de teorias de aprendizagem, os mais citados nestas dissertações são David Ausubel, que aparece em 45% dos trabalhos, ao ressaltarem e utilizarem aspectos da Teoria da Aprendizagem Significativa; Novak, Jerome Bruner (cognitivistas) e Vygotsky (sociointeracionista) aparecem como autores também citados, lembrando que eles não aparecem individualmente, mas dialogando entre, pelo menos, dois em dois. Como já comentado, não ignoramos que existem críticas a estas articulações, muitas vezes apressadas e pouco relacionadas com os objetivos do projeto e com as questões foco dos trabalhos. Contudo, de maneira geral, as dissertações trabalham conceitos variados, princípios, implicações e aplicações da TR, de forma que serviram de inspiração para a abordagem da TR no Estudo II desta Tese.

Passamos a discorrer, na sequência, sobre um último elenco de materiais e produções levantadas em buscas no Google Acadêmico, fonte que consideramos que seja mais facilmente alcançável ao professor da Educação Básica.

A revisão de dissertações do MNPEF resultou em artigo publicado na
Revista Experiências em Ensino de Ciências, em 2023.

Título: *Estratégias para o ensino de Teoria da Relatividade no Ensino Médio: uma análise da produção acadêmica*. (Januário, Massoni, 2023).



5.2 Revisão de Materiais sobre TR presentes no Google Acadêmico

Consideramos que o banco de dados do Google Acadêmico (GA) representa um repositório virtual de livre acesso e abrange um compêndio diversificado de diferentes níveis de pesquisas. Por ser acessível e prático para os professores que desejam realizar buscas sobre temas específicos para o planejamento de aulas, optamos por incluir o GA em nossa revisão de literatura. Nosso objetivo aqui foi responder à *Questão 1.3: Quais produções acadêmicas, estratégias didáticas, níveis de profundidade e abordagens estão disponíveis para os professores da Educação Básica ao utilizarem o Google Acadêmico como meio de busca?*

Devido à amplitude de formatos de publicações abarcadas pelo GA, decidimos realizar uma busca utilizando os descritores "Ensino de Relatividade", em diferentes intervalos temporais, a fim de obter uma compreensão do cenário disponível para os professores da Educação Básica. Uma pesquisa utilizando o intervalo temporal de 2013-2022 apresentou um total de 15.900 trabalhos. Devido ao grande número, restringimos o intervalo para os anos de 2019-2022, obtendo um total de 6.670 trabalhos. Dado o ainda elevado número de publicações, e visando uma análise mais aprofundada das abordagens ao Ensino de Relatividade, reduzimos novamente o filtro temporal para o biênio 2020-2022, filtrando apenas os trabalhos em língua portuguesa. Isto resultou em uma redução para 1.010 trabalhos. Vale ressaltar que a contagem foi baseada na busca realizada entre o final de janeiro e meados de fevereiro de 2022, de forma que uma busca com este filtro para o ano todo pode apresentar alterações para mais, dada a possível publicação de novos trabalhos.

Dentre os 1.010 trabalhos, selecionamos somente aqueles cujos títulos e/ou resumos abordavam conteúdos relacionados à Teoria da Relatividade no âmbito da Educação Básica. Isso resultou em 44 trabalhos, abrangendo diversas modalidades, tais como Trabalhos de Conclusão de Curso (TCCs), Dissertações de mestrado (profissional e acadêmico), Teses de doutorado, Trabalhos apresentados em eventos da área de educação/ensino de Ciências, e artigos não indexados e artigos de diversos periódicos.

Entre esses 44 trabalhos, identificamos nove (9) dissertações do MNPEF, defendidas nos seguintes polos: Universidade Federal do Ceará - Polo 43 (1 dissertação); Universidade Federal Rural do Semi-Árido - Polo 9 (1 dissertação); Universidade Estadual de Ponta Grossa - Polo 35 (1 dissertação); Instituto Federal do Amazonas/UFAM - Polo 4 (1 dissertação); Universidade de Brasília - Polo 1 (1

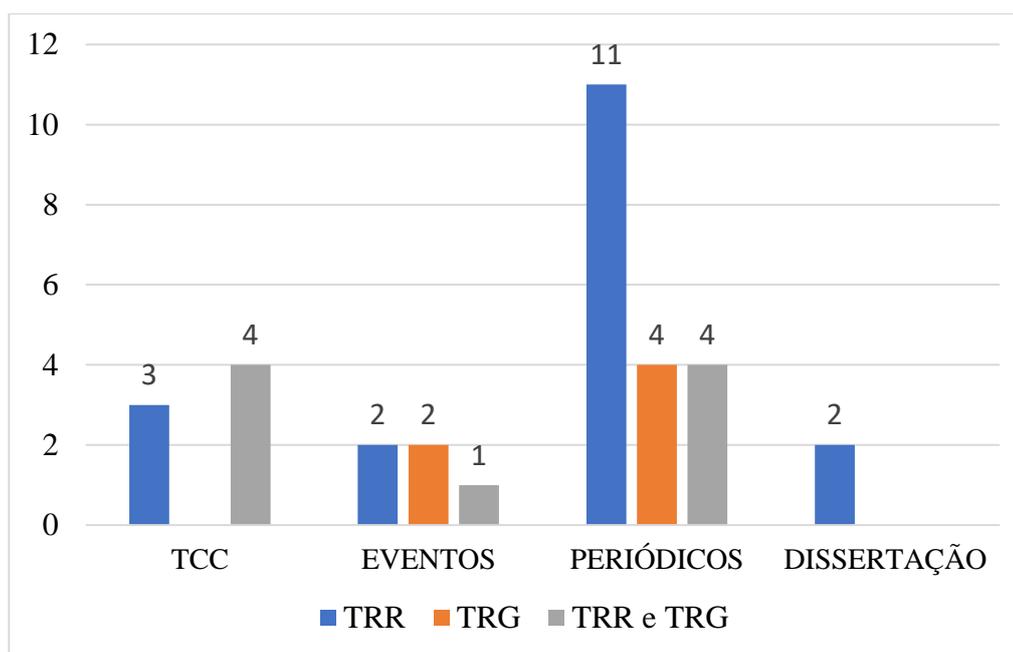
dissertação); Universidade Federal do Acre - Polo 59 (1 dissertação); e duas (2) produções oriundas do Mestrado Profissional da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. No entanto, observamos que estas duas últimas produções (dissertação e produto educacional) correspondiam ao mesmo mestrado, sendo publicados separadamente, de forma que optamos por considerar apenas a dissertação para evitar duplicidade de dados. Contudo, como já havíamos feito a busca de dissertações do MNPEF, excluimos aquelas que apareceram na busca no GA e que se repetiam como, por exemplo, Rosa (2020); Silva (2020); Couto (2020) e Oliveira (2020). Ficamos, assim, com quatro (4) novas dissertações, a saber: Feitosa (2021); Vasconcelos (2020); Duda (2020) e Neto (2020), que optamos por incluir na subseção desta revisão.

Ainda no âmbito das dissertações, porém na categoria de Mestrado Acadêmico, encontramos no GA quatro (4) produções, e em nível de Doutorado encontramos uma (1) tese. As dissertações de Neto (2020) e Nascimento (2020), e a tese de Neves (2020) já haviam sido encontradas no Banco de Teses e Dissertações da Capes, e, portanto, foram excluídas desta revisão.

Assim, consideramos nesta subseção: sete (7) Trabalhos de Conclusão de Curso; duas (2) dissertações; 19 artigos de variados periódicos e os cinco (5) trabalhos oriundos de Eventos, o que nos totalizou 33 estudos.

Quanto aos resultados, percebemos que uma diversidade de instituições públicas e de artigos de periódicos diversos compartilham uma abordagem semelhante: a busca pela melhoria do ensino em sala de aula na Educação Básica. Em relação aos trabalhos de eventos, identificamos inúmeros vinculados a eventos regionais e a eventos nacionais.

Elaboramos o Gráfico 10, para proporcionar uma visualização mais clara da proporção dos aspectos da Teoria da Relatividade abordados em cada tipo trabalho, isto é, TCCs, trabalhos de eventos (regionais e nacionais), artigos de periódicos e dissertações.

Gráfico 10: Abordagem da TR presente nos materiais obtidos no GA

Fonte: Pesquisadora (2022).

De maneira geral, observamos que a TRR é mais frequentes nestes estudos, correspondendo a 18 trabalhos dos 33 localizados. Em segundo lugar, a presença da TRR e da TRG ocorre em nove (9) trabalhos, ao passo que a TRG é abordada isoladamente apenas em trabalhos de eventos e em periódicos de revistas. Pode-se inferir, talvez precipitadamente, que quando os professores da Educação Básica consultam o GA em busca de produções sobre Relatividade, é mais comum encontrarem artigos e Trabalhos de Conclusão de Curso (monografias); trabalhos publicados em anais de eventos são encontrados com menos frequência.

A pesquisa acadêmica tem uma presença relativamente pequena nesse buscador, o que pode ser uma preocupação, já que, embora os artigos muitas vezes se baseiem em pesquisas, há uma divulgação limitada dessa pesquisa básica no GA. Isso pode ser uma das razões pelas quais a produção científica em Ensino de Ciências e Ensino de Física muitas vezes fica restrita à comunidade acadêmica, e pouco chega de forma efetiva à Escola Básica.

O Quadro 6 mostra a relação dos trabalhos selecionados para a análise nesta subseção, separados por nível acadêmico, título, autores e ano de publicação.

Quadro 6: Relação das produções sobre TR no GA (2020-fev/2022)

IES / Periódico	Título	Ano	Autor
DISSERTAÇÕES			
UEPB	Objetos de aprendizagem no ensino de física moderna: uma proposta de ensino por investigação	2021	Santos, M. G.
UFSM	Proposição de uma UEPS para o ensino de FMC: Uma alternativa aos desafios enfrentados por professores de física em escolas estaduais de Uruguaiana-RS	2020	Goulart, G. S.
TRABALHOS DE CONCLUSÃO DE CURSO			
UFC	O Ensino De Relatividade Como Incentivo Para O Aprendizado De Física: Uma Proposta	2020	Aquino, A. O.
Unipampa	Uma proposta de um objeto educacional digital para a apresentação da teoria da relatividade especial	2021	De Souza Marques, M.
UFSC	Dilatação temporal e doutor estranho: Uma Proposta de Ensino de Física por meio de um Filme do Universo Cinematográfico Marvel	2021	Duarte, L. V.
UFPR	Delineamentos discursivos em podcasts de divulgação científica com a temática relatividade	2021	Lima, L. R.
UTFPR	A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: análise da produção em revistas da área de Ensino de Ciências	2021	Bezerra, L. B.
UFF	O olhar de estudantes do ensino médio sobre a disciplina de física	2020	Oliveira, D. R.
UFPB	Vamos viajar além do cosmos, por que não? Sobre cartas pedagógicas e séries de divulgação científica no Ensino de Ciências	2020	Silva, C. S.C.
ARTIGOS			
Física na Escola	Usando o aplicativo <i>TreEinstein</i> como ferramenta educacional no ensino da teoria da relatividade especial	2021	Lima, G. M.; Medeiros, D. M.
Revista De Enseñanza De La Física	A aparência visual da contração relativística nos livros de física aprovados no Programa Nacional do Livro Didático-2018	2021	Nunes, R. C. et al.
Brazilian Journal of Development	O ensino de relatividade restrita e astronomia através do fenômeno dos núcleos de galáxias ativas	2021	Souza, J. C. C. F; Voelzke, M. R.
RBECM	O uso da argumentação na acepção de Stephen Toulmin articulado à abordagem histórico-epistemológica com enfoque no aluno: um caminho possível para construção da aprendizagem em relatividade	2021	Januário, M. D.A.; Massoni, N. T.
CBEF	Doze mitos sobre a Teoria da Relatividade que precisamos superar	2020	Nunes, R.; Queirós, W.
Revista Educar Mais	O episódio histórico do centenário do eclipse de Sobral e suas implicações para o Ensino de Física por meio da divulgação científica	2020	Lorenzetti, C.; Damasio, F.; Raicik, A.
Cadernos de Educação Básica	Uma Abordagem De Tópicos De Relatividade Geral Através Da Construção De Experimentos De Baixo Custo Para a Facilitação Da Transposição Didática	2021	Sampaio, W. S. et al.
Rev. Eletr. de Invest. Filosofia Cient. e Tecnol.	Investigação Didática de Ambientes com Realidade Virtual e Realidade Aumentada na Aprendizagem de Física Moderna Contemporânea: uma abordagem semiótica	2020	Costa, T. Q.; Rabello, D. L.S.
Revista Dynamis	Revisão da literatura sobre o ensino de física moderna e contemporânea no ensino médio: potencialidades a partir da aprendizagem significativa	2020	Goulart, G. S.; Leonel, A. A.

História da Ciência e Ensino	Uma Análise Histórica do Filme Einstein e Eddington: Possíveis Contribuições para o Ensino de Física	2020	Nunes, R. C. et al.
História da Ciência e Ensino	Análise Histórica do Conteúdo de Relatividade Especial nos Livros Didáticos de Física do PNL D 2018	2021	Nunes, R. C. et al.
Revista Tecné, Episteme y Didaxis	Física moderna e contemporânea em sala de aula: práxis de professores egressos de uma universidade brasileira	2021	Colombo Jr., P. D. et al.
Educere - Revista da Educação	Análise Dos Conhecimentos De Estudantes No Ensino Médio Acerca Da Teoria Da Relatividade	2021	Godinho, E. Z. et al.
arXiv	Estudo das ondas gravitacionais no ensino médio: uma abordagem teórica e experimental	2020	Barros, B.M.; Souza, E. V.
Revista Exper. em Ensino de Ciências	A utilização de metodologias ativas no ensino de física: uma possibilidade para o ensino de relatividade restrita na Educação Básica	2021	Fiasca, A. B. A. et al.
REPPE: Rev. Prod. Educ. e Pesquisa em Ensino	Fomentando a construção de simulações mentais por meio da utilização de slides para o ensino de relatividade especial	2020	Souza, M. G.; Serrano, A.
RECITAL – Rev. Educação Ciência, Tecnol. Almenara	Conceitos da teoria da relatividade restrita de Einstein em livros didáticos: uma abordagem na perspectiva do ensino médio	2021	Santana, I. L.; Santos, R. A.; Takiya, C.
Nuevos Sist. de Comunic. Información	Relatividade geral e buracos de minhoca: uma proposta de ensino e divulgação científica por meio do super-herói thor	2021	Nunes, G.; Damasio, F.; Santos, I. M.
Revista De Enseñanza de La Física	Representações sociais de alunos da educação básica sobre buracos negros	2020	Barbosa, P; Aquino, A.; Calheiro, L.
TRABALHOS DE EVENTOS			
5º Salão de Pesquisa Exten. Ens. do IFRS	Teoria da relatividade restrita	2020	Paz, F. Scheffer,
FACCHU	A teoria da relatividade presente na ficção científica	2020	Santos, G. M. et al.
31 Simpósio Nac. de História de RJ	A internacionalização de sobral é um fato inconteste”: os padres-historiadores sobralenses e as narrativas sobre o eclipse de 1919	2021	Braga, T.; Rocha, T.
CONEDU	A inserção da teoria da relatividade geral aplicada em filmes de ficção científica	2020	Santos, L. J. B.
V CONA-PESC	Dificuldades dos docentes na implementação de novos	2020	Mendes, T.C.; Souza Filho, M.

Fonte: Pesquisadora (2022).

Observamos que vários trabalhos selecionados provêm de distintos periódicos, todos focados no Ensino de Ciências ou áreas correlatas. Uma nova busca feita no início de 2024, englobando apenas os dois primeiros meses (jan/24 e fev/24), e usando o mesmo descritor [ensino de relatividade], resultou em nove (9) novas produções: um trabalho em formato de seminário de Souza e Andrade (2024), cujo título é “Utilizando a Teoria da Mediação Cognitiva em Rede para Fundamentar os critérios de escolhas de *softwares* de

simulação na Internet: o caso da Relatividade”; uma monografia intitulada “Revisão histórica e aspectos tecnológicos influenciados pela Teoria da Relatividade restrita” de Nunes (2024); e sete (7) artigos de periódicos diversos: Oliveira, Jardim e Landim (2024) intitulado “Sobre a assinatura da métrica em Relatividade Restrita”; Januário, Hoernig e Massoni (2024), uma revisão de literatura intitulada “Tendências atuais sobre o Ensino de Física Moderna: uma revisão de literatura”; Silva Junior e Jose Caluze (2024), intitulado “Considerações sobre o uso de Histórias em Quadrinhos como estratégia no Ensino de Ciências da Natureza”; Costa, e Campomanes (2024), intitulado “Referenciais Inerciais e Não Inerciais: uma abordagem cinemática por meio de video análise”; Rosa, Rosa e Folmer (2024), intitulado “As contribuições de Baruch Spinoza para o Ensino de Ciências”; Araújo e Santos (2024), intitulado “Aportes Teóricos e Enfoques Investigativos nas pesquisas relacionadas ao Ensino de Astronomia”; e Quitiliano e Stanke (2024), intitulado “Deise Quintiliano e Roberta Stanke entrevistam Evanildo Bechara por Bechara.

Isto mostra como as buscas no GA continuam trazendo uma variedade muito grande de temas e abordagens para o ensino da TR.

Na sequência, passamos a discutir mais detalhadamente os achados desta etapa final da revisão, por meio das ferramentas de Análise de Conteúdo, na acepção de Bardin (2011). Consideramos aqui a estratégia das “dimensões”, isto é, reunimos, para fins de análise, os materiais segundo os tipos de publicação, o que resultou em três dimensões: *Dimensão 1: trabalhos acadêmicos*, que incluem Dissertações e Trabalhos de Conclusão de Curso; *Dimensão 2: Artigos de periódicos*; *Dimensão 3: Trabalhos de eventos*. Dentro de cada dimensão, construímos algumas categorias.

5.2.1 Dimensão 1) Trabalhos Acadêmicos

Discutimos nesta dimensão as produções do tipo TCC e Dissertações que tratam de diferentes abordagens a TR. Dentro desta dimensão construímos duas categorias: *Categoria i) Estratégias pedagógicas e uso de tecnologia no Ensino da Física, e Categoria ii): Abordagens Didáticas e Implicações Curriculares no Ensino de Ciências*. A primeira Categoria abrange estudos que estão focados em desenvolver, implementar estratégias e propor tecnologias para engajar os alunos e melhorar a eficácia do processo

de ensino e aprendizagem. Investigam também como a incorporação de tecnologias educacionais pode potencializar o aprendizado sobre TR e tornar as aulas mais interativas e envolventes aproveitando os recursos tecnológicos disponíveis. A segunda, engloba estudos que buscam compreender questões mais amplas relacionadas ao currículo escolar, às políticas educacionais e à formação dos alunos; buscam, assim, contribuir para o aprimoramento do Ensino de Ciências, promovendo uma educação mais contextualizada, crítica e reflexiva.

5.2.1.1 Categoria i) Estratégias pedagógicas e uso de tecnologia no Ensino da Física

Santos (2021) procurou promover o engajamento dos alunos na sala de aula, utilizando estratégias que envolvessem a inserção de meios tecnológicos no ambiente educacional, especialmente durante o ensino remoto emergencial (ERE) no período pandêmico, onde se sentiu a necessidade dessa interação. O processo investigativo foi norteado pela resolução de duas questões-chave, direcionando toda a condução da aula para questionamentos voltados à construção de conceitos relacionados à Relatividade Restrita. O autor relata que o envolvimento dos alunos ocorreu de forma gradual, embora a falta de equipamentos como *notebooks* e celulares, com acesso à internet, tenha retardado o processo.

Oliveira (2020b) em seu TCC apresenta uma trajetória semelhante ao de nossa investigação (Estudo I). O autor conduziu uma pesquisa com alunos do Ensino Médio para compreender o olhar dos estudantes sobre o ensino de Física, abordando temas como as dificuldades e facilidades na aprendizagem, a diferenciação entre Física e Matemática, interesses em temas de Física e entendimentos sobre o papel do professor de Física. Após esse levantamento, o autor desenvolveu uma sequência de ensino sobre o conteúdo de Relatividade, tema apontado pelos alunos como interessante para ser aprendido. Embora a estratégia sugerida não tenha sido aplicada em sala de aula, acredita o autor que ela pode envolver os alunos, incentivando perguntas e promovendo a autorresponsabilidade na aprendizagem, com o professor atuando como mediador na intervenção.

Oliveira (2020a) destacou a utilização de um aplicativo específico, o *Socrative*, para aplicar uma SD que visou explorar as tendências do uso de metodologias tecnológicas. O autor observou que a variedade de atividades e abordagens proporcionadas por essa tecnologia gerou uma nova motivação nos alunos, permitindo

que visualizassem os conceitos no seu dia a dia. Os resultados indicaram que o uso de recursos tecnológicos em ambientes virtuais, especialmente no ensino da Teoria da Relatividade, foi eficaz em atrair a atenção dos estudantes para o conteúdo.

Por sua vez, Yamashita (2020) adotou uma abordagem que combina a Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel com as TICs para o ensino da cinemática relativística. A sequência didática proposta consistiu em vinte e cinco planos de aula divididos em oito etapas, buscando tornar o estudo mais completo do ponto de vista da Mecânica, especialmente para alunos do Ensino Médio. O autor enfatiza a autonomia dos alunos, seguindo a perspectiva de Paulo Freire, e implementou dinâmicas em duplas para estimular a discussão e o aprendizado. A mediação aluno-aluno e aluno-professor, baseada na Teoria de Vygotsky, também foi incorporada na SD para promover uma construção coletiva do conhecimento. A abordagem de Yamashita buscou não apenas transmitir informações, mas tornar o estudo interessante e prazeroso, se alinhando à noção de busca pela aprendizagem significativa proposta por Ausubel.

Duarte (2021) elaborou uma UEPS, fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e na epistemologia de Paul Feyerabend, com a intenção de levar a alunos do EM questões em torno dos temas como: dilatação temporal, Teoria da Relatividade Geral, Teoria da Relatividade Restrita. O autor trabalhou com o filme “Doutor Estranho”, da companhia *Marvel Entertainment* como organizador prévio, na tentativa de despertar predisposição para aprender FM. O resultado obtido confirmou sua hipótese de que esse filme seria eficaz para gerar predisposição para aprender os conteúdos de Física propostos. Um resultado similar também foi obtido por Silva (2021), que buscou avaliar o potencial da série “Cosmos”, enquanto estratégia de divulgação científica, para discutir os conceitos básicos da TRG.

Interpretamos que os achados destes estudos refletem uma tendência crescente no Ensino de Física, que aponta para a integração de tecnologias, metodologias ativas e recursos culturais para promover uma aprendizagem mais significativa e engajadora. No entanto, é importante reconhecer os grandes desafios enfrentados pela educação pública em nosso país, como a falta de acesso a todos a equipamentos tecnológicos e a necessidade de uma formação docente adequada para que o professor se sinta confortável para promover a implementação eficaz dessas estratégias tecnológicas.

5.2.1.2 Categoria ii): Abordagens Didáticas e Implicações Curriculares no Ensino de Ciências

A pesquisa de Lima (2021) consistiu em um estudo documental com o objetivo de identificar aspectos da construção do conhecimento científico presentes nos discursos de dois *podcasts* de divulgação científica sobre a Teoria da Relatividade, utilizando a Sociologia da Ciência de Bruno Latour como referencial teórico. A autora analisou as transcrições dos *podcasts* em dois eixos: o primeiro abordou aspectos da construção da ciência, enquanto o segundo enfocou em aspectos linguístico-conceituais relacionados aos conceitos, corolários e aplicações da Teoria da Relatividade. O *Podcast 1* tratou exclusivamente da Relatividade Restrita, enquanto o *Podcast 2* abordou aspectos da Relatividade Geral. O conceito de referencial foi destacado como importante em ambas as discussões iniciais dos *podcasts*, assim como a relação de incompatibilidade entre as teorias de Newton e Maxwell foi abordada.

Araújo (2021) analisou o conteúdo de História e Filosofia da Ciência presente nos capítulos dedicados à Relatividade nos livros didáticos utilizados no Ensino Médio e selecionados pela edição de 2018, pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Observou que a maioria dos livros exalta os cientistas, perpetuando a ideia de gênios que surgem “magicamente”, trazendo a luz do conhecimento. Outro ponto destacado foi o uso de conhecimentos atuais para explicar a elaboração de hipóteses, teorias e interpretações de experimentos para explicar fenômenos de outra época, sendo o experimento de Michelson-Morley um dos mais mencionados. Muitos livros analisados também citavam brevemente algum cientista, seguido de uma data biográfica. O autor considera que tais elementos não são suficientes para promover um conhecimento contextualizado e alinhado a visões contemporâneas de História e Filosofia da Ciência, sendo apenas um dado a mais no texto, que pouco chama a atenção. Assim, os resultados apontados por Araújo (2021) ressaltam enormes desafios a serem superados para a aplicação de um ensino mais contextualizado, capaz de desmistificar a linearidade dos elementos histórico-filosóficos da Ciência.

Barros e Souza (2020, p. 2) destacam que os conteúdos ensinados em sala de aula, em sua maioria, são “assuntos ultrapassados no contexto científico-físico, não captando a relação do aluno com os conhecimentos atuais da ciência”. Aquino (2020) adverte que é importante considerar as preferências dos alunos a respeito de tópicos de Física

Moderna (FMC), e ressalta a importância de aprender conceitos básicos antes de explorar tópicos mais avançados da Teoria da Relatividade.

Percebemos que mesmo que a literatura seja rica em mostrar que a FM (FMC) deva ser inserida na Educação Básica, parece persistir um questionamento sobre “qual física devemos ensinar nas escolas”. Nesta perspectiva, apontamos o trabalho de Bezerra (2021) que fez uma revisão de literatura em revistas de Qualis A1 e A2, na classificação da Capes, sobre a necessidade de inserir tópicos pertencentes à Física Moderna e Física Contemporânea na educação científica básica. O resultado mostrou que embora exista um movimento importante que visa tornar a inserção da FM (FMC) mais acessível no âmbito escolar, sobram justificativas e faltam ações mais concretas para tornar realidade essa inserção no EM, principalmente na realidade da escola pública no nosso país. Quanto aos tópicos da FM (FMC), a revisão de Bezerra (2021) aponta: a Teoria da Relatividade, o Efeito Fotoelétrico e a Física de Partículas, resultado este que coincide com a nossa Revisão de Literatura, discutida nos Capítulos III e IV desta Tese.

Adicionalmente a esse cenário, ainda temos a implantação do Novo Ensino Médio, imposto pela Lei 13.415/2017, cujo modelo está totalmente alinhado às propostas da BNCC (Brasil, 2018) que implicou na reestruturação dos livros e materiais didáticos do PNLD e na adoção de habilidades e competências, ressaltando a necessidade de formação de um aluno autorresponsável pelo seu conhecimento e empreendedor. Porém, essa política pública é homogeneizante, excludente, pois responsabiliza o sujeito pela própria condição de aprendizagem, e reduz o diálogo com a academia, forçando os sistemas de ensino estaduais e municipais a se adaptarem (de forma apressada), o que resultou em várias anomalias na oferta de disciplina dos itinerários formativos e, mais grave ainda, em redução drástica de carga horária de disciplinas que são essenciais a uma formação científica crítica e reflexiva. Isto pode levar a uma superficialização dos conhecimentos a serem trabalhados na educação científica, bem como à ausência de discussões étnico-raciais e outros temas atuais (Massoni; Alves-Brito; Cunha, 2021).

Vale ressaltar que os livros didáticos do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) são recursos instrucionais muito utilizados pelos professores de Física/Ciências, e, muitas vezes, o único material disponível de forma gratuita aos alunos das escolas públicas.

Nesse sentido, fazem-se necessárias discussões, formações e capacitações para os professores de modo que eles possam utilizar os recursos pedagógicos e tecnológicos de modo coerente; e tenham momentos de discussão para uma escolha coletiva do LD que

melhor se adéque à proposta curricular da escola, com o fim de fazer os aprofundamentos científicos que a etapa da escolarização do Ensino Médio pressupõe.

5.2.2 *Dimensão 2) Artigos de Periódicos*

Nesta *Dimensão*, os artigos se concentram em discutir tendências atuais e estratégias de ensino relacionadas à Física Moderna. Os estudos abordam como as novas abordagens pedagógicas, recursos educacionais e metodologias de ensino estão sendo aplicadas no contexto do ensino de Física Moderna, como se dá tanto a inserção tecnológica, como o uso de literaturas, histórias em quadrinhos e entrevistas, para promover uma compreensão mais eficaz e interessante dos conceitos científicos. Nesta análise construímos a categoria: *Pesquisa em Ensino de Física Moderna*.

5.2.2.1 *Categoria: Pesquisa em Ensino de Física Moderna*

Souza e Serrano (2020) construíram um conjunto de 63 slides para trabalhar TRR sob a epistemologia de Larry Laudan. Buscaram mostrar o desenvolvimento histórico da Teoria da Relatividade Restrita através da resolução de problemas anômalos que surgiram em seu desenvolvimento. Por sua vez, Godinho et al. (2020) investigaram a evolução conceitual dos estudantes do Ensino Médio utilizando simulações computacionais específicas para discutirem conceitos da TRR.

Um número de pesquisas recentes (e.g., Nunes (2024); Oliveira, Jardim e Landim, (2024); Costa (2024); Araújo e Dos santos (2024), Bechara, Quintiliano e Stanke, (2024)) exploram aspectos diversos, desde a fundamentação teórica até suas aplicações práticas e implicações teórico-práticas, da teoria da Relatividade. Os estudos incluem investigações sobre revisões históricas, influências tecnológicas, referenciais inerciais e não inerciais, contribuições filosóficas e aportes teóricos na Astronomia.

Barros e Souza (2020) apresentam, de forma teórica, histórica e prática, conceitos introdutórios de ondas gravitacionais a alunos do Ensino Médio. Além disso, construíram um interferômetro de Michelson-Morley de baixo custo, o utilizando como comparativo ao detector LIGO (*Laser Interferometer for Gravitational Waves Observatory*). Com essa

estratégia pedagógico-teórica e experimental, o trabalho apresenta indicadores e dados fundamentais para facilitar a inclusão da TR no Ensino de Física na Educação Básica.

No mesmo contexto, Souza *et al.* (2021) tentam mostrar que a Astronomia, a Física Clássica e a Física Moderna caminham juntas para explicar o comportamento de objetos e fenômenos. Para tanto, acrescentaram ao estudo da TRR uma proposta de Ensino de Astronomia utilizando como motivadores o estudo de Núcleos de Galáxias Ativas, a partir da situação dos *Jatos Aparentemente Superluminais*, chegando a um resultado positivo na execução da proposta.

Barbosa *et al.* (2020) apresentaram resultados de uma análise de mapas mentais, cujo objetivo foi investigar as representações sociais compartilhadas por estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental sobre temas como Buraco Negro, Relatividade e Gravitação Universal. Buscaram agregar as ideias do senso comum aos conceitos científicos estudados por meio de uma UEPS.

Santana *et al.* (2021) analisaram e discutiram como alguns conceitos da TRR, propostos por Albert Einstein, são abordados em livros didáticos do EM. Nunes *et al.* (2020) buscaram desconstruir o mito produzido em torno do cientista, apresentando o Einstein histórico e suas posições científicas, e discutindo como ocorreu o processo de construção da TR e seus desdobramentos.

Tendo em vista que alguns professores se sentem despreparados para ministrar alguns tópicos de Física Moderna em sala de aula, Sampaio *et al.* (2021) ofereceram um minicurso para professores da rede básica de Ensino Fundamental e Médio. O minicurso ocorreu durante a comemoração do centenário do eclipse que contribuiu para a comprovação da TRG no município de Sobral-CE; os participantes se mostraram bastante favoráveis à existência de mais ações formativas para docentes.

Entendemos que o uso da argumentação, na acepção de Toulmin, como abordado em Januário e Massoni (2021, 2024), pode auxiliar a colocar em prática processos argumentativos e gerar melhorias no ensino que vise construir cidadãos críticos, participativos na sociedade, capazes de perceber o mundo contemporâneo em transformação, capazes de assumir o risco da indignação, como propõe Negri (2015).

5.2.3 Dimensão 3) Trabalhos de Eventos

Por fim, esta Dimensão traz trabalhos apresentados em eventos da área, que estão relacionados de alguma forma ao ensino, divulgação e abordagem de conceitos científicos, em sala de aula ou na popularização para o público em geral. Nesta dimensão construímos a *Categoria: Educação Científica*.

5.2.3.1 Categoria: Educação Científica

Paz (2020) fez uma revisão bibliográfica sobre os postulados, aplicações e exemplos da TRR para fins de divulgação entre estudantes e, posteriormente, para a escrita de um texto para o *blog* do Clube de Astronomia. O objetivo foi facilitar a compreensão de quem tem pouco conhecimento da terminologia científica. A correção relativística nos relógios dos satélites dos GPS, as posições nos navegadores que temos nos celulares, como *Waze* e *Google Maps*, foram alguns exemplos utilizados que evidenciam a presença da TRR no nosso cotidiano.

Diante da pauta de inserção de tópicos da FM (FMC) em sala de aula, Mendes e Filho (2020) tomaram como amostra para sua pesquisa um grupo de professores de Física de escolas de rede estadual de Senhor do Bonfim, BA, e, através de questionários e conversas, analisaram como os livros didáticos abordavam FM (FMC) e se esses professores conseguem ministrar tais conteúdos em sala de aula. O resultado mostrou a existência que alguns obstáculos: lacunas na formação docente nessa temática; escassez de literatura que aproxime esses temas ao cotidiano; número de aulas insuficientes; inflexibilidade da coordenação das escolas; além de requerer, do aluno, competências e habilidades cognitivas que normalmente não estão organizadas o suficiente para proporcionar agilidade e compreensão dos conteúdos ensinados. Obtiveram que é mais comum o professor escolher: Relatividade Restrita, Radiação do Corpo Negro, Efeito Fotoelétrico, Radioatividade ou Partículas Elementares, como passíveis de serem vistos no EM.

Santos (2020) e Santos *et al.* (2020) divulgaram uma pesquisa sobre as atividades desenvolvidas através de filmes de ficção científica e obras literárias no âmbito da Teoria da Relatividade, visando uma alfabetização científica. Santos (2020) observou que

poucos professores elegem filmes de ficção como uma possibilidade no processo ensino-aprendizagem, e não conseguem estabelecer a relação entre eles e as ideias científicas em tela. Segundo o autor, tal fato está associado às dificuldades enfrentadas pelo professor para construir roteiros que permitam a discussão e a construção de resenhas críticas por parte dos estudantes. Advertem que não basta simplesmente exibir os filmes, é necessário indagar, ter um planejamento e uma discussão pedagógica durante a aula. Já Santos *et al.* (2020) concluiu que essas ferramentas têm um potencial motivador e abrangente no que tange à apropriação dos saberes científicos contemporâneos e ao conhecimento acerca da natureza da ciência, destacando o papel importante da HFC.

Rocha (2021) trouxe uma perspectiva sob o olhar dos historiadores Sadoc de Araújo e João Mendes Lira de como a cidade de Sobral, CE, sofreu a internacionalização depois das observações e narrativas do eclipse ocorrido em 29 de maio de 1919, que corroboraram a TRG. O autor evidenciou a relevância adquirida da verificação do eclipse, mas argumentou que essa versão, aparentemente, não ganhou ressonância na comunidade científica internacional, ao menos não em colocar a cidade de Sobral como impreterível para a constatação desse fenômeno. A cidade não aparece como protagonista para a comunidade acadêmica. Apesar do trabalho não tratar diretamente da TRG em sala de aula, colocou luz na História da Ciência. Depreende-se daqui uma sugestão de aula interdisciplinar que associe Física e História, o que poderia deixar o ensino-aprendizagem mais contextualizado e possibilitaria boas discussões com os estudantes sobre os aspectos históricos, sociais, culturais e científicos acerca da Relatividade.

Entendemos que este tipo de abordagem é uma possibilidade de articulação de HFC ao ensino de Relatividade. O fato histórico do eclipse em Sobral pode ser uma porta de entrada para a discussão e aprofundamento de conceitos como, por exemplo, o desvio da luz frente à presença de corpos massivos, a curvatura do espaço-tempo etc.

5.2.4 À título de conclusão da análise dos trabalhos selecionados do GA

A leitura e análise destes trabalhos permitiu concluir que a busca de materiais que abordam a Relatividade na base de dados do GA, além de estar facilmente ao alcance dos professores da Educação Básica, pode trazer uma variedade de trabalhos com propostas também diversas. Embora alguns trabalhos buscados no GA já tivessem sido localizados

por nós em bases de pesquisa acadêmica, como o Periódicos Capes e o Banco de Teses e Dissertações, é de destacar que o GA acrescentou novos, por exemplo de outros eventos nacionais e regionais. Além disso, trouxe alguns TCCs que mostraram interessantes estratégias para trabalhar a TR em sala. Isto responde à nossa questão de pesquisa 1.3: *Quais produções acadêmicas, que estratégias didáticas, níveis de profundidade e tipos de abordagens os professores da Educação Básica têm acesso utilizando esse meio de busca?*

Esta etapa da revisão mostrou que os professores têm acesso, pelo GA, a trabalhos de: - revisão sistemática de literatura, o que pode ser útil para lhes indicar tendências; - trabalhos em nível de dissertação, artigos e TCCs que relatam pesquisas e discutem propostas e sequencias didáticas para tratar a TR em sala de aula na Educação Básica. Boa parte dos materiais localizados são voltados ao Ensino Médio, há também alguns que se concentram nos Anos Finais do Ensino Fundamental. Em ambos os casos privilegiam uma abordagem mais conceitual e qualitativa. Chamam a atenção também trabalhos que aprofundam discussões interdisciplinares, pela articulação da Física com a Astronomia, a Cosmologia e especialmente com a História e Filosofia da Ciência. O uso da HFC permite discutir a origem histórica da TR, o estereótipo dos cientistas, especialmente, de Einstein, e de experimentos associados à nascença da Teoria da Relatividade, o que pode propiciar uma aprendizagem mais reflexiva.

5.3 À título de Conclusão da Revisão de Literatura e da Produção Acadêmica: um esquema representativo

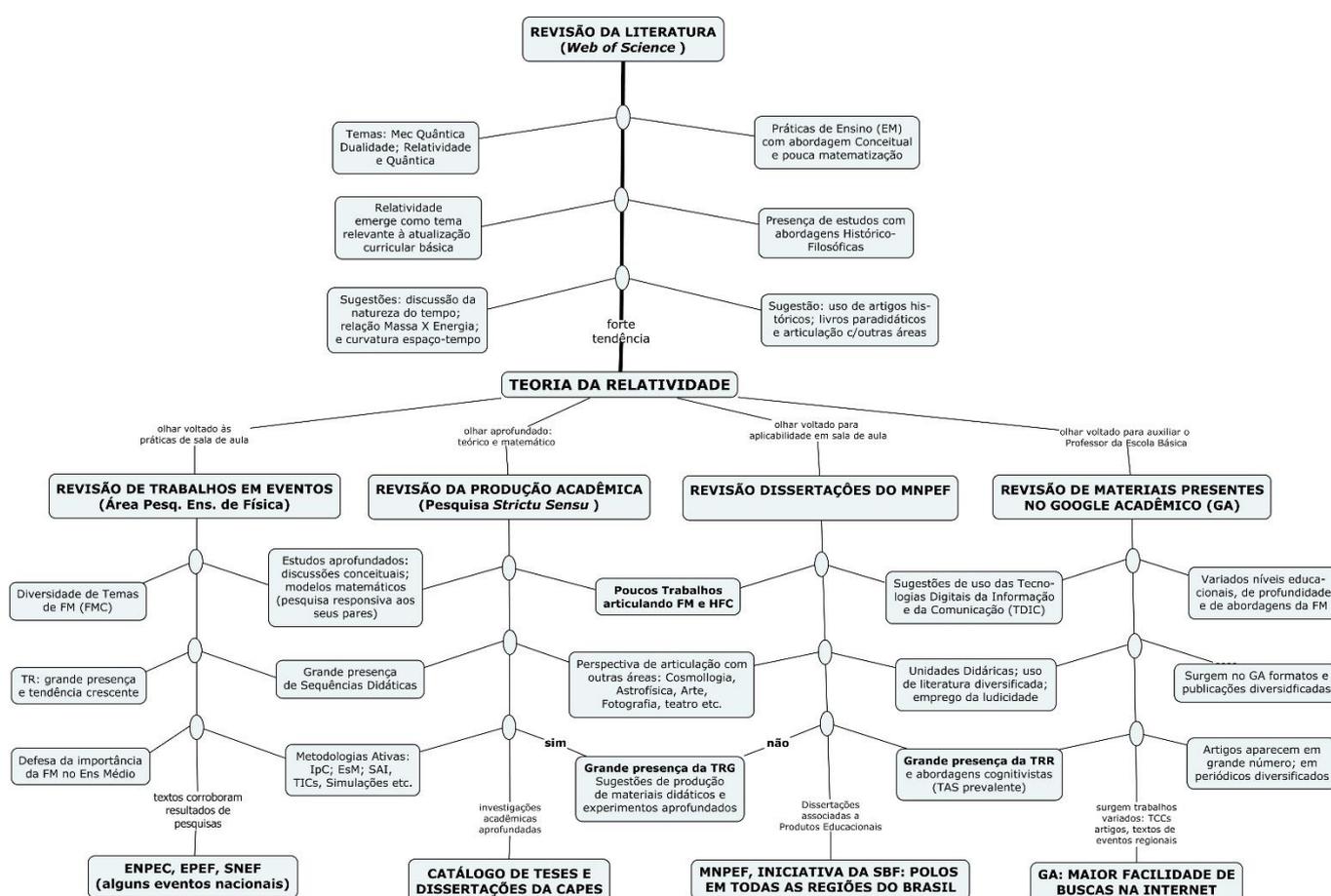
Ao concluir este estudo de revisão da literatura, admitimos que foi extenso, pois examinamos centenas de trabalhos e obtivemos múltiplos achados, interpretamos muitas produções acadêmicas (teses, dissertações de mestrado acadêmico, dissertações do MNPEF, artigos, TCCs, trabalhos publicados em anais de eventos), o que nos permitiu a construção de um elenco de categorias, respeitando a peculiaridade de cada busca e o tipo de produção examinada.

Chegar a uma conclusão única é uma tarefa desafiadora e, por isso, entendemos coerente tentar construir um esquema que pudesse representar, em grandes linhas, os

achados mais relevantes a que chegamos. É o que tentamos fazer no esquema mostrado na Figura 9.

O objetivo, no esquema, não é o de oferecer um quadro aproximativo, rígido e balizante sobre a complexa e criativa produção científica da área de Pesquisa em Educação em Ciências e Ensino de Física do período examinado (basicamente a última década). Consideramos vantajoso, porém, fazer uma excursão representativa endereçando nossa atenção àqueles elementos que parecem fundar (ou se confundem) nesse extraordinário universo de gêneros textuais.

Figura 9: Esquema de Conclusão da Revisão de Literatura e Produção Acadêmica



Fonte: Pesquisadora (2022).

É perceptível no esquema que a produção *stricto sensu* faz uso de um gênero textual mais dissertativo e argumentativo, possivelmente respondendo e dialogando com os pares na academia. De outro lado, as dissertações do Mestrado Profissional em Ensino de Física, assim como vários trabalhos de Eventos e inúmeros artigos, adotam um gênero

textual mais descritivo, buscando detalhar propostas de ensino, sequências didáticas, experimentos e estratégias interdisciplinares, bem como narrando resultados das aplicações destas e refletindo suas possíveis contribuições ao ensino de FM. Este gênero, não menos importante, volta-se, assim, às questões da aplicabilidade em sala de aula da Educação Básica, e de construção de um diálogo com o professor sugerindo formas diversificadas, criativas, interdisciplinares e multidisciplinares para a prática didática, em particular para o ensino-aprendizagem de Relatividade.

É notável nesse universo de produções a defesa pela necessidade de inclusão de tópicos da Física Moderna na Educação Básica, com uma tendência crescente e um destaque à potencialidade da TR. Obtivemos que a TRG aparece mais na produção acadêmica *stricto sensu*, possivelmente por envolver uma matemática mais densa e um aprofundamento da discussão teórica; e a TRR tende a aparecer mais nas produções voltadas para as aplicabilidades em sala de aula. Todavia, em todos os gêneros aparecem com força as metodologias ativas de ensino, como, por exemplo: Instrução pelos Colegas (IpC); Ensino sob Medida (EsM); Sala de Aula Invertida (SAI), uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs); uso de Simulações Computacionais; experimentos de baixo custo; uso de materiais literários diversificados (artigos, textos de divulgação científica, livros paradidáticos, HQ etc.), sugerindo leituras e dinâmicas de discussão em grande grupo.

Além disso, defendemos que a inserção da FM seja explorada veementemente ainda no período de formação dos professores para que não se sintam “amedrontados” ou “perdidos” em ensinar algo que não dominam ou que exija tempo de busca e preparo das aulas, haja vista que a maioria não dispõe desse momento, principalmente agora com a reforma curricular na Educação Básica, decorrente da implementação da BNCC, que além de diminuir o tempo de aula de Ciências/Física, exigindo mais do professor para implantar conteúdos mais contemporâneos.

É de destacar que é relativamente pequena a presença de trabalhos que investigam a potencialidade da articulação da FM com a HFC em Dissertações do Mestrado Acadêmico e do MNPEF, e menor ainda a articulação com a argumentação científica, razão por que ratificamos a importância da nossa investigação, especialmente no Estudo II. Por uma opção metodológica e por acreditarmos na capacidade de contribuir com a melhoria da aprendizagem da Física, fizemos no Estudo II uma articulação da TR com HFC, sob a visão epistemológica de Toulmin (1977); e planejamos alguns momentos de

interação em sala de aula, sob a estratégia da argumentação científica, na acepção de Toulmin (2006).

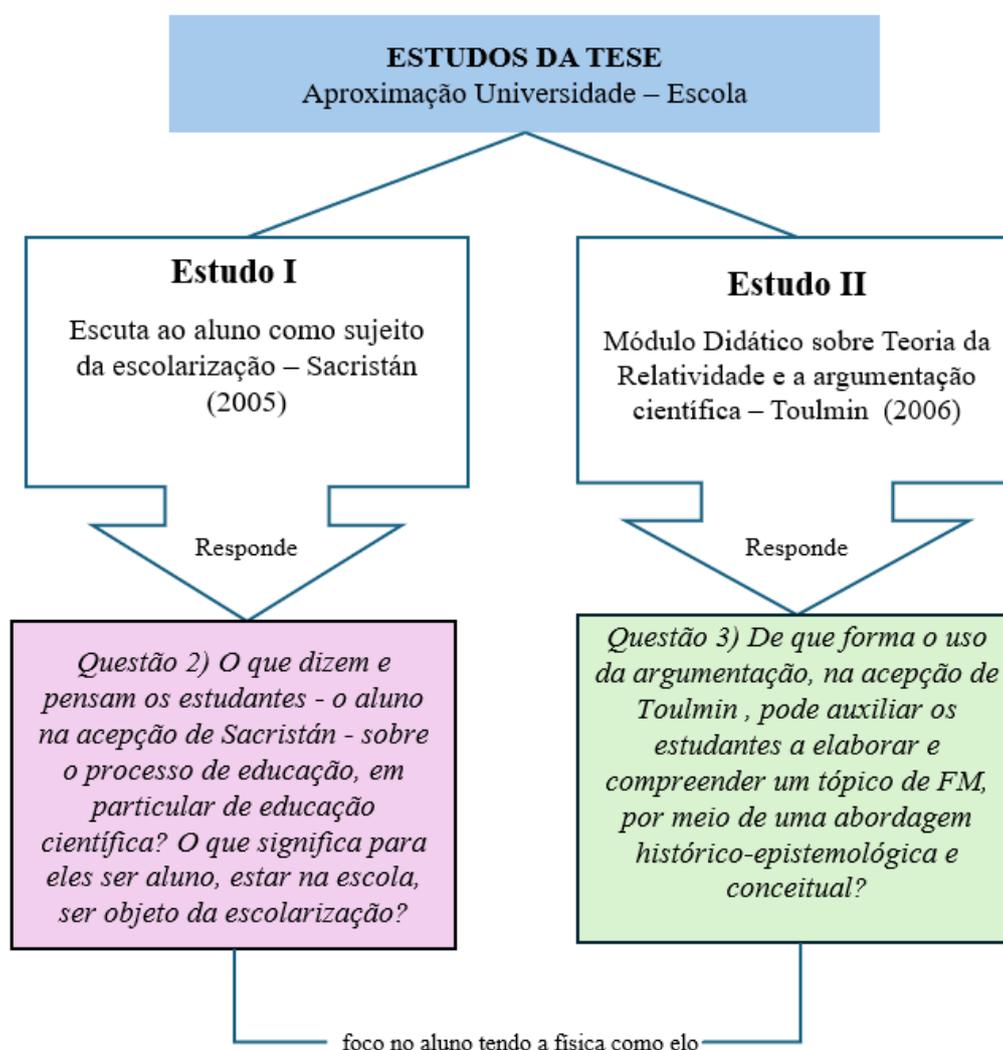
Por outro lado, assumimos em alinhamento com nosso referencial teórico, que o sujeito mais importante no processo de educação científica é o aluno. Para Sacristán o aluno é a peça principal no processo de ensino e aprendizagem, e tudo o que se propõe é direcionado para o aluno. Assim, realizamos um estudo (Estudo I) que precedeu a aplicação do Módulo sobre Teoria da Relatividade (Estudo II), e fizemos, em que realizamos uma escuta aos alunos de duas turmas do Ensino Médio, sujeitos da escolarização, para compreender como percebem a escola, a educação, em particular a educação científica, e seu próprio papel, dado que “o aluno” é uma construção social (Sacristán, 2005), e sua escolarização é pensada pelos adultos, sem consultá-los.

Para isso, um primeiro passo foi compreender como a literatura tem destacado o papel do aluno no contexto da educação científica e como a escolarização dos menores, que praticamos, se comunica com as ideias defendidas por Sacristán (2005). Assim, a proposta do Estudo I foi concebida como um estudo de caso instrumental, na acepção de Stake (2011); buscamos, sobretudo, uma aproximação entre Universidade - Escola e alunos do Ensino Médio. A escuta em seus distintos momentos, bem como os resultados que indicam a percepção dos alunos, de uma escola periférica de Viamão – RS, do que seja “ser aluno”, o que é escola, escolarização, educação científica e a implicação das questões sociais, tudo isso é objeto do Capítulo VI.

CAPÍTULO VI: ESTUDO I – ESCUTA AO ALUNO

De posse da escolha do tópico de FM ser Teoria da Relatividade estruturamos nossa Tese em dois Estudos empíricos distintos, cada um com o propósito de explorar diferentes aspectos do ensino e da aprendizagem em Ciências/Física. O primeiro estudo focou na perspectiva dos alunos, investigando suas visões, expectativas e percepções do processo educacional. O segundo estudo foi voltado à construção e aplicação de um módulo didático para abordar a TR articulada à HFC e à argumentação científica. O esquema da Figura 10 mostra esses estudos empíricos, as bases teóricas e as questões de pesquisa que os nortearam.

Figura 10: Estrutura dos Estudos I e II da investigação.



Fonte: Pesquisadora (2024).

Neste Capítulo, exploramos os achados e reflexões do Estudo I, que foi conduzido utilizando uma abordagem qualitativa, um estudo de caso instrumental (Stake, 2011), colocando foco nos alunos, sujeitos de pesquisa, para compreender suas percepções, opiniões e experiências em relação ao ambiente escolar, social, interacional que cerca o processo de ensino-aprendizagem científica. No Capítulo VII desta tese, abordaremos o Estudo II.

No contexto do Estudo I, para alcançarmos nossos objetivos, promovemos diálogos, rodas de conversa e debates junto aos alunos de duas turmas do 3º ano de uma escola pública de Viamão, RS. Para isso, a pesquisadora habitou a escola ao longo do segundo semestre de 2022 até dezembro de 2023, pois, de acordo com Stake (2011, p. 37), a compreensão desses processos requer uma observação abrangente de como algo específico está operando, sendo essencial solicitar que as pessoas se expressem e descrevam suas perspectivas sobre o funcionamento das coisas. Essas características delineiam a natureza rica e complexa da pesquisa qualitativa, destacando sua capacidade de proporcionar reflexões profundas e nuances no decorrer da análise da investigação.

6.1 Breve Contextualização do Caminho entre a Universidade – Escola

A escola escolhida para a pesquisa está localizada na cidade de Viamão, município da região metropolitana de Porto Alegre, que, de acordo com o site da prefeitura⁹, foi um dos primeiros núcleos de povoamento do Estado do Rio Grande do Sul, formado por lagunenses, paulistas, escravos e portugueses. Viamão se conservou sede do Governo Estadual até 1773, ano em que a sede foi transferida para Porto dos Casais (atual Porto Alegre). O município também foi palco de operações militares na época da Revolução Farroupilha¹⁰. A origem do nome Viamão é incerta, há no mínimo três versões: a primeira

⁹ Fonte: <https://www.viamao.rs.gov.br/portal/servicos/1002/historia/> Acesso 24/06/2023.

¹⁰ A Revolução Farroupilha (Guerra dos Farrapos ou Revolta Farroupilha) ocorreu durante o período do Império brasileiro entre 1835 e 1845, no estado do Rio Grande do Sul. A revolta foi mobilizada pelos grandes proprietários de terra do Rio Grande do Sul, insatisfeitos com os altos impostos cobrados pelo governo imperial. Os líderes farroupilhas, como Bento Gonçalves da Silva, Bento Manuel Ribeiro, Giuseppe Garibaldi e David Canabarro, buscavam maior autonomia para o Estado, propondo a criação de uma república independente. O conflito terminou com a assinatura de uma paz negociada entre os revoltosos e o governo imperial. Entre os principais legados desse episódio estão o fortalecimento do

diz que a certa altura dos morros da região pode-se avistar os cinco afluentes do Guaíba (os rios Jacuí, Caí, Gravataí, Taquari e dos Sinos), que formam uma mão espalmada, daí a expressão “Vi a mão”¹¹; a segunda, seria originário do nome “ibiamon”, que significa “Terras de Ibias” (pássaros) e a terceira, que se refere à passagem entre montes, o que chamavam de via-monte.

Viamão é um município de grande população, sendo que o último censo¹² do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021) estimava um total de 257.330 habitantes. A diferença cultural, econômica e social entre os moradores também é imensa, como na maioria das cidades brasileiras próximas de grandes centros. A escola que selecionamos faz parte de um bairro periférico de Viamão.

Percorrendo o trajeto da Universidade até a escola, nota-se que as ruas perpendiculares à avenida que leva à instituição são, predominantemente sem saída, algumas pavimentadas e outras não, com becos e pessoas circulando a pé (homens, mulheres, crianças e idosos), há muitos casebres, mercearias e pequenos empreendimentos residenciais, como salões de beleza, barbearias e venda de doces. Contudo, as vielas carecem de infraestrutura básica, com esgoto a céu aberto em alguns pontos, acumulação de lixo ao longo do caminho, principalmente na calçada e arredores da escola, com restos de móveis, resíduos de construções e lixo doméstico. É frequente a presença de ratos e insetos circulando pelo ambiente. Há um muro, um córrego e uma faixa de árvores que separam o campus universitário do bairro, de forma que é possível se falar no “mundo de cá” e o “mundo de lá”.

O transporte público também é escasso, com paradas de ônibus lotadas e movimentação intensa entre 7h e 8h da manhã; por volta das 11h ao meio-dia, observamos a circulação de pais e responsáveis, levando ou buscando crianças na escola e creches. Circulam também grupos de adolescentes, por volta de 10 a 12 anos, imprimindo uma atmosfera mais descontraída, de cumplicidade e amizade, por vezes com brincadeiras na rua, utilizando objetos encontrados como simulação de uma bola, e despedidas calorosas com abraços. O trajeto de ida é a encosta íngreme de um morro, e quando se chega à escola isto proporciona uma visão ampla da região, que também descortina uma clara

sentimento regionalista no Rio Grande do Sul e a promoção de mudanças políticas e sociais na região sul do Brasil. Fonte: https://www.multirio.rj.gov.br/historia/modulo02/rev_sul.html, acesso 09/05/2024.

¹¹ Fonte: <https://www.viamao.rs.gov.br/portal/servicos/1002/historia/> Acesso 24/06/2023.

¹² Fonte: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs/viamao.html> Acesso 24/06/2023.

desigualdade social, onde alguns desfrutam de boas casas, enquanto outros lutam diariamente para o suprimento de necessidades básicas de sobrevivência.

No entanto, ao olhar para o alto, vislumbra-se a natureza com belas paisagens verdes e uma rica biodiversidade, proporcionando um breve refúgio para sonhar, contemplar e admirar, podendo momentaneamente desligar das realidades adversas.

Será que é essa força, vinda dos altos, que impulsiona os moradores da região a seguir em frente?

6.2 A Escola Investigada

O critério de escolha da escola foi oriundo de uma parceria entre Universidade¹³ e Escola, através de um projeto de extensão, que tem o intuito de construir uma sinergia entre as instituições e articular atividades de ensino e de pesquisa em Ensino de Física. O projeto é coordenado pela orientadora desta investigação, e assume a extensão como princípio interdisciplinar e indissociável ao ensino, à formação de professores e à formação de pesquisadores em Ensino de Física. A escola investigada é da rede pública e atende Ensino Fundamental, Ensino Médio e Educação de Jovens e Adultos, funcionando nos turnos manhã, tarde e noite.

A escola tem uma estrutura composta por: 16 salas de aulas; três laboratórios (um de ciências; um de matemática e um de informática); uma biblioteca; uma sala de artes; uma sala de atendimento especializado; uma sala de descanso para alunos de tempo integral; duas salas de direção; uma sala de orientação; uma sala de supervisão; uma sala dos professores; uma sala de reuniões; uma secretaria; uma quadra de futsal; duas quadras de vôlei; uma quadra de basquete e um salão de atos.

Durante nossa permanência na escola, dentre todos esses ambientes, as quadras esportivas e o pátio pareciam ser os mais atrativos para os alunos. Notamos também que a biblioteca não estava em pleno funcionamento e não se mostrava como um espaço atrativo para os alunos. Nos laboratórios de Ciências e Matemática, auxiliamos em parceria com um grupo de graduandos com monitorias, e houve um significativo avanço

¹³ Projeto: Adote Física na Escola e na Comunidade: a física do cotidiano e FMC articulada a HFC na escola Acessível em: <https://www1.ufrgs.br/extensao/ExtensaoPHP/relatorio.php?codacao=48124>

na prática experimental, impulsionado pela presença da Universidade. Nesse contexto, realizamos oficinas, manutenção de equipamentos e elaboração de roteiros para aulas práticas, com a participação ativa dos professores da escola da área de Ciências da Natureza (Biologia e Física) e de Matemática.

Observamos também que nos acessos à maioria desses ambientes havia cadeados e correntes separando o pátio das salas de aula, além de um parquinho destinado exclusivamente à Educação Fundamental. No corredor das salas de aula do Ensino Médio havia uma inspetora que servia como recurso complementar aos toques dos sinais da escola, indagava e direcionava os alunos para dentro da sala nos horários de aula; abria e fechava as portas das salas a cada início de aula, e durante o intervalo e final das aulas. A cena se repetia todos os dias.

6.3 O Público-alvo: a escolha das turmas

O público-alvo desta investigação foram alunos do Ensino Médio. As turmas escolhidas para a realização da escuta foram selecionadas com base nos horários e disponibilidades oferecidas pela escola e pelos professores de Física. Embora estivéssemos dispostas a ouvir o maior número possível de alunos, nos deparamos com mudanças constantes nos horários das aulas, alterações ou falta de professores, atividades externas etc. Isso nos permitiu escutar apenas: uma turma do 2º ano do EM, que chamaremos aqui de Turma C; duas turmas do 3º ano do EM, denominadas por nós de Turma A e Turma B, todas do turno matutino.

A escola enfrentava desafios relacionados à infrequência escolar, evasão e desistências. Diversos fatores influenciaram a quantidade de alunos presentes em todas as escutas: fatores climáticos como chuva ou frio intensos (alguns não tinham agasalhos adequados para o inverno), o horário das disciplinas (se as aulas de Física ocorriam no primeiro horário da manhã, ocorriam escolhas individuais sobre comparecer ou não às aulas); necessidade de trocar a escola em função do trabalho ou estágio (alguns alunos precisavam contribuir para a renda e alimentação da família), e falta de disposição e motivação para frequentar as aulas. Em consequência desse contexto, a média de participantes variava a cada encontro. No final do Estudo I tivemos uma média de 24 alunos, com idades entre 17 e 19 anos.

Os encontros eram programados semanalmente e, normalmente, ocupavam apenas uma hora-aula. Contudo, como já dito, devido à frequente falta de professores, houve semanas em que nossos encontros se estenderam por duas horas-aula. Isto era facilitado porque a pesquisadora habitava a escola todos os dias no período matutino, e aproveitava todos os horários livres para entrar em sala, observar, fazer escutas, ou apenas frequentar os corredores e sala de professores para entender a rotina da escola.

A Turma C – 2º ano do EM – participou no ano de 2022 de alguns encontros (out/2022 a dez/2022) e nesses momentos [de escuta] seguimos uma abordagem semelhante à empregada em grupos focais¹⁴. Porém, não aplicamos exatamente todos os quesitos de um grupo focal, por isso preferimos denominar de *rodas de conversas*. A razão pela qual nem todos da Turma C continuaram no ano seguinte, em 2023, foi que alguns alunos reprovaram, ou passaram para o período noturno por necessidades de trabalho, ou abandonaram os estudos. Portanto, não todos progrediram para o 3º ano do EM, sendo que aqueles que permaneceram no matutino foram distribuídos em duas novas turmas (Turma A e Turma B), junto com novos colegas.

No entanto, devido às falas contundentes, apresentamos na sequência algumas descrições dessas rodas de conversas e recortes dos depoimentos feitos pelos alunos, a fim de contextualizar o espaço de investigação e o funcionamento da escola.

Para as Turmas A e B, em 2023, tomamos o cuidado de modificar algumas perguntas ou questionamentos iniciais que haviam movido as rodas de conversas realizadas com a Turma C, em 2022. O objetivo foi o de evitar redundâncias, e ou repetições, para os alunos que já haviam participado. As atividades nas Turmas A e B seguiram um planejamento similar, em 2023, por isso, apresentamos os resultados conjuntamente.

É importante ressaltar que, de acordo com o combinado com os alunos, preservamos rigorosamente sua anonimidade. A cada encontro, antes de compartilharem suas opiniões, os alunos se identificavam por meio de números. Por exemplo, um aluno poderia dizer “Eu sou o número 2” e, ao longo daquele encontro, manteria essa identificação. Então, caso o mesmo aluno participasse do próximo encontro, ele poderia manter ou escolher outro número, garantindo a continuidade do anonimato conforme acordado. Dessa forma, os extratos das falas dos alunos vêm acompanhada de um número

¹⁴ Grupo focal é uma técnica de pesquisa qualitativa que utiliza entrevistas grupais para a coleta informações; as interações nos grupos baseiam-se em temas (ou questões) propostos pelo moderador, que organiza as falas e garante que todos possam expor seus pontos de vista. (Gatti, 2005)

e uma letra, por exemplo, 1A, 3B, 5C, onde o número foi a escolha para participação daquele encontro e as letras (A, B, C) identificam a turma que ao qual o aluno pertence (Turma A, Turma B e Turma C).

No entanto, é importante destacar que escolhemos atribuir o nome de "Geodésia" para uma aluna participante, em função tanto de seu desempenho acadêmico diferenciado quanto do apoio familiar que se mostrou associado ao seu progresso acelerado no Ensino Médio. Geodésia, sendo a ciência que estuda a forma, o tamanho e o campo gravitacional da Terra, simboliza a precisão, a busca por conhecimento e o mapeamento de novos territórios. Esses atributos ressoavam com a trajetória dessa aluna, que não apenas se destacava dos demais, mas demonstrava uma capacidade de avançar rapidamente em seu aprendizado, tendo sido acelerada pela escola do meio do 2º ano para o 3º ano do EM, conseguindo acompanhar o conteúdo com excelência. Além disso, seu nome simboliza a influência positiva de sua família, que constantemente a apoiava, se fazendo presente em reuniões, feiras de ciências e eventos escolares diversos. Assim como a geodésia busca entender e mapear a Terra de maneira detalhada, essa aluna navegava com precisão e dedicação pelo campo do conhecimento, especialmente no módulo de Teoria da Relatividade que trabalhamos com a turma. A escolha do nome "Geodésia" é, portanto, uma homenagem à sua jornada acadêmica.

As formas de coleta do material nas escutas foram: gravações das falas no celular da pesquisadora, notas no diário de campo e observações. Tudo foi transcrito, organizado e analisado através da metodologia da análise de conteúdo (Bardin, 2011) e com ajuda do *software* Nvivo 14. Na análise, fizemos uso de muitos extratos de falas em que preservamos o uso da linguagem informal (por exemplo, mantivemos gírias e expressões regionais), de forma que não fizemos nenhum tipo de correção gramatical.

Passamos a descrever as experiências vividas com a Turma C e, em seguida, com as Turmas A e B.

6.4 Turma C: primeiro contato

A primeira visita à sala de aula da Turma C ocorreu em out/2022, com o professor de Física nos apresentando à turma (do 2º ano do Ensino Médio). Nesse dia, o professor

nos cedeu o período para que pudéssemos ter um primeiro contato e nos apresentar à turma, bem como ao projeto de pesquisa.

Os alunos estavam dispersos, sentados sobre as mesas, usavam o celular, e outros pareciam sonolentos. Estavam presentes dez alunos, sendo nove meninos e uma menina. Ao indagá-los sobre o porquê de tão pouca presença, eles falaram que era algo normal, que mesmo havendo 20 matriculados, frequentemente só iam à escola em torno de metade, ou até menos. Explicaram que nesse dia, especificamente, a turma seria liberada mais cedo, pois haveria reunião do corpo docente. Sabedores disso com antecedência, isso já era motivo para se ausentarem da escola. Alguns consideraram que o número de presentes era bom, dado que seriam liberados mais cedo do que o habitual.

Observamos que a cada semana, embora o número de presentes se mantivesse, havia sempre um ou dois alunos novos, de forma que os estudantes se alternavam e, até o final dos encontros, dez/2022, conseguimos interagir com 14 alunos dessa turma. Tivemos nesse primeiro encontro uma conversa bastante informal a fim de estabelecer uma conexão e ir construindo um laço de confiança. Esclarecemos que na apresentação individual poderiam falar sobre o local onde moravam, qual meio de transporte usavam para irem à escola, o que mais gostavam de fazer. Dissemos que não haveria imposição de nada e que estávamos ali para ouvi-los.

Os alunos se mostraram confortáveis e começaram a expor gostos pessoais, dificuldades, problemas sociais etc. Nesse primeiro momento, foi possível perceber que os alunos sentiam grande necessidade de falar, estavam sedentos para que alguém os escutassem. O encontro de 50 minutos pareceu insuficiente para escutar tantas vivências e histórias, dentro e fora da escola.

A partir desse dia, passamos a ter encontros semanais. Utilizamos os horários das aulas da disciplina de Educação Física, já que a escola estava, à época, sem professor desse componente curricular. Assim, acertamos os horários de nossos encontros futuros, deixamos claras nossas intenções como pesquisadora, e distribuímos os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A), para que assinassem e/ou colhessem a assinatura dos pais ou responsáveis.

É importante destacar que durante todas as interações, a Turma C demonstrou afetuosidade e uma vontade notável de expressar ideias, anseios, desejos e pensamentos que aparentemente estavam adormecidos. As vivências e histórias compartilhadas nesses encontros foram registradas no diário de campo, e essas observações estão descritas com algumas interpretações nossas, nas seções seguintes.

6.5 Turma C: escutas, análises, vivências e histórias no processo de educacional

A interação social que ocorre dentro (e fora) do ambiente escolar configura-se por uma pluralidade de trocas, valores, saberes e exercício da cidadania. Para Sacristán (2005, p.102), esses laços refletem não apenas a complexidade das relações humanas, mas fazem parte das condições históricas em que vivemos e dos padrões culturais que compõem essa *cultura sobre a educação*, que evoluem no tempo.

A maioria dos alunos da escola investigada era carente, demonstrava enfrentar desafios financeiros, refletindo as condições da comunidade do entorno. Essa realidade financeira complexa impactava suas condições de transporte: os que moravam mais próximos faziam o percurso caminhando, enquanto outros, que residiam mais distante, utilizavam meios como skate ou ônibus para se deslocarem à escola.

Nas escutas, expressaram alguns anseios: vontade de “*terminar os estudos*” (concluir o EM) para entrar no mercado de trabalho, desejo de buscar uma profissionalização, através de curso técnico. Para Dayrell (2007), a escola vista desse ângulo, torna-se um espaço em que os alunos se sentem iguais, havendo oportunidade para falarem de si, trocarem ideias e sentimentos, permitindo, assim, acesso aos códigos culturais dominantes necessários para se disputar um espaço no mercado de trabalho, algo que parecia urgente e necessário àqueles alunos.

Os obstáculos que enfrentavam, principalmente no que se referia à realidade socioeconômica, interferiam fortemente na motivação para estudar. A falta de apoio familiar, moradias inadequadas, a falta de agasalhos e calçados adequados para os dias mais frios, a falta de comida em casa tornava difícil a concentração e a dedicação para os estudos. A necessidade de trabalhar em casa, ou no mercado de trabalho, para garantir recursos financeiros para a alimentação para si e para a família, foi frequentemente citada durante as rodas de conversa. Esses fatores, sobretudo o fome, foram mencionados pelos alunos como causas significativas para a evasão, a elevada taxa de infrequência e desistência escolar.

Olhar o espaço escolar pelo prisma do cotidiano, a partir da perspectiva dos alunos, permite compreender todas essas relações de dentro para fora, assim como identificar o que esses sujeitos carregam de fora para dentro da escola. Sacristán (2005), compreende que o espaço escolar é um elemento fundamental que ajuda no desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem. Para compreender os sentidos que circulam nesse espaço entre muros, é fundamental ter um olhar e uma escuta sensível ao

que esses *menores escolarizados* carregam. Ao considerar esta perspectiva, poderemos transcender a visão do espaço escolar como mero ambiente físico [disciplina, orientação] e passar a enxergá-lo como um espaço construído pelas experiências, vivências e valores dos alunos [acolhimento, pertencimento].

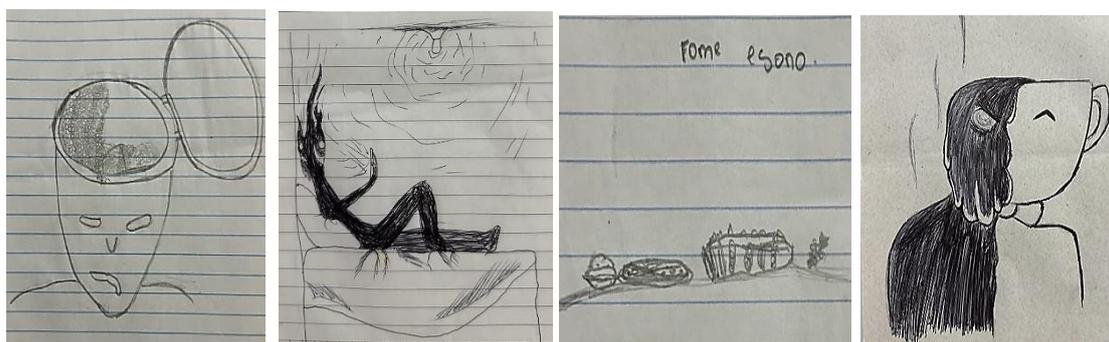
Durante uma das rodas de conversas obtivemos:

Aluno 1C: *a escola é um refúgio pra mim, principalmente agora que tem lanche.*

Aluna 4C: *tem as amigas também que nos ajuda a esquecer os problemas de casa.*

À medida que as conversas se desdobravam, observamos que mais alunos pareciam desejar contribuir, mas enfrentavam bloqueios, tinham timidez ou mesmo dificuldades para formular ideias claras. Percebendo isso, sugerimos que se expressassem através de desenhos, ou frases escritas, se isso os deixassem mais confortáveis para participar e enriquecer a discussão. Diante disso, um sorriso foi surgindo e prontamente nos apresentaram ilustrações.

Figura 11: Ilustrações e sentimentos atribuídos à escola, por alunos da Turma C (2022)



(desenho a)

Aluno 11C – ... me sinto num ambiente onde abre minha cabeça e tenho que colocar muitas coisas, muitas vezes não sou eu.

(desenho b)

Aluno 9C – ... sinto-me amarrado na cama...

(desenho c)

Aluno 6C - na escola me vejo muito cansado, com fome e sono...Acordo cedo para pegar ônibus e saio da escola direto para o shopping, trabalhar, só chego em casa perto das 11 da noite, mal consigo me alimentar e nas aulas fico com sono.

(desenho d)

Aluno 7C – ... dois mundos diferentes.

Fonte: Arquivo da Pesquisadora (2022).

A explicação do Aluno 11C (desenho a) nos remete ao que Paulo Freire (1968) defende sobre a necessidade de uma educação libertadora. O papel da educação não é o

de transmitir conhecimentos, mas fornecer condições aos alunos desenvolverem uma consciência crítica e uma compreensão mais profunda de si mesmos e do mundo ao seu redor. Na expressão “*abre minha cabeça*” interpretamos que o aluno expressa a sensação de estar exposto a diversas experiências e informações que desafiam seu entendimento prévio, podendo refletir um processo de conscientização. No entanto, no segundo momento “*muitas vezes não sou eu*”, e analisando a representação pictórica, pode ser entendida à luz da crítica freiriana ao modelo bancário de educação, em que o aluno é visto como um recipiente a ser preenchido pelo conhecimento que lhe passou, desconsiderando sua voz.

Na explicação do desenho b) (Aluno 9C) a frase surgiu quando ele tentava explicar o quão difícil era sair do quarto para a escola. Complementou dizendo que algumas vezes conseguia ver luz e sair, outras vezes sentia-se consumido por um mundo paralelo e com fome. Foi um relato emocionante, notamos uma gama de emoções que aflorava em relação à escola, incluindo resistência, momentos de motivação, e outros de sensação de não pertencer totalmente ao ambiente educacional, sentindo-se desconectado, como se estivesse vivendo em um mundo distante das suas experiências.

A fala é autoexplicativa do Aluno 6C (desenho c) sobre a realidade de enfrentamento de múltiplos desafios na sua vida cotidiana: rotina exaustiva fora da escola, cansaço, fome e sono. É de observar que o desenho (c) começa representando alimentos (lanches). Para Sacristán (2005), esse tipo de relato evidencia a interconexão entre as condições sociais, econômicas e culturais dos alunos e seu desempenho na escola. Estas narrativas destacam a importância da escuta para entender o contexto social e econômico, e reconhecer as desigualdades e desafios que os alunos enfrentam fora da escola e buscar maneiras de apoiá-los, não apenas academicamente, mas também emocionalmente e socialmente, sempre que possível.

A noção de recipiente aberto reaparece, agora em preto e branco, no desenho d) do Aluno 7C. O aluno explicou que na escola ele pode ser ele mesmo, com os amigos, mas que fora dela ele toma outra postura, daí a ideia de “dois mundos”. Essa dicotomia (claro-escuro) pode indicar que o aluno sente a necessidade de ajustar sua identidade, atitudes ou comportamento, dependendo do ambiente em que se encontra. Para Sacristán (2005), essa adequação pode ser interpretada à luz das dinâmicas sociais e culturais que permeiam a vida do *menor*; o aluno pode enfrentar pressões externas, familiares ou sociais, que o levam a modificar sua postura fora do ambiente escolar.

Esses entrelaçamentos complexos produzem uma teia de significados e sentimentos que se refletem, por exemplo, nas conversas que tivemos sobre o que seria uma “escola ideal”. As falas dos alunos foram tantas que nos permitiram construir uma nuvem de palavras, mostrada na Figura 12.

Figura 12: Nuvens de palavras sobre a percepção de uma “escola ideal” (Turma C).



Fonte: Pesquisadora (2022).

É perceptível que a expressão “mundo do trabalho” foi a mais utilizada nessas falas. Interpretamos que, para eles, a escola não está (não pode estar) dissociada do mundo do trabalho; os projetos sociais encontram justificativa na medida em que oferecem oportunidade de estabelecer uma conexão com a realidade profissional. A perspectiva dos alunos da Turma C era claramente de que a escola não é ideal, porque, muitas vezes, carece do estímulo necessário para incorporar aulas experimentais, visitas a museus, idas a parques, isto é, maior conexão do processo educacional com o mundo externo.

Isso parece implicar uma crença de que a educação deve ir além do aspecto teórico, integrando elementos práticos e experienciais, que efetivamente preparem os estudantes para os desafios do mundo laboral ainda no Ensino Médio. Isto foi endossado pela fala da Aluna 9C.

Aluna 9C: na escola ideal teria mais projetos sociais que nos coloque no mercado de trabalho. Teria mais aulas experimentais e visitaria museus...

A palavra “mercadinho” também ganhou evidência na Figura 12, pois os alunos destacaram a frequente dificuldade de tomar café em casa, antes de irem para a escola, como destaca o Aluno 5C.

Aluno 5C: a escola perfeita deveria ter um mercado que vendesse bombons, pois muitos colegas não tomam café antes de sair de casa e passa mal até o horário do lanche.

O lanche na escola só iniciava às 10h, sendo que a primeira aula do dia era às 7h40 min.

Alunas 6C: não haveria falta de professores para as disciplinas.

Aluna 3C: Pra mim teria que mudar o horário das aulas, iniciaria às 9h e terminar às 14h, seria o horário perfeito!

A Aluna 6C fez referência a outro aspecto muito importante que observamos em nossa permanência: na escola pública é frequente a falta de professores em disciplinas diversas, gerando períodos vazios, em que os alunos ficavam pelos pátios da escola, ou eram dispensados mais cedo.

Os alunos forneceram uma visão multifacetada sobre as necessidades, anseios e expectativas educacionais ao falarem da “escola ideal”, que foi um tema proposto numa roda de conversas. Demanda por um mercado interno de venda de bombons, por exemplo, evidencia preocupações com o que comer, enquanto a ênfase em projetos sociais e aulas práticas reflete uma busca por uma educação mais alinhada com o mundo do trabalho. A preocupação com a falta de professores ressalta a importância do corpo docente e a necessidade de cuidados dos sistemas de ensino com indicadores discutidos há pelo menos duas décadas nas políticas educacionais: a qualidade do ensino, e a motivação para a frequência escolar.

A preferência por horários de aula mais ajustados também apareceu. Finjmundi, Rico e Souza (2013) discutem que o estado de sonolência resulta em mudanças de humor e comportamento, o que muitas vezes se torna um grande desafio para controlar, inibir ou ajustar respostas emocionais, gerando alterações na atenção e no desempenho escolar.

Assim, essas perspectivas de escola ideal ressaltam, uma vez mais, a interseção complexa entre fatores individuais, materiais, culturais e sociais na formação das expectativas educacionais de cada sujeito.

Sensibilizada com todos esses relatos, nos encontros que se seguiram, sempre que possível, levamos pirulitos, chocolates etc. para "alegrar" as manhãs dos alunos. Era uma maneira de estreitar laços e demonstrar sensibilidade com suas condições de vida.

Além disso, pensando no desejo dos alunos por aulas experimentais, desenvolvemos junto ao nosso grupo de pesquisa e de extensão na universidade uma "Mostra de Ciências" exibida a todos os alunos do Ensino Fundamental e Médio, do matutino e vespertino. Selecionamos uma variedade de experimentos e demonstrações, alguns construídos pelo grupo (por exemplo, foguetes de garrafa pet) e outros provenientes do Laboratório de Ensino de Física da universidade. O evento se estendeu

ao longo do dia, no auditório da escola, proporcionando uma vivência repleta de reflexões científicas, distribuição de pirulitos e bombons, e muita convivência entre alunos da Universidade e da Escola. Os encantos e sorrisos das crianças e adolescentes, que eram conduzidos até o auditório turma a turma, pareciam testemunhar o surgimento de interesse, em alguns casos em seguir carreiras em Física e Astronomia, conforme expresso entusiasticamente por alguns alunos do 7º ano do Ensino Fundamental. Esse evento foi muito positivo e se tornou parte do calendário escolar no ano seguinte, em parceria com o Projeto de Extensão.

Percebemos que é possível estabelecer sinergia entre Universidade e Escola. Aprendemos que esses momentos criam oportunidades valiosas para a aprendizagem e até mesmo para despertar um olhar esperançoso para vencer as dificuldades econômico-sociais por meio da Ciência. Sacristán (2011) diz que a aula experimental, quando bem elaborada, proporciona uma abordagem prática que envolve os alunos em uma participação ativa que estimula a curiosidade, o raciocínio crítico e uma conexão com sua vivência e realidade.

6.5.1 A Escuta Para Além dos Muros da Escola

Miranda (2002) defende que é na escola que se inicia e se promove a socialização das pessoas, desde a tenra idade até a vida adulta. Contudo, acreditamos que a educação e o aprendizado não se restringem apenas ao ambiente escolar, dentro de salas de aula. Ela pode ocorrer em diversos contextos e experiências da vida dos alunos: família, parques, praças, museus, comunidade em geral. Nesse sentido, valorizar esses espaços é reconhecer que são elementos importantes no desenvolvimento integral do aluno.

Considerando essas diferentes instâncias educativas, em dez/2022, a escola fez um passeio para um parque aquático, em uma cidade próxima a Porto Alegre, em comemoração ao final do ano letivo. Enquanto pesquisadora, recebemos o convite para acompanhar as turmas. Segundo a direção, esse tipo de evento é comum na escola como forma de reconhecimento aos que conseguiram, apesar de toda a adversidade, concluir o ano letivo, com ou sem aprovação. Foram contratados dois ônibus escolares para os alunos (turmas do Ensino Fundamental, Médio e da Educação de Jovens e Adultos – EJA), dos turnos manhã, tarde e noite. O passeio estava aberto para todos, mas só alguns participaram. Na ocasião, fomos com nosso diário de campo em mãos, registramos falas,

interações, expressões e emoções manifestadas pelos alunos com seus grupos, com seus professores. Tudo virou objeto de investigação, numa tentativa de registrar e valorizar as experiências trazidas pelos alunos em ambiente fora do espaço escolar.

Durante o percurso, no ônibus, era notória a euforia dos alunos. Percebemos uma participação ativa dos alunos em ajudar os professores com lista de passageiros, organização das mochilas para que o passeio não atrasasse. Falavam de interesses pessoais, preferências musicais, escolha das roupas de banho que usariam e tinham curiosidade em conhecer um lugar novo. O momento favorecia o aflorar de subjetividades, o compartilhar de opiniões, o falar de experiências e desafios em suas relações familiares e de amizade. Pudemos escutar um aluno, como um sorriso radiante, contar a um amigo que seu pai, após cumprir pena, estava agora em liberdade. Outro que expressava alegria pela oportunidade de bronzear a pele, revelando um orgulho evidente em se identificar como negro: "*bah, vou pegar mais sol para ficar mais negão*". Eram falas em tom de brincadeira, e autenticidade no reconhecimento de sua identidade étnica. Acima de tudo, havia envolvimento profundo e entusiasmo para o passeio.

As meninas que se sentaram ao nosso lado relataram dificuldades que a pandemia da COVID-19 trouxera no desempenho escolar, uma relatou que atrasou de ano por não conseguir acompanhar as aulas por falta de recursos tecnológicos em casa, e que quando tinha não sabia manusear, nem acessar o *classroom*, por exemplo.

Outra aluna se sentiu à vontade para compartilhar momentos dolorosos que enfrentara quando era mais jovem, abordando agressões (físicas e psicológicas) vivenciadas, ou ainda presentes, em seu ambiente doméstico. Cada palavra, detalhe, expressão facial, tudo era tão impactante e complexo que demandou muitas horas de escuta das transcrições, e de reflexão cuidadosa e sensível, diante do que fora compartilhado. Naquele momento de escuta fechamos o diário de campo, em conformidade com a ética de pesquisa, e lançamos um olhar humano e compreensivo sobre a situação. Tivemos consciência do impacto e da experiência traumática vivida por aquela aluna. Sem julgamentos, apenas escutamos. Mais tarde essa revelação demandou as providências cabíveis (junto à orientadora e à escola).

Guimarães Rosa escreveu no conto "O espelho"¹⁵ que "quando nada acontece, há um milagre que não estamos vendo. Fixemo-nos no concreto. O espelho, são muitos, captando-lhes as feições". No contexto escolar, podemos interpretar esse "milagre"

¹⁵ O conto "O Espelho" é o centro da obra *Primeiras Estórias*, de Guimarães Rosa. <https://arararevista.com/o-espelho-um-conto-de-joao-guimaraes-rosa/>

mesmo em momentos de aparente quietude ou ausência de eventos visíveis, o tempo todo há processos sutis e significativos que nos convidam a refletir sobre a importância de observar e valorizar mesmo o que nos pareça insignificante à primeira vista. O aprendizado no espaço escolar muitas vezes ocorre nos intervalos, nas reflexões e nas experiências menos óbvias. Essa perspectiva nos convida, ainda uma vez, a uma apreciação mais profunda e atenta do processo educacional: muitas vezes vivências, dores, angústias, sofrimentos passam despercebidos, invisíveis, diante da efervescência do cotidiano (Pais, 1986).

A escuta durante o trajeto do passeio criou uma conexão pessoal que permaneceu até a chegada ao destino. No parque aquático, os grupinhos formados se divertiam da melhor maneira: indo para os banhos de chuveiros, de piscinas, capturando fotos do espaço, ou brincando nos brinquedos coletivos. Conversas sobre o “continuar os estudos” foram comuns nos grupos diversos; ouvimos alunos da Turma C falando que não cursariam o 3º ano do EM, pois trabalhar e ajudar em casa era uma prioridade e uma escolha mais vantajosa. Outros falavam do quanto a relação professor-aluno interferia no “gostar da disciplina” – *“bah, a sora de português é trilegal me esforço para não a decepcionar”*. Além disso, foi comum escutar sobre o desejo de *“sair de casa e construir uma família com seu parceiro(a)”*.

Conforme destacado por Abramo (2005), é comum observar que os jovens têm a disposição de formar de maneira espontânea grupos de pares. Esses grupos desempenham um papel importante no processo que visa conquistar independência e diferenciar-se da família de origem, representando uma busca ativa por autonomia e a construção de uma identidade própria, conquista de independência e no estabelecimento de laços solidários. Logo, as amizades emergem como elementos essenciais para esse desenvolvimento.

No final do dia, a euforia da manhã deu espaço ao sono e cansaço. Ao retornarmos à escola, todos, antes de desembarcarem, se despediram com um abraço nas professoras. Interpretamos como uma forma de comunicação não verbal, bem como o brilho no olhar, que era uma forma de dizer muito obrigada às professoras, ressaltando que a aprendizagem vai muito além da sala de aula. Existe uma gama de saberes fora dos muros da escola.

Os encontros com a Turma C, como dito, foram poucos, mas bastante proveitosos, colhemos falas muito contundentes.

Passamos a detalhar os encontros com as turmas A e B, e os achados que tivemos ao longo do ano letivo de 2023.

6.6 Retorno à Escola: escuta a alunos das Turma A e Turma B

No ano de 2023 permanecemos na escola e realizamos durante alguns meses escutas junto a duas turmas do 3º ano do EM (Turma A e Turma B).

No contato com as turmas fizemos também uma apresentação da pesquisadora e do projeto de pesquisa, com o propósito de estabelecer uma interação mais próxima e comunicar de forma transparente nossos objetivos na jornada que teríamos juntos, assim como garantir o princípio de anonimato e de confidencialidade dos dados, de sua participação voluntária, e solicitar assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido aos alunos maiores de 18 anos, e enviar aos pais ou responsáveis daqueles com menos de 18 anos.

As rodas de conversas e eventuais entrevistas foram gravadas em áudio no aparelho celular da pesquisadora e, posteriormente, transcritas. O caderno de campo também foi usado para registrar observações e interações em momentos fora da sala de aula, no pátio, nos corredores da escola.

Os encontros eram de uma hora-aula, de 50 minutos. Ocupamos originalmente o período destinado à disciplina de Sociologia, que, naquele momento, enfrentava falta de professor. A dinâmica das rodas de conversa seguiu idêntica àquela que moveu a Turma C, contudo mudamos os temas.

No primeiro encontro o tema foi guiado pelo texto "Comunidade e Sociedade"¹⁶, que integra planos de aula da disciplina de Projeto de Vida das escolas profissionalizantes do Estado do Ceará, onde a pesquisadora trabalhou. Os alunos foram convidados a expressar suas opiniões sobre o assunto. Tivemos a intenção de proporcionar um ambiente aberto para que compartilhassem suas ideias, compreensões, eventuais anseios, julgamentos e percepções em relação ao ambiente ao seu redor.

Após a leitura e discussão coletiva do texto, exploramos as principais distinções conceituais entre comunidade e sociedade. O texto enfatizava que uma comunidade é formada por laços afetivos e de identificação, enquanto a sociedade é regida por acordos, leis e regras. Em um trecho o texto dizia “comunidade e sociedade são os grupos sociais

¹⁶ Fonte: Artigo adaptado do texto Comunidade e Sociedade, do portal Mundo Educação. Disponível em <http://www.mundoeducacao.com.br/sociologia/comunidade-sociedade.htm>. É importante informar que a doutoranda nasceu no Ceará e lecionou em algumas escolas públicas desse Estado.

mais comuns. Sabemos que ninguém consegue viver sozinho e que todas as pessoas precisam umas das outras para viver...”.

Na Turma B, a leitura foi interrompida, pois de imediato houve manifestações.

Aluno 2B: *não concordo!*

Aluna 3B: *... claro que depende, a gente nasce dependendo de alguém e morre dependendo de alguém... pra enterrar precisa de alguém para levar o caixão”*

A fala da Aluna 3B pareceu convencer todos, inclusive o Aluno 2B, que acabou dizendo “... *ah, mas eu pensei que era tipo não familiar”*. Houve consenso de que a interdependência entre os seres humanos é fundamental, ela funda as dinâmicas sociais, econômicas, emocionais e de sobrevivência. Imbuídos nesta discussão, de maneira unânime, identificaram a sala de aula como uma comunidade, ressaltando a igualdade entre eles [isto é, todos ali eram alunos].

Esse encontro terminou com empolgação. Os alunos revelaram um grande interesse em algo novo e peculiar: a valorização da escuta de suas opiniões e visões enquanto alunos. As conversas perpassaram o tempo e o espaço da sala de aula, se estendendo para o intervalo, onde continuamos a *roda de conversa* sentados no chão, na quadra de esportes da escola, à sombra das árvores no pátio.

Em todos em esses ambientes, principalmente na parte externa da sala de aula, os registros foram feitos no diário de campo na tentativa de capturar ao máximo as expressões e interações.

A partir dessa, as *rodas de conversas* passaram a engajar os alunos em aspectos mais pontuais: “o que é ser aluno na visão de vocês?”, “como pensam que a escola os percebem e os identificam?”, por exemplo. Paralelamente, no âmbito da Ciência/Física, buscamos compreender como os alunos, na condição de sujeitos da escolarização, interpretam a Física, especialmente a Física Moderna.

Assim, todas as rodas de conversa subsequentes, que se estenderam durante o primeiro semestre de 2023, visaram capturar a perspectiva subjetiva dos alunos, através de escuta atenta sobre/durante o processo educativo.

Todo o material foi transcrito, e posteriormente interpretado e analisado cruzando dados provenientes das observações, anotações e extratos de falas dos participantes das *rodas de conversa*, por meio da AC (Bardin, 2011), com ajuda do Nvivo14, como dito anteriormente.

Construímos categorias dentro das três dimensões exploradas nas rodas de conversas, com o fim de responder à questão de pesquisa: *O que dizem e pensam os*

estudantes - o aluno na acepção de Sacristán (2005) - sobre o processo de educação, em particular de educação científica? O que significa para eles ser aluno, estar na escola, ser objeto da escolarização?

O Quadro 7 mostra essas três dimensões, as categorias e os índices construídos a partir das unidades de registros feitos na análise de conteúdo.

Quadro 7: Categorias criadas a partir da escuta aos alunos das Turma A e B

Dimensões	Índice Construído	Categorias
1) Aluno enquanto sujeito	O foco foi nas falas que discutem a identidade e as percepções do próprio eu dos alunos.	<i>Ser Aluno</i>
		<i>Bom Aluno e Mau Aluno</i>
		<i>Ser Aluno e Ser Jovem</i>
		<i>A escola me vê assim</i>
2) Aluno e Escola	Os alunos compartilham suas experiências quanto ao sentimento de pertencimento à comunidade escolar, bem como suas idealizações sobre uma escola ideal e as relações interpessoais e sociais que exercem influência sobre o desempenho escolar.	<i>Pertencimento</i>
		<i>Percepção dos alunos de uma Escola Ideal</i>
		<i>Influências socioeconômicas e a permanência na escola</i>
3) Aluno e Ciência	Mostra a relação que os alunos têm com a Ciência, especialmente a Física, e seus possíveis interesses por tópicos de Física Moderna, assim como as projeções de crescimento por meio da Ciência.	<i>Física dissociada da Ciência</i>

Fonte: Pesquisadora (2024).

Nas seções subsequentes explanamos essas categorias, as sustentando com falas dos alunos e acrescentando nossas interpretações e reflexões. É importante ressaltar que, como combinado com os alunos, preservamos sua anonimidade. Assim, os alunos são identificados por meio de números seguidos da letra A ou B, que designam as turmas (como feito com a Turma C). Os próprios alunos se apresentavam (“Eu sou o número 2”) e essa identificação foi mantida. Contudo, caso o mesmo aluno participasse do próximo encontro, ele poderia escolher outro número.

Ressaltamos mais uma vez que o nosso foco esteve no aluno, como um indivíduo ativo, que constrói sua própria narrativa educacional, desenvolvendo uma compreensão única de sua jornada de aprendizado. De acordo com Sacristán (2005), essa construção identitária ocorre em diálogo constante com sua identidade como *menor*, o que impacta não apenas o seu amadurecimento individual, mas também as dinâmicas sociais nas quais está inserido.

Nas seções seguintes, as categorias de cada dimensão são discutidas e exploradas visando compreender a perspectiva do aluno, seu papel no ambiente escolar e seu desenvolvimento como um indivíduo em formação.

6.6.1 Dimensão 1 – Categoria “Ser Aluno”

Na dimensão 1 emergiram as categorias: *Ser aluno*; *Bons ou maus alunos*; *Ser Aluno e Ser Jovem* e *A escola me vê assim*. Nesta seção exploramos a categoria *Ser Aluno*.

Sacristán (2005) argumenta que “ser aluno” é uma maneira de interagir com o mundo dos adultos, seja em casa, na escola ou na sociedade, mas sempre dentro de uma ordem governada por padrões específicos, por intermédio dos quais os adultos exercem sua autoridade com legitimidade. Para o autor, a categoria *aluno* emerge da criação de espaços organizados pelos adultos, começando nas famílias e, posteriormente, seja por escolha ou imposição, as crianças são inseridas na sociedade adulta através da escola, onde o professor muitas vezes assume a missão de educar, ensinar e proteger o *menor*.

Na *roda de conversa* quando os alunos foram perguntados sobre “o que é ser aluno?” obtivemos um elenco de respostas que destacam a relação com a escola como uma instituição, seu conjunto de normas e a percepção dos adultos como figuras de autoridade. Isso se alinha com a ideia de Sacristán (2005) de que os adultos se sentem responsáveis por educar e disciplinar os *menores*, sendo os “guardiões do menor”. O Quadro 8 reúne extratos e as principais percepções dos alunos das Turmas A e B sobre essa questão.

Quadro 8: Extratos de falas dos alunos sobre “o que é ser aluno”

O que é ser aluno?
Aluno 4A: <i>Pra mim, ser aluno é tipo todo esse sistema de escola sabe? Sistema de regras um pouco mais rígidas e uma obrigação também, tipo... não sei...uma obrigação que é óbvio que é boa pra uma preparação acadêmica bem rígida com muitos requisitos..., mas, tem lado bons e ruins.</i>
Aluno 9B: <i>Pra mim, ser aluno é vir todos os dias pra cá, fazer o que tem que fazer e depois ir embora, é isso. É respeitar os professores....</i>

Aluno 10B: *Acho que ser aluno é ter a obrigação de aluno. Somos alunos mesmo... é ter obrigação de estudar, né, respeitar as pessoas né, fazer tudo o que tem que fazer.*

Aluna 10A: *Ser aluno é aprender, tipo, estudar sempre ... ser ensinado por alguém superior a nós.*

Aluno 5B: *Eu acho que ser aluno é ser aprendiz e estar sempre buscando conhecimentos.*

Aluna 8B: *[...] eu acho que é buscar sempre aprender as coisas, participar de tudo no ambiente escolar e até lá fora também.*

Aluno 4B: *Eu acho que ser aluno é uma forma de adquirir conhecimento de diversas formas e abrir nosso cérebro, porque, tipo assim... se a gente não fosse para escola desde o 1º ano, eu acho que a gente não teria o pensamento que a gente tem hoje.*

Geodésia: *Para mim, o ato de ser aluna ultrapassa qualquer definição, espaço físico e instituição. Ser aluna é uma atividade diária, é um hábito, que, assim como qualquer um, precisa de disciplina, dedicação e propósito. Acho muito legal que absolutamente todas as pessoas do mundo são alunas, independentemente da idade, origem e grau de formação. O aluno, portanto, é aquele que busca conhecimento, e as fontes são inúmeras.*

(grifo nosso).

Fonte: Pesquisadora (2024).

Inúmeras dessas falas se alinhavam à percepção do “ser aluno” da Aluna 10A, que dialoga com a visão de Sacristán (2005), ao considerar que ser *aluno* e estar na escola representa uma forma de se relacionar com o mundo dos adultos: seja em casa, na escola ou sociedade, sempre há uma ordem governada por padrões específicos, por intermédio dos quais os adultos exercem sua autoridade com legitimidade. O estudo do *sujeito-aluno* foi fragmentado em disciplinas científicas (Antropologia, Psicologia, Sociologia, Medicina) que o desmembraram da sua condição social, cultural, escolar, pois o discurso pedagógico-científico mascara a influência das condições sociais no seu desenvolvimento e no tipo de respostas que ele dá às exigências escolares.

Para Sacristán (2005), a escola é um espaço onde as regras, os valores e comportamentos esperados estão inerentes a essa categoria [ser menor, ser aluno], que visa a formação de uma nova identidade desse menor, uma identidade que possa ser reconhecida socialmente [tornar-se adulto]. O que se pode extrair, então, é que “ser aluno”

tem um papel social menor, somente transitório para que o sujeito adquira sua identidade de adulto, esta sim respeitada socialmente.

Interpretamos que as falas de nossos alunos apontam que eles percebem uma obrigação de “fazer tudo o que tem que fazer” por ser aluno, mas, de outro lado, embora reconheçam que essa obrigação é benéfica para uma preparação acadêmica, mencionam que há aspectos negativos associados à experiência de ser aluno. Por exemplo, o Aluno 4A destaca a percepção de que ser aluno envolve um sistema de regras rígidas e uma obrigação de preparação acadêmica, o que se assemelha à visão de Perrenoud (1995, p. 61-62) sobre a constituição do aluno como alguém que adquire saberes, valores, hábitos e atitudes ao longo de sua trajetória escolar, assimilando e se adequando ao instituído. Já o Aluno 9B enfatiza a ideia de que ser aluno é “vir todos os dias para a escola, fazer o que tem que fazer e depois ir embora”, o que pode ser relacionado à concepção de que o aluno se vê como um sujeito passivo e receptivo, sem vontade e opinião próprias, conforme destacado em Dayrell (2001). Por fim, o Aluno 10B destaca a obrigação de “estudar ...respeitar as pessoas”, o que se assemelha à visão de Faria Filho (1998) sobre a formação do trabalhador-cidadão, apto ao trabalho capitalista e à vida pública.

Essas falas também se alinham ao exposto por Castro *et al.* (2018, p. 166) de que “tornar-se estudante é um processo construído tanto pela adequação às normas da escola, quanto pela execução de tarefas”, tarefas inerentes a esse espaço. Na visão da Aluna 10A “*ser aluno é aprender, tipo, estudar sempre ... ser ensinado por alguém superior a nós* (grifo nosso). Nesse caso, a fala sugere que idade passa a ser um critério organizador da vida coletiva, como pontua Sacristán, que marca a dependência dos “menores” em relação aos adultos, isto é, o mundo dos “menores” é construído sempre em referência e em oposição ao mundo dos adultos.

Falas como “respeitar os professores”, “ter obrigação” foram comuns. Pareceram sugerir que “ser aluno” implica participar de um sistema educacional que é complexo, moldado por regras e crenças e que, historicamente, ele [aluno]carece de conhecimentos e habilidades na construção da autonomia do seu aprendizado, dentro e fora da escola (Inforsato, 2011).

Vários participantes [Aluno 5B, Aluno 3A, Aluna 8A, Aluna 12A e Aluno 4B] expressaram que ser aluno é ser/estar na posição de aprendiz, é buscar novos conhecimentos, em campos diferentes. Tomamos essas falas como convergentes à ideia central de Sacristán (2005), de que “aluno” é uma construção social, e que “ser aluno” implica em ser um aprendiz constante [Aluno 3A]; “ser aluno” vai além de meramente

frequentar a escola, pois é participar de uma jornada contínua de aprendizado, e ter consciência dessa autorresponsabilidade [com o aprendizado e de que o ambiente escolar amplia tanto essa consciência quanto os seus conhecimentos.

Essa perspectiva de autorresponsabilidade pelo próprio aprendizado pode/parece implicar um desejo de não apenas receber conhecimento passivamente, mas ter que ir em busca de informações, como expressa fala de uma aluna.

Aluna 5A: Eu acredito que a diferença de aluno e estudante é que aluno talvez vá ter alguém te ensinando e estudante/aprendiz já é uma coisa mais tua. Eu me denominaria de aprendiz.

A aluna pontua uma diferença entre “ser aluno” e ser estudante: um aluno para estar envolvido no processo tem que ter outra pessoa, que o está ensinando; enquanto um estudante ou aprendiz parece ter o sentido de assumir uma coparticipação e responsabilidade pelo seu próprio aprendizado. Daí que sua escolha, de se identificar como “aprendiz”, pode estar associada à noção de aprendizado com maior autonomia, possivelmente o reconhecimento de que o processo educacional se estende para além das paredes da sala de aula.

Para Sacristán (2005, p. 125) aprendiz é aquele que aprende; estudante é aquele que estuda. Contudo, ele assume que ser aluno/aprendiz/estudante, do ponto de vista do papel social, são sinônimos, pois todas estes conceitos supõem a aplicação, no âmbito escolar, de regras, comportamentos, valores e princípios que foram criados pelos adultos. Trata-se de uma condição reconhecida socialmente, e de forma naturalizada.

Outro pensador, Certeau (1994), discute que essas recomendações e instruções relacionadas aos indivíduos [dominantes] não são narrativas ou ordens desprovidas de influências, pois sua voz não existe de maneira “pura”; ao contrário, sempre carrega intenções e interesses. Para ele, a escola desempenha e determina um papel central na sociedade moderna: ao inscrever o sujeito na construção desse corpo, marcado por esses interesses, transmuta-se de um corpo individual para um corpo social. Embora isto não implique que a escola tenha o poder de determinar completamente os papéis sociais e as formas como os sujeitos se relacionam, sua autoridade em validar a educação e os conhecimentos adquiridos, coloca-lhe um papel relevante na arte de moldar os sujeitos, neste caso, os alunos.

As diferentes percepções dos alunos sobre o que é “ser aluno” evidenciam a complexidade e a importância de compreender essa categoria tanto na formação docente como na prática educativa, a fim de promover uma visão mais ativa e transformadora do

sujeito. As ideias de Sacristán (2005), juntamente com a de outros autores, nos fazem refletir sobre a construção da identidade de “ser aluno”, pois ele argumenta que não se trata apenas de um papel acadêmico, mas da validação de um modelo naturalizado, pelos adultos extensivo aos alunos, e que transcende os próprios limites da escola.

Passamos a explicar as percepções dos alunos investigados sobre a categoria “bom e mau aluno”. Antecipamos que suas falas trazem à tona uma série de concepções arraigadas na cultura educacional brasileira, quiçá global.

6.6.1.1 Dimensão 1 - Categoria “Bom Aluno e mau Aluno”

Durante uma *roda de conversas* vieram à tona falas que deram origem à categoria “bom e mau aluno”. Os alunos expressaram que ser “bom aluno” está relacionado ao cumprimento das obrigações e tarefas, ter frequência e respeito aos professores e colegas; e ser “mau aluno” relaciona-se à indisciplina, ao desrespeito para com professores e colegas. Um compilado dessas falas é apresentado no Quadro 9.

Quadro 9: Percepção dos alunos do que é ser “bom aluno e mau aluno”.

Bom aluno	Mau aluno
Aluna 11A: <i>Ser bom aluno é não faltar nenhum dia, participar de todas as disciplinas e tirar sempre notas boas</i>	Aluna 12A: <i>Eu defino que ser mau aluno é chegar na aula e não fazer nada, tu só tá ali, não participa da aula, não copia e ainda desrespeita o professor.</i>
Aluna 15A: <i>Para ser bom aluno não precisa tirar notas boas, tipo tem que tirar sempre 10, mas sempre pelo menos correr atrás dos objetivos e respeitar o próximo, que seria os professores e os colegas.</i>	Aluno 9A: <i>Eu acredito que o mau aluno é aquele que tipo, ele vem pra aula, mas não vem prestar atenção no conteúdo, mas para atrapalhar os alunos que estão querendo aprender e os professores que estão querendo dar aula.</i>
Aluno 1B: <i>Ser bom aluno tem que fazer tudo que os professores mandam e respeitar os colegas.</i>	Aluna 19 B: <i>Ser mau aluno é tu não ligar pra nada, tá nem ai com as obrigações e falta à escola.</i>
Aluno 7B: <i>Ser bom aluno é participar de tudo e tirar sempre boas notas.</i>	Aluno7B: <i>mau aluno é não dá bola pra o colégio, é indisciplinado, só vem pra brincar, brigar... eu sou mediano, mas mais para o bom.</i>
Geodésia ^a <i>Geodésia: Primeiramente, gostaria de ressaltar que o nível qualitativo de um aluno independe da sua nota. Atualmente, há muitos estudos e escolas que vêm recalculando o método de avaliação do</i>	Geodésia: <i>No meu ponto de vista, um mau aluno é aquele que só estuda para tirar uma nota boa e agradar às autoridades (neste caso, os professores), porque a sua motivação é extremamente superficial e não</i>

<p><i>desempenho do estudante. Será mesmo que uma nota reflete, com 100% de eficácia, o intelecto de alguém? O ser humano é muito complexo, e é por isso que há diversas formas de avaliar o conhecimento obtido deste. Além disso, acredito que a pressão por um desempenho excelente em provas acaba deturpando a real magia de construir e obter conhecimento e de verdadeiramente ser aluno. Eu, por exemplo, sou aluna porque é a busca pelo conhecimento que confere sentido à minha vida e ao meu esforço, não porque meu objetivo final é a nota máxima.</i></p>	<p><i>tem a ver com o seu real propósito, e sim às demandas sociais.</i></p> <p>Aluno 4A: <i>Eu já acho que nem é fato de chegar na aula, mas não respeitar o colégio desde ... a partir da porta do colégio já não respeitar. Acho que mau aluno é não respeitar a partir do momento que bota o pé dentro da escola... ou ficar difamando a escola. Isso é ser mau aluno.</i></p> <p>(grifos nosso)</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: Pesquisadora (2024).

As diversas perspectivas dos alunos sobre o que significa ser “bom aluno” ou “mau aluno” refletem a complexidade inerente ao conceito de sucesso ou insucesso acadêmico. A Aluna 15A, por exemplo, enfatiza a importância do esforço contínuo, destacando que ser um bom aluno vai além das notas máximas, e envolve a busca constante por objetivos, assim como ter respeito pelos colegas e professores, enfatizando mais um aspecto ético. Por outro lado, o Aluno 1B adota uma visão mais tradicional, de que ser bom aluno está intrinsecamente ligado à obediência às regras e demandas dos professores e ao respeito pelos colegas, ao passo que o Aluno 11A associa ao bom desempenho acadêmico, à participação ativa e à frequência a todas as disciplinas. Na mesma linha, o aluno 7B destaca a obtenção de boas notas como elemento fundamental para ser “bom aluno”, indicando uma visão mais pragmática do sucesso acadêmico. São posições diversas e que evidenciam a complexidade de elementos envolvidos no comportamento educacional.

Já a aluna Geodésia se destaca dos demais colegas por questionar a eficácia das notas e do processo avaliativo tradicional, como único indicador de capacidade intelectual, enfatizando a complexidade humana e argumentando que a busca pelo conhecimento é mais significativa do que a busca apenas por nota máxima. Ao focar na aprendizagem como um fim em si mesmo, em vez de um meio para alcançar uma nota, aprovação ou sucesso acadêmico, enfatiza que o aluno (cita a si mesma) pode experimentar uma recompensa mais significativa e duradoura, ao desenvolver uma apreciação pelo processo de aprendizagem contínua.

Sacristán (2005) argumenta que, por ser o aluno uma construção social, é preciso repensar a escola e a escolarização. É interessante fazer uma excursão histórica na

educação brasileira, e perceber como essa construção envolve a noção de "ser bom ou mau aluno". Trata-se de uma herança que remonta ao período colonial, quando das missões jesuíticas, que direcionavam a educação para a "obediência" e a "disciplina". Depois, durante o Império, a visão educacional manteve-se alinhada à disciplina com o objetivo primordial de formar cidadãos obedientes ao imperador. Uma noção similar foi, de certa forma, referendada pelo behaviorismo que se espalhou pelo mundo no início do século XX, entendendo a educação como a modelagem do comportamento humano. Em oposição ao behaviorismo, surgiu na segunda metade desse século, o construtivismo/cognitivismo, com figuras reconhecidas mundialmente como Jean Piaget e David Ausubel, em que a aprendizagem, especialmente a aprendizagem significativa, passou a ser o foco preponderante, e ser entendida como o resultado do próprio desenvolvimento experimentado pelo aluno (Fossile, 2010; Moreira, 2010). A partir das décadas de 1990, a educação brasileira [mas não só, segundo Laval, 2019] passou a ser influenciada por políticas neoliberais, enfatizando a meritocracia e colocando sobre as crianças e jovens a responsabilidade individual de alcançar o sucesso escolar (Ribeiro, 2021). A política pública recente, BNCC (Brasil, 2018), ao adotar a pedagogia das competências e habilidades parece trazer de volta a responsabilização do sujeito por sua própria aprendizagem¹⁷.

A noção de "mau aluno", na visão dos alunos, foi associada ao comportamento oposto: a indisciplina, o desinteresse, o desrespeito aos professores e ao próximo [Aluno 7B, Aluno 12A, Aluno 4A e Aluno 9A]. Isto tende a mostrar uma percepção dos alunos das regras sociais que se manifestam no ambiente escolar, refletindo uma visão mais tradicional, onde a obediência às instruções são chaves primordiais na educação.

Já o Aluno 20A sublinha a importância do esforço e interesse na aprendizagem, destacando que alcançar boas notas só para "agradar as autoridades" não é um caminho profícuo ao desenvolvimento e à compreensão, reforçando a necessidade de motivação e interesse contínuos.

Silva e Matos (2014) apontam que a indisciplina na sala de aula, geralmente está associada com comportamentos que violam as regras escolares e dificultam o bom desempenho da aula. Silva Neto e Carvalho (2022, p. 4) também mencionam que palavras como "conversa", "bagunça", "brincadeira" e "piada" (sem graça) foram as expressões

¹⁷ Em pesquisa realizada pelo Fórum Nacional de Educação (FNE), o coordenador do Fórum, Heleno Manoel Gome Araújo Filho, informou em entrevista recente (em 2024) que 92% dos alunos defendem a revogação no novo Ensino Médio, indicando que as reformas recentes não atendem à nossa juventude.

mais utilizadas para designar a visão dos alunos sobre indisciplina. Contudo, dizem que, do ponto de vista dos professores, indisciplina se vincula a qualquer atitude que impede a sequência da aula como: conversas paralelas, andar pela classe, recusar-se a fazer uma atividade proposta; e que o “bom aluno” respeita e proporciona certo conforto ao professor quando está explicando o conteúdo.

Entretanto, embasar a sala de aula disciplinada no silêncio, para garantir que a aula possa seguir com fluidez, é uma ideia polêmica. Antunes (2017, p. 4) não concorda. Ele defende que “se os seus alunos conversam, isto é bom. Saiba fazer dessa notável qualidade humana uma ‘ferramenta’ de ensino”. Não há como escutar o aluno se ele deve permanecer em silêncio na sala de aula.

Este é justamente o ponto que Sacristán (2005, p. 196), nos questiona: “por que os mais velhos se preocupam tanto com o conhecimento fora da sociedade e ninguém se importa com o conhecimento que os estudantes recebem dentro dela?” Sacristán aborda a relação de autoridade entre adultos e menores no contexto educacional, reconhecendo que os adultos (educadores, professores) têm uma posição de autoridade sobre os alunos, dada a sua experiência, conhecimento e papel na estrutura educacional. Como dito pela Aluna 20 A: “[...], *um mau aluno é aquele que só estuda para tirar uma nota boa e agradar às autoridades (neste caso, os professores), [...]* (grifos nossos). Esta aluna [Geodésia] critica a motivação superficial e sugere que o “mau aluno” é aquele cuja motivação é desviada das verdadeiras metas educacionais para atender às demandas sociais, ou das autoridades, em suas palavras.

No entanto, essa autoridade não deve ser exercida de maneira autoritária e impositiva. Em vez disso, Sacristán (2005) defende uma abordagem educacional que promova a autonomia dos alunos, respeite suas individualidades e reconheça seus direitos. Enfatiza também a importância de um currículo e práticas pedagógicas relevantes e centradas nos alunos, permitindo que eles se engajem no aprendizado de maneira autêntica. Estas questões parecem tão introjetadas nos alunos, que vários se autoavaliam com base nisso.

Contudo, as falas revelaram também um outro ponto muito discutido na pesquisa educacional, que é o tempo de aprendizagem.

Aluno 3A: *Ah eu me considero aluno mediano (...) mediano porque eu não aprendo no mesmo ritmo que as pessoas, acho que ninguém aprende no mesmo ritmo, mas as vezes eu sou bom, às vezes não sou tão bom quanto eu esperava.*

Aluno 3B: *Eu sou bom aluno, porque tipo assim, claro que se o professor passa a matéria hoje, eu não vou aprender no mesmo dia, mas eu acho que se esforçar um pouco, eu aprendo de uma forma bem adequada, então eu sou um bom aluno. E o mau aluno eu acho que é uma pessoa que não se esforça, não tenta, entendeu? Por mais que erre, tem que tentar, tem que ter interesse. O professor passa a questão, a matéria, **mas tipo, não é uma coisa que ele vai falar e vai entrar na sua cabeça, a gente tem que tentar...***

O tempo do professor não é o tempo do aluno. O tempo dentro da escola parece não ser o mesmo que fora dela. Larrosa (2018, p. 45-46) diz que o tempo para um professor gira em torno de 45 minutos para fazer tudo o que planejou e às vezes esse tempo parece não terminar, enquanto em outras ocasiões parece que se converte em segundos. Quando se está no começo do ano, sente-se que este tempo é eterno, que você pode “perdê-lo” fazendo outro tipo de atividade na qual se dedica o tempo para conversar com os alunos, e para abordar temas que têm a ver com os interesses dos alunos. No entanto, à medida que o ano avança, o tempo parece acelerar, se tornando escasso para cobrir todo o conteúdo. O professor começa, então, a se exigir mais e cobrar dos alunos, pois a pressão aumenta com as avaliações e recuperações levando à sensação de que o tempo está se esgotando rapidamente.

Assim, considerar uma homogeneidade no processo de ensino e aprendizagem pode levar à ideia enganosa de que uma única estratégia tem a força de atingir por igual todos os alunos de uma turma. Assumir este pressuposto é abrir caminho para a desmotivação daqueles que não conseguem compreender na primeira explicação, especialmente temas do campo da Física Moderna, considerados bastante abstratos e matematizados. Moriggi (2023) obteve que a inter-relação entre a percepção da Física como uma explicação dos fenômenos do cotidiano e as dificuldades encontradas pelos estudantes em relação à Matemática evidencia a necessidade de abordagens pedagógicas voltadas à compreensão integrada das ciências, incentivando uma aprendizagem mais profunda e contextualizada dos princípios científicos.

Assumimos a relevância de considerar que os alunos não compartilham o mesmo capital cultural ao entrarem na sala de aula, utilizando aqui um conceito cunhado por Bourdieu (Nogueira; Nogueira, 2017), pois não tiveram acesso aos mesmos recursos educacionais, trazem experiências diversas e, acima de tudo, carregam consigo diferentes fatores culturais e sociais. Nossas escutas apontam que o aluno consegue se perceber como autorresponsável pela sua aprendizagem, entende que é um agente ativo no processo da escolarização. Porém, educação para a cidadania não pressupõe apenas que

o aluno saiba como resolver uma questão, um exercício, aplicar uma fórmula, mas que seja capaz de desenvolver, sobretudo, o pensamento crítico, a busca colaborativa de soluções a problemas contextuais, entre outros aspectos.

Fernández (2011) argumenta que o indivíduo, durante seu processo de escolarização, é moldado através da interação com o professor. Ele ressalta a importância não apenas de assimilar conhecimento, mas destaca a necessidade de interação com colegas e professores, a compreensão do mundo e a transposição do conhecimento adquirido. Em consonância, Dayrell (1996) critica a limitação do conhecimento escolar aos programas e conteúdo dos livros didáticos, apontando que isso resulta na passividade e docilidade do aluno. O autor destaca ainda que tal abordagem não incentiva a integração das experiências dos alunos ao conhecimento escolar, contribuindo para a desarticulação entre o aprendizado formal e a vida dos estudantes.

Para encerrar esta categoria, obtivemos através da escuta que os alunos pesquisados não trouxeram conceitos novos no que respeita a ser “bom e mau aluno”, em relação ao que já foi levantado na literatura. Ainda assim, é notável que, mesmo sendo uma escola carente, há alunos reflexivos sobre os objetivos da educação [não se limita a obter notas máximas] e, especialmente, críticos aos métodos tradicionais da avaliação escolar. Isto se alinha com pesquisas recentes que apontam a debilidade de um ensino focado exclusivamente em resultados quantitativos de avaliações, como provas e testes (Dantas; Massoni, 2022), o que reduz a escola a um único objetivo – a progressão escolar –, este atrelado à obtenção de melhores indicadores [tipicamente o IDEB] escolares.

Na seção subsequente exploramos os sentidos que permeiam a categoria *Ser Aluno e Ser Jovem*, duas facetas da identidade estudantil que entrelaçam suas experiências no contexto educacional.

6.6.1.2 Dimensão 1 – Categoria “Ser Aluno e Ser Jovem”

Os conceitos de adolescência e juventude são construções sociais, históricas, culturais e relacionais que, ao longo das diferentes épocas, adquiriram significados e delimitações distintas. Sacristán (2005) diz que a infância, o “menor” é moldado pelos costumes, valores e interações, familiar e escolar, sempre resguardando a noção de

proteção e guiada por um adulto. O fluxo da vida perpassa várias fases até alcançarmos a idade adulta. Dayrell e Carrano (2014, p. 109) trazem que é difícil definir o momento que se chega à adolescência e à juventude, pois depende da perspectiva de quem olha e interpreta. A psicologia, por exemplo, tende a empregar a noção de adolescência para analisar o sujeito individual e seus processos de transformação; as Ciências Sociais, de modo particular a Sociologia e a Antropologia, têm a tendência de utilizar a noção de juventude ao abarcar as relações sociais entre sujeitos nas formações sociais. No entanto, estes autores alertam que cada área, cada disciplina também enfrenta controvérsias internas, com debates entre diferentes concepções. Não nos ateremos a esta discussão, pois não é nosso objetivo nesta pesquisa.

Contudo, na escuta aos alunos percebemos que todo esse contexto histórico e social se reflete dentro da escola, e se manifesta na percepção desses alunos sobre “ser aluno e ser jovem”. Para eles, esses conceitos são diferentes: o primeiro está relacionado ao ser “focado”, “estudioso”, portanto, se associa à noção de “bom aluno”; já o segundo, lhes permite ser quem eles são, permite poder “viver”, ter liberdade para cometer erros e de se expressar livremente. Deprendemos que consideram a juventude como um período de transição subjetiva e importante, uma fase de aproveitar e viver, em oposição ao adulto, que “não vive”, pois segue outras regras.

O Quadro 10 traz um recorte dessas falas.

Quadro 10: Diferentes perspectivas dos alunos sobre o que é “ser aluno e ser jovem”.

Ser jovem x Ser Aluno
<p>Aluno 1A: <i>Eu acho que ser jovem é tu viver...aproveitar, porque quando tu é adulto não pode viver, não tem como tu viver tanto, porque tu trabalha, tem que cuidar de casa...e a diferença de jovem para aluno é que jovem tem que viver, aproveitar, se divertir. E o aluno, ele tá na fase meio que de sair do jovem e ir para o adulto, então eu acho que tem essa diferença... o aluno tem que focar, sempre tá focado, terminar o colégio, tirar notas boas e o jovem é o lado de se divertir, o lado festeiro, essas coisas. A juventude não acaba, a juventude ela meio que só é esquecida pelas pessoas.</i></p>
<p>Aluno 5B: <i>Acho que ser jovem, além de poder errar, ah... também da liberdade pra ser quem você é, já que quando você cresce, tem que seguir um padrão, pra conseguir uma vida boa, né?! Então, quando você é jovem você pode se expressar um pouco melhor.</i></p>
<p>Aluno 4A: <i>... tipo, tu vai errar pra tu aprender. A mesma coisa pra cá dentro do colégio, tu é estudante, tu vai errar pra aprender. Tem que fazer, pra saber se tu sabe ou não, mas aqui é pra nota.</i></p>
<p>Aluno 3A: <i>... sim, há essa diferença, aqui tem regras, regras diferentes das que a gente vai ter lá fora.</i></p>

Aluno 5A: *Eu concordo [com o Aluno 3A] que dentro da escola a gente é uma pessoa e fora da escola a gente é outra. Tanto é que... Bah, você não pode colocar os pés na cadeira porque você está dentro da escola... não pode fazer tal coisa porque você tá na escola e não na sua casa ou coisa do tipo.*

Aluno 4B: *Acho que depende. Talvez ser jovem é tipo já estar saindo da escola, por exemplo. Acho que ser aluno é até o 3º ano do ensino médio, quando terminar, eu ainda sou jovem, estou na faculdade, trabalhando. No caso uma jovem estudante ou uma jovem adulta.*

Aluno 3B: *Eu acho que aluno tem mais que uma responsabilidade... e o jovem é mais solto para curtir a vida, é isso*

Geodésia: *Sim, e muita, porque são relações independentes; para ser aluno, você não precisa ser jovem, e para ser jovem não precisa ser aluno. Você é aluno durante a sua vida inteira, e envolve questões mais subjetivas, enquanto que ser jovem se refere a um período específico da sua trajetória baseado na sua idade.*
(grifos nosso)

Fonte: Pesquisadora (2024).

Este Quadro 9 destaca as diferentes perspectivas dos alunos sobre “ser aluno e ser jovem”, caracterizando diferentemente esses conceitos. Cada aluno contribui com uma visão singular, evidenciando as suas experiências e modo particular de se enxergar e enxergar o mundo. Sobretudo, os extratos sugerem que a juventude, em si, não desaparece ou deixa de existir, o que acontece é que muitas vezes as pessoas perdem de vista os aspectos juvenis, a vitalidade, o entusiasmo, a energia, à medida que vão envelhecendo, como dito pela Aluna 1A.

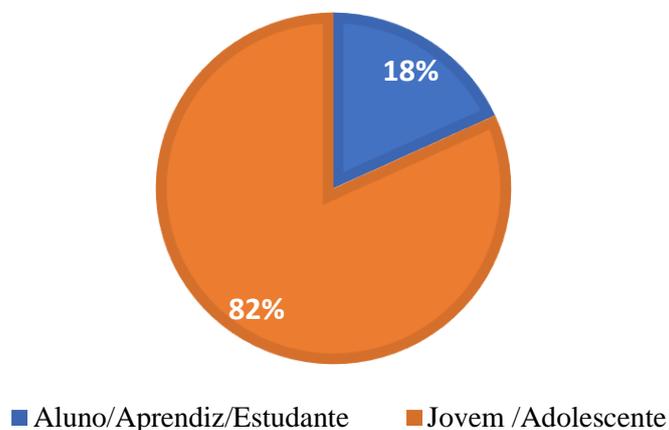
A dicotomia de compreensão, entre adultos e menores, vem da diversidade presente nas relações, na cultura, no contexto de vida. A fala dos alunos reforça a ideia de que a transição para a vida adulta é caracterizada pelo foco nas responsabilidades (estudar, tirar boas notas, ter uma profissão, preparar-se para o futuro), que envolve esforços e interesses, destacando a contraposição entre maior responsabilidade e menor liberdade em relação à noção juventude.

Na visão dos alunos *ser jovem* é aproveitar a vida com liberdade, poder errar e acertar. *Ser aluno*, tem outro significado: tem foco no acadêmico, no esforço e na preparação para vida adulta.

Imbuídos nesse contexto, a *roda de conversa* foi direcionada a instigá-los a falar sobre como se posicionam em relação ao sujeito da escolarização, no sentido de

percebermos como eles se consideram, se aluno/aprendiz/estudante ou jovem/adolescente. Como se vê no Gráfico 11, a maioria se sente jovem/adolescente.

Gráfico 11: Como os alunos se identificam enquanto sujeitos da escolarização.



Fonte: Pesquisadora (2023)

O fato de alguns se reconhecerem como “apenas aluno” corrobora Sacristán (2005, p. 51), quando menciona que existem “dois mundos sociais”, onde os “menores” vão adquirindo sua identidade autônoma nas relações com os adultos, e é na escola que isto é perceptível, “quando os alunos se percebem enquanto ‘apenas aluno’”. A transição para a vida adulta não segue uma trajetória tão clara e determinada devido às próprias indeterminações que marcam essa fase do desenvolvimento humano.

Geodésia: Na atual fase da minha vida, na qual uma série de acontecimentos determinantes ocorreu ao mesmo tempo e muito rápido, é difícil conseguir distinguir de forma clara quem sou eu. Estar concluindo o Ensino Médio e estar perto de chegar à maioria, sei que cada vez mais vou e estou acumulando novas responsabilidades, deixando de lado a [cita seu nome] criança para se transformar em uma adulta. A minha vida acadêmica, desde o início de 2023, também vem mudando de forma drástica. Enfim, são muitas mudanças e novas ansiedades...

Esta fala da aluna Geodésia destaca os desafios emocionais e psicológicos associados à transição para a idade adulta, caracterizada por mudanças significativas na vida pessoal e acadêmica. É um período de incerteza e autodescoberta, buscando compreender e integrar essas mudanças enquanto sujeito. Assim, a transição reforça a cobrança social em torno da conclusão dos estudos, para o ingresso no mercado de trabalho, no casamento etc., que ocorrem de maneira diferente para cada um, ou seja, não

há um padrão único e previsível para que isso ocorra; em alguns casos, pode não acontecer (Dayrell; Carrano, 2014).

A escolarização, na perspectiva dos alunos, não se limita à mera aquisição de conhecimentos acadêmicos, mas pressupõe também o desenvolvimento de habilidades e a capacidade de adaptação a novos contextos como, por exemplo, sentir-se jovem, ser adolescente e, ao mesmo tempo, em alguns casos, assumir responsabilidades de “adulto”:
Aluno 1B: *Eu me identifico como adolescente e pai de família.* Conforme Dayrell (2003, p. 50) “ser adulto é ser obrigado a trabalhar para sustentar a família, ganhar pouco, na lógica do trabalho subalterno”. É importante ressaltar que na óptica dos alunos “ser jovem/juventude” não se limita a uma categoria estanque, para eles é marcada pela diversidade, pela fluidez.

Sacristán (2005); Dayrell e Carrano (2014) defendem que além das marcas da diversidade cultural e das desigualdades no acesso a recursos econômicos, educacionais e culturais, a juventude é uma categoria dinâmica, que se transforma historicamente e, dessa forma, não há uma juventude homogênea, o que existe são jovens que experienciam e sentem de maneiras específicas, e de acordo com o contexto sociocultural em que estão inseridos. Desta forma, há modos particulares de vivenciar a juventude. Além disso, a conexão entre culturas juvenis e escola ocorre por meio da cultura escolar, que é própria de cada contexto, depende de elementos como currículo, avaliação, projeto pedagógico, gestão escolar etc. Portanto, a cultura escolar é tida como pedagogicamente adequada para cada espaço, especifica o regime de horários, o currículo explicitamente praticado, a organização e o regimento disciplinar que delimita o que pode e o que não pode ser feito, os modos de lazer, a distribuição por gênero das expectativas (e.g., o que é próprio de meninos, o que é próprio de meninas), os modos de avaliação das condutas e das aprendizagens, e um sem número de outras disposições que dão corpo a essa instituição que reconhecemos como escola (Pais, 2009; Sacristán, 2005; Arroyo, 2014; Corti, 2014).

As falas dos alunos apresentadas nesta categoria e as reflexões que foram possíveis de fazer em diálogo com a literatura e com as lentes teóricas que nos guiam, colocam luz no sentimento ou espírito de “ser jovem” que, na visão dos alunos, não coincide com “ser aluno/aprendiz”. Destacam a influência significativa da cultura escolar nas experiências vividas, no que podem ou não fazer enquanto estudantes.

Porém, a análise desta categoria revela divergências entre a autopercepção dos estudantes e a forma como eles sentem que são vistos pela comunidade escolar. Este é o objeto da categoria apresentada na sequência.

6.6.1.3 Dimensão 1 – Categoria “A escola me vê assim”

Na discussão precedente, como já dito, aparece a influência da cultura escolar nas experiências individuais. Quando lhes perguntamos “como percebem que a escola os vê e como os trata”, as respostas divergiram de como eles enxergam a si próprios.

Extratos dessas respostas foram reunidos no Quadro 10. É possível perceber que os alunos têm, também aqui, diferentes percepções sobre como são vistos ou tratados pela escola (professores, diretores, coordenadores e outros adultos). Uma breve estatística mostrou que 42% se identificam como "alunos/estudantes/aprendizes", 32% sentem que são tratados como "crianças/filhos", 16% como seres "ingênuos/imaturos/sem experiência", enquanto 10% não conseguiram especificar como sentem que são vistos no espaço escolar. Assim, a maioria [48%] sente que é vista como um ser “menor/criança/filho/aconselhado/inexperiente” e que a transição para a adolescência é fortemente marcada pela influência das experiências educacionais.

Quadro 11: Diferentes percepções de como os alunos percebem que são vistos/tratados pela escola

A escola me vê assim
<p>Aluno 11A: <i>Eu acho que depende da situação, em algumas situações nos identificam como crianças e outros momentos, como jovens, alunos, ah, sei lá, depende... não tenho opinião concreta.</i></p> <p>Aluna 2A: <i>Eu acho que a escola nos vê como adolescentes, mas como criança também, eles tratam a gente... não sei... eles tratam a gente como criança.</i></p> <p>Aluno 1A: <i>A escola nos identifica como alunos e pessoas inexperientes.</i></p> <p>Aluno 1B: <i>Acho que trata como criança, sei lá ... a escola vê a gente mais como criança, até a gente sair do colégio eles tratam a gente como criança, tem muita regrinha, tem muito de como eles tratam também.</i></p> <p>Aluno 2B: <i>Eles são nossas mães e pais.</i></p> <p>Aluno 9B: <i>Eles demonstram isso [figura paterna/materna] diversas vezes nas aulas, tipo assim, quando eles vão dá um conselho sobre a vida...eles falam tipo “há eu já passei por isso”, ou sei lá “ces estão aprendendo ainda”, da pra ver que tipo, num nível abaixo que eles, estamos aprendendo.</i></p> <p>Aluno 3A: <i>A gente é o filho pequeno que tá ainda aprendendo a falar.</i></p>

Fonte: Pesquisadora (2024).

Do ponto de vista individual/psicológico muitos parecem se perceber crescidos, adolescentes, mas não é assim que professores e escola os tratam, são como filhos que precisam ser aconselhados para tomar decisões (e.g., Aluna 2A; Aluno 9B; Aluno 3A). Para outros, há uma ambiguidade na forma como se sentem percebidos, ora como crianças, ora como adolescentes. Também foi possível notar que alguns alunos expressam a sensação de que a escola os considera “inexperientes, desprovidos de conhecimentos e vivências” (e.g., Aluno 1 A, Aluno 2B). Em geral, tais percepções se materializam no modo como os professores oferecem proteção, conselhos de vida, se referindo às suas próprias experiências como “superiores” e indicando que os alunos ainda estão em processo de “se tornar adultos”. As falas chamam a atenção, pois os jovens com quem interagimos eram turmas do 3º ano do Ensino Médio.

Segundo Sacristán (2005, p. 60) ser jovem implica a capacidade de usufruir do tempo livre e das condições que tornam a vida e o presente significativos, mesmo que os adultos percebam essas fases como transições. Nesse contexto, os jovens são influenciados por uma constante redistribuição de agentes sociais, alguns promovendo a orientação para o futuro (escola, família), outros valorizam o presente (os pares, os meios de comunicação, a publicidade), e outros exercem ambas as influências simultaneamente.

Aos olhos dos alunos, a escola não os enxerga como indivíduos plenos, mas apenas como alunos/estudantes, ou menores, sujeitos às ações educacionais e disciplinadoras dos adultos, devendo seguir/ter comportamentos prescritos, que são avaliados, recompensados ou punidos em conformidade. Expressões como “filho pequeno que está aprendendo a falar”, “criança”, “aprendiz” parecem estar ligadas a “crenças que os consideram adultos diminuídos, seres a caminho de conseguir a identidade adulta, carentes da plenitude de capacidades que a idade-meta tem” (Sacristán, 2005, p. 40-41).

Para Dayrell (1996)¹⁸ muitas vezes a escola desconsidera a origem social, as experiências vivenciadas, o sexo, a idade, considerando a todos igualmente como alunos, atendendo a todos da mesma forma, com a mesma organização do trabalho escolar, com a mesma matriz curricular, ou seja, a escola seria uma instituição com sentido e objetivos bem definidos – garantir o conhecimento. Silva (2018) lembra-nos que a escola hoje não é vista apenas como um local de difusão do conhecimento, uma instituição voltada para o desenvolvimento físico, intelectual, social do aluno, mas tem recebido interferências

¹⁸ Disponível em <https://ensinosociologia.milharal.org/files/2010/09/Dayrell-1996-Escola-esp%C3%A7o-socio-cultural.pdf> Acesso março de 2024

ideológicas da cultura industrial, e isto tem deixado em segundo plano o ser humano e o seu pleno desenvolvimento.

Concluindo, esta última categoria complementa as reflexões feitas nesta dimensão que buscaram contemplar falas dos alunos sobre o que é ser sujeito da escolarização, sobre escola, planejamento, currículo escolar, juventude e tudo o mais, como uma construção dos adultos, que praticamente não escutam as percepções dos alunos, e, possivelmente, seja esta uma das razões por que a escola contemporânea pouco atenda seus interesses.

A Dimensão 2 “*Aluno e Escola*” traz e reflete as expectativas e as relações criadas no espaço escolar.

6.6.2 Dimensão 2 – “*Aluno e Escola*”

Nesta dimensão buscamos compreender como os sujeitos da escolarização se sentem, que sentimentos, anseios e desejos acabam deixando na calçada da escola. Obtivemos respostas que perpassaram a escola, e adentraram esferas e influências socioeconômicas, como as questões de permanência (ou evasão) escolar e, especialmente, as questões do pertencimento a esse espaço tão presente em suas vidas – a escola.

6.6.2.1 Dimensão 2 - Categoria “*Estar na escola e Pertencimento*”

Ribeiro-de-Sousa (2021) define pertencimento como uma necessidade humana fundamental, sentir-se pertencido pode contribuir para o bem-estar emocional e psicológico dos indivíduos, além de ser importante para a construção de uma sociedade mais justa e equilibrada. Moriconi (2014), por sua vez, alerta justamente para os perigos do “não pertencimento”, que pode levar a um sentimento de isolamento e prejudicar o bem-estar psicoemocional dos indivíduos.

Em uma das rodas de conversa, antes dos alunos apontarem seus sentimentos em relação ao ambiente escolar, eles se expressaram sobre pontos positivos e pontos

negativos que observavam dentro de sala de aula e nos demais espaços escolares. Esses pontos estão reunidos no Quadro 12.

Quadro 12: Pontos Positivos e Negativos expressados sobre a escola (Turmas A e B)

Pontos Positivos	Pontos Negativos
Amizade	Conflitos com outras turmas; brigas, contendas
Brincadeiras/ Risadas/ fofocas	Infantilidade/ Falsidade/ pessoas pessimistas
Quadra de vôlei	Aulas de Física e Matemática
Quadra de basquete	Conseguir avançar de ano
Companheirismo	Falta de professores
Lanche	Excesso de conteúdo nas disciplinas de exatas
Passar de ano	Dificuldade em aprender matérias de exatas
Ar-condicionado	Cansaço/Impaciência para ficar a manhã toda sentado
Ajuda a ter responsabilidade e disciplina com o futuro e com a vida.	Horário das aulas (cedo demais) e recreio curto
Lealdade	Desorganização das aulas e das provas

Fonte: Pesquisadora (2024).

Os alunos deram muita ênfase a pontos positivos como amizade, companheirismo, risadas e lealdade, ressaltando que as relações interpessoais são um fator fundamental na construção de um ambiente de apoio mútuo e que a escola é um importante espaço de socialização.

Sacristán (2005, p. 58) aponta que os menores compartilham dois espaços distintos: família e escola. A vida do menor em família permite que eles se escondam dos professores; de outro lado, a vida na escola, sob o olhar dos adultos (diretores, professores), permite que se escondam dos pais. Da experiência dividida entre esses dois mundos se forma um terceiro mundo, um novo nicho, que pode se tornar independente de ambos: o do grupo de iguais. Este começa a funcionar no trajeto de casa à escola, no pátio durante o horário do recreio, nas quadras da escola, nas relações sigilosas mantidas nas salas de aula e no tempo livre, e surge como um meio de socialização no qual os alunos preservam sua liberdade.

Percebemos que a utilização da expressão “passar de ano” para alguns alunos era algo a ser celebrado, um marco de desempenho acadêmico e uma demonstração de determinação e esforço para seguir nos estudos; para outros, o seu desempenho acadêmico não importava tanto, já que conheciam as normas do Estado, que eram de evitar a

reprovação¹⁹, e, mesmo assim, não seria algo percebido como negativo. Assim, esses alunos aproveitavam todas as oportunidades de refazer atividades avaliativas, várias vezes, até atingirem a nota mínima para aprovação, mesmo que tivessem faltado muito às aulas.

Do outro lado dessa moeda, surge a questão da avaliação realizada professor, que não tinha autonomia para reprovar com base nos desempenhos cotidianos dos alunos. O professor ficava à mercê de Portarias Governamentais que acabavam “normatizando” a aprovação, independente de os alunos alcançarem, ou não, um crescimento nos seus resultados, independentemente de o professor, que é quem conhece o aluno, construir relatórios que mostrassem que seus conhecimento e desenvolvimento não foram atingidos adequadamente, demandando mais tempo. Frequentemente, ouvimos desabafos dos professores: “*Eu vou demorar para ir à sala [referindo-se sinal sonoro de início de aula]. porque passando ou não o assunto, tenho que aprovar mesmo...*”; “*eu me sinto de mãos atadas, não tenho poder de nada*” [em relação as Portarias Governamentais].

Dantas e Massoni (2017) trazem uma profunda reflexão sobre a avaliação no ensino de ciências em instituições públicas, e que retrata bem essas angústias manifestadas pelos professores aqui em pauta, destacando a falta de autonomia dos professores em conduzir suas avaliações.

Outros pontos negativos levantados pelos alunos, sobre os conflitos entre turmas, apontavam para problemas de convivência e de segurança na escola, indicando a necessidade de implementação de medidas para promover um ambiente mais pacífico. Muitas das vezes, esses conflitos eram gerados do lado de fora da escola: desacordos na própria comunidade que acabava se estendendo para o interior do espaço escolar. Durante essa escuta, alguns alunos diziam sentir medo e que gostariam mais de uma intervenção por parte da direção da escola, para diminuir as contentas. Ao mesmo, reconheciam que era um problema além dos muros da escola e que os adultos (professores, gestores, direção), às vezes, desconheciam. Esses conflitos, juntamente com a “presença de

¹⁹ A Portaria nº 305/2022 da Secretaria de Estado da Educação (Seduc), publicada em 30 de dezembro de 2022, introduziu mudanças nas regras de avaliação para os estudantes da rede estadual de ensino para 2023. Destacam-se a flexibilização da frequência mínima de 75%, permitindo uma nova avaliação para evitar a reprovação, e a transição do período avaliativo de bimestral para trimestral. A Avaliação entre Períodos Letivos, criada pela Seduc, visa combater a evasão escolar, oferecendo um plano de estudos personalizado para recuperação de aprendizagens e fortalecendo a permanência dos alunos em sala de aula. Estudantes em recuperação terão a oportunidade de participar de "Estudos de Recuperação" e avaliação das aprendizagens, considerando a não pleno desenvolvimento das habilidades estabelecidas no Planejamento Anual de 2022. Fonte: <https://www.diariooficial.rs.gov.br/materia?id=808082>

comportamentos imaturos”, como exposto por eles, impacta negativamente na vontade de estar na escola e no sentimento de pertencimento à escola.

Outro fator preocupante, que desmotivava muitos alunos a irem à escola eram as aulas de Física e Matemática. Durante nossa habitação na escola, observamos muitas vezes que as aulas de Física, especificamente, eram aulas mais tradicionais, expositivas e de exercícios. Em conversa com o professor da disciplina, ele nos relatou que acolhia a ideia de que aprender física é por meio da resolução de questões: *“os alunos pedem experimentos, mas sendo bem sincero, não adianta fazer experiência se na hora de uma prova é a questão que importa. Tu tem que saber resolver questões. O vestibular pede isso. O concurso pede isso.”* (professor de Física da escola). Ou seja, havia uma valorização dos métodos tradicionais, com ênfase na memorização de fórmulas e resolução mecânica de problemas, o que poderia estar gerando esse desinteresse e desmotivação entre os alunos. Há uma extensa e rica literatura sobre este ponto (e.g., Guimarães; Massoni, 2020; Silva, 2020; Lima *et al.*, 2021; Pagliarini; Almeida, 2016; Ramos; Piassi, 2017) que indica a necessidade de superação dessa metodologia e de adoção de novas e diversificadas estratégias. Contudo, o que vimos foi que ela persiste em salas de aula na escola pública.

Dessa forma, reafirmamos a necessidade de um ensino voltado à contextualização dos temas de Física, para que faça sentido aos alunos e envolva mais aspectos históricos e filosóficos sobre o desenvolvimento da ciência, e não apenas números e fórmulas, ainda que estes sejam necessários para o desenvolvimento intelectual pleno. A falta de aplicabilidade prática dos conteúdos também é um fator relevante, pois os estudantes muitas vezes não conseguem visualizar a conexão entre o que aprendem nas aulas de Ciências e Física, com sua vida cotidiana ou mesmo futuras carreiras. Essa desconexão pode comprometer o engajamento na aprendizagem.

A falta de recursos didáticos inovadores e o uso limitado de tecnologias educacionais na escola, aqui revelada, também podem influenciar negativamente a experiência dos alunos nas aulas de exatas. Em um cenário em que a sociedade é cada vez mais tecnológica, digital, “o adulto como figura pessoal já não é a chave que dá o acesso ao conhecimento para os menores neófitos no lar, na escola ou na rua” (Sacristán, 2005, p. 56). O autor ainda ressalta que tanto os adultos quanto os jovens, separados por diferenças de idades, enfrentam os desafios decorrentes dessas mudanças culturais, demandando uma adaptação mútua para compreender e responder a esse mundo interconectado. Na escola, essa dinâmica implica não apenas os jovens absorvendo

conhecimento dos adultos, mas também os adultos aprendendo com os jovens, adentrando na cultura prefigurativa, termo cunhado por Margaret Mead (Sacristán, 2005, p. 57).

A discussão trazida até aqui, nesta categoria, visou abordar o que os alunos expressaram como “pontos positivos” e “pontos negativos” da/na escola.

Contudo, em nossa interpretação, o mais contundente achado na dimensão “aluno e escola” é a questão do pertencimento.

Castro (2011), traz que o pertencimento, dentro do ambiente escolar, desempenha um papel fundamental ao possibilitar que os alunos legitimem suas identidades nos diversos contextos de convivência, isto é, implica compartilhar características, vivências e experiências com outros membros da comunidade escolar, promovendo assim o desenvolvimento do sentimento de pertença. Ribeiro-de-Sousa (2021) traz que o sentimento de pertencimento implica acolhimento, oferece identidade coletiva e reforça o eu individual, contribuindo para o equilíbrio psíquico.

Por oposição, o "não pertencimento" envolve sentimentos de desenraizamento, exclusão, rejeição e isolamento, podendo prejudicar a construção e as funções do ego. O Dicionário dos Direitos Humano (2006 *apud* Oliveira; Cavalcante, 2017, p. 33) expressa que pertencimento, ou o sentimento de pertencimento, é a uma crença subjetiva que se origina com pessoas diferentes, mas que pensam em si mesmos como membros de uma coletividade na qual símbolos expressam valores, medos e aspirações. Utilizamos a ideia de pertencimento nesta tese, como um sentimento de pertencer a um local ou comunidade; que se identifica, que gosta, tem afínco, sente que aquele lugar faz parte de sua vida. O Quadro 13 mostra alguns extratos de falas dos alunos sobre os sentimentos atribuídos em relação à escola, e à turma.

Quadro 13: Sentimento de *pertencimento* dos alunos ao ambiente escolar (Turma A e Turma B).

Sentidos atribuídos		Unidades de Registros	Índice construído
Na Escola	Na Turma		
Pertencente	Pertencente	Aluno 11A: ... <i>Não consigo me ver trocando de turma ou de escola. Estou cheio de problema, inclusive no trabalho, mas não posso trocar para outra escola, por exemplo, por causa do horário. Já estou acostumado aqui, é meu último ano, então não tem por que fazer isso. E sim, eu me sinto parte dessa escola.</i>	Sente-se parte da escola devido à familiaridade e horário escolar,

		<p>Aluna 4B: <i>Eu entrei aqui nessa escola no primeiro ano, e essa é a primeira turma que me sinto bem, que eu consigo ser eu mesma. É legal.</i></p> <p>Aluna 3A: <i>Estudo aqui desde a terceira e não quis trocar. Esse ano eu tive a oportunidade de ir para outro colégio que fica perto da minha casa, mas eu não troquei porque estou acostumado com a convivência de todo mundo, com o colégio. Todo mundo da turma eu me sinto pertencente também. São todos gente fina, gosto de todo mundo.</i></p> <p>Aluno 8A: <i>Eu me sinto pertencente à escola, tô aqui desde o 5º ano, e tipo, a gente acompanhou toda a evolução da escola e agora com tudo reformado, por mais que seja tudo muito bem rígido, eu amo essa escola, entendeu? Eu amo os professores e meus amigos, eu pertencço à escola, por mais que seja uma escola pública, em Viamão, capenga, eu amo essa escola e sinto orgulho de ter passado esses anos aqui. E da turma é óbvio que sou pertencente. (grifos nossos)</i></p>	<p>mesmo com problemas. Não considera trocar de turma ou escola devido ao sentimento de segurança e os laços de amizades construídos.</p>
Pertencente	Confortável	<p>Aluno 5A: <i>Entre no colégio no 6º ano, eu me sinto pertencente à escola, em questão a turma não é bem pertencer, mas eu me sinto confortável a turma.</i></p> <p>Aluna 8B: <i>Eu entrei no 1º ano do Ensino Médio, me sinto pertencente a escola, mas aquela coisa, tem dias que não, tem situações que também não... Sobre a turma eu acho que são situações... tem situações... é uma turma separada... nada unida, mas me sinto bem.</i></p> <p>Aluna 7A: <i>Então, às vezes me sinto pertencente a essa turma e às vezes me dá vontade de sair correndo.</i></p> <p>Aluno 9B: <i>Eu me sinto pertencente à escola, estudo aqui desde o 1º ano do Fundamental e a Turma B, gosto de certos momentos e não gosto de certos momentos. Me sinto mais ou menos em relação à turma.</i></p>	<p>Sentimento de pertencimento à escola, mas em relação à turma, é mais sobre conforto do que pertencimento.</p>
Pertencente (com ressalvas)	Sentimento oscilante	<p>Aluna 2B: <i>Eu não me sinto acolhida na escola, principalmente por pessoas mais velhas, e pessoas mais novas, os alunos no caso, é eu acho que a maioria das pessoas não me querem eu aqui, então, não me sinto acolhida, não me sinto pertencente. Da turma eu me sinto acolhida, me sinto pertencente por causa</i></p>	<p>Sentimento de pertencimento à escola, em situações que o deixam ser “quem ele é”.</p>

		<p><i>dos meus colegas, dos meus amigos, mas o do outro lado que não são meus amigos, não.</i></p> <p>Aluna 5B: <i>Eu concordo um pouco com 2B, da nossa turma, o nosso grupo de amizade é a maioria, então, a gente acaba se acolhendo, se ajudando. Da escola, eu sou aluna aqui desde o 1º ano, há 12 anos tô aqui e já vi muitas coisas, bah! Já foi um lugar que me deixava totalmente desmotivada, ruim, triste de falar 'meu Deus, tô indo por obrigação!' agora está sendo um lugar mais acolhedor, não por todos, mas por muita gente, de novo, as pilulazinhas da felicidade... então já foi um lugar de muita felicidade também. (grifos nossos)</i></p>	<p>Em relação à turma, as situações são variadas, devido aos conflitos frequentes.</p>
<p>Filho da escola, mas não acolhida</p>	<p>Pertencente</p>	<p>Aluno 1B: <i>Eu na escola me sinto um filho daqui. Já da turma me sinto pertencente, a maioria dos meus amigos estão aqui, com a turma me sinto seguro, tenho uma certa segurança. Já na escola me sinto filho com pais narcisistas. (grifo nosso)</i></p>	<p>Não se sente acolhida na escola, especialmente pelos adultos; sensação de expulsão do “ninho” na transição do Ensino Fundamental II para o Ensino Médio. Na turma, se sente acolhido pelos amigos.</p>

Fonte: Pesquisadora (2024).

É possível perceber nas falas que há diferentes níveis, ou nuances, de sentimento de pertencimento. Quando os indivíduos se sentem parte de um grupo, seja ele familiar, social ou comunitário, suas necessidades de pertencimento são atendidas, o que contribui para a construção de relacionamentos saudáveis, de autoestima positiva e senso de identidade (e.g., Aluno 11A; Aluna 4B; Aluna 8A).

Para Sá (2005), o pertencimento está relacionado à capacidade de se sentir enraizado em um determinado contexto, de se identificar com o ambiente e de estabelecer laços significativos com os outros membros da comunidade. Ao que se parece, como se as pessoas se sentem pertencentes e conectadas estão mais propensas a alcançar níveis mais elevados de realização pessoal.

Geodésia: Felizmente, tenho o privilégio de me sentir pertencente, reconheço que não é isso que acontece sempre entre os alunos. Na maior parte dos anos, tive colegas que me abraçaram. Acredito que os principais elementos necessários para o sentimento de pertencimento do aluno é justamente essa adesão feita pelos colegas e o olhar de

cuidado que todo professor deve ter. Afinal, o professor, além de mediador do conhecimento, deve ou deveria, se assim a cultura da escola tradicional permitisse, compreender as complexidades de cada um.

A aluna Geodésia expressa felicidade por se sentir pertencente, mas reconhece que nem todos seus colegas têm a mesma experiência, até porque, cada um carrega sua vivência, traumas e experiências que conjectura um modo próprio de agir, pensar e se comportar nos diversos ambientes. Sua fala reflete um ponto de vista alinhado com as ideias de Sacristán sobre a importância do pertencimento no contexto escolar, onde o aluno deve se sentir parte integrante, reconhecido e acolhido.

A dualidade de sentimentos que os alunos experimentam em relação ao ambiente escolar e ao grupo de colegas é bem clara. Alguns se sentem pertencendo apenas à turma [Aluna 2B]; pertencentes à escola [Aluna 5B] ou ainda, sentimentos oscilantes em relação à turma [Aluno 7A; Aluno 9B].

Um ponto que observamos durante a habitação na escola é que, tanto nas Turmas A e B em 2023, como na Turma C de 2022, os alunos se posicionavam espacialmente apenas nas duas laterais das salas de aula. Um grupo colocava suas carteiras na lateral junto à porta da sala, enquanto o outro as colocam no lado oposto, junto às janelas. Ocupavam, portanto, posições opostas gerando um espaço vazio imenso no meio da sala, com carteiras desocupadas. Havia grande interação no interior dos grupos, mas pouca interação entre os grupos, e poucos alunos transitavam entre os dois grupos com tranquilidade. Essa situação poderia justificar algumas falas de que não se sentiam pertencentes à turma, embora gostassem da escola.

Para outros alunos, a escola despertava um sentimento de extensão familiar (*Eu na escola me sinto um filho daqui*). A dependência dos menores em relação aos adultos, gerada no ambiente familiar, se reconstrói nos espaços e tempos escolares. Sacristán (2005) menciona que este novo espaço, a escola, é um ambiente mais preocupado por refazer o velho sistema de controle do que em ajudar e dar oportunidade para a construção da liberdade e da autonomia responsável dos menores. Temos que entender que todos nós somos seres em evolução – a cada fase, uma nova aprendizagem e não devemos ser rotulados por esses momentos, somos seres fluidos.

Sacristán (2005, p. 61) diz ainda que “a criança e o menor, assim como o adulto, são conceitos que correspondem a categorias sociais repletas de significados e valores contraditórios”. Quando as relações entre adultos e menores passam por mudanças significativas, a estabilidade dessas categorias pode ser afetada, e com essa

desestabilização pode haver a possibilidade de emergir um novo *status* para a infância, no qual as fronteiras entre ser "menor" e "adulto" tornam-se menos distintas. Para muitos alunos, essa passagem ocorre de maneira abrupta e se dilui no mundo dos adultos, onde há “os indivíduos mais velhos que podem mais, menores que podem menos” (Ibid., p. 69).

Aluno 12B: Eu era mais seguro no fundamental, assim no sexto, sétimo ano, porque a gente era tratado com o mínimo de dignidade, não muito porque a gente era criança apocalíptica, mas tinha menos obrigação, a gente não era tão cobrado, eles meio que respeitavam nossas idades 'ah, são crianças' e podia brincar, essas coisas. Mas aí a gente chegou no Fundamental II, a gente começou a ter mais professores, só que aí é uma mudança muito rápida, até 5º ano só com uma professora te dando aula, e muda para 9 professores! A mudança ocorre tão rápida e parece que a escola não acolhe a gente na transição... passarinho sendo expulso do ninho... ah vai porque tu tem que voar, daí ou tu voa ou cai de cabeça no chão... em um dia está fazendo apresentação para os dias das mães, depois um trabalho de ciências.

A experiência de transição do Ensino Fundamental Anos Iniciais para o Fundamental Anos Finais pode ser abrupta, como bem pontua o Aluno 12B, gerando uma sensação de insegurança, especialmente porque são confrontados com a mudança de ter uma única professora para ter que lidar com vários professores, de diferentes disciplinas. Essa transição faz-nos refletir sobre como as crianças e adolescentes demonstram distintos pertencimentos: muitas vezes são motivados por uma curiosidade inata, encontrando na escola um ambiente favorável para satisfazer seu desejo de aprender sobre o mundo, além de ser um ambiente de socialização, de construir amizades. No entanto, à medida que avançam para o Ensino Fundamental Anos Finais e o Ensino Médio, as pressões acadêmicas e familiares aumentam, criando um ambiente desafiador [Aluno 11A; Aluno 12B].

Pereira (2010) destaca que os estudantes vivenciam duas experiências temporais simultâneas: tempo linear e tempo cíclico. Enquanto o tempo linear representa a progressão em direção a objetivos de longo prazo, cronológica (1ª série para 2ª, 2ª série para 3ª, e assim sucessivamente), o tempo cíclico reflete a repetição de rotinas na escola (férias, início de ano letivo, período de avaliações).

A motivação dos alunos para frequentarem a escola pode ser influenciada pela maneira como percebem e lidam com essas duas dimensões temporais, afetando seu engajamento e desempenho acadêmico. Alguns expressavam motivação pragmática, outros valorizavam a socialização e a interação com os amigos.

Aluno 2B: *Ah, sôra, a gente já está no terceiro ano e desistir agora também não vale a pena, então, a gente vem por obrigação e passar de ano, terminar o ensino médio.*

Aluna 1A: *minha motivação é os amigos, porque ficar em casa, é bom, mas não necessariamente todos os dias.*

Em suma, a motivação e o pertencimento refletem uma variedade de preocupações e interesses, desde a necessidade de um diploma para ingressar na faculdade, passando pela pressão financeira ou a exigência em um emprego, até a curiosidade e a busca pelo conhecimento, ou mesmo o apreço pela segurança e acolhimento na.

Em uma das rodas de conversa indagamos sobre *quais sentimentos (se houver) ficam na calçada da escola?*

Semelhante ao que fizemos com a Turma C, em 2022, as respostas revelaram que, muitas vezes, deixam sentimentos como ansiedade, insegurança e tristeza na calçada da escola, ao se sentirem por ela acolhidos. No entanto, em algumas ocasiões, esses sentimentos permeiam todo o ambiente e não conseguem ser abandonados, pois as desavenças familiares e angústias acabam sendo levadas para dentro da sala de aula. De outro lado, houve alunos que descreveram a “escola como uma prisão” e que o que deixam na calçada da escola é a sensação de liberdade e felicidade.

Quadro 14: Sentimentos que permeiam os alunos dentro (e fora) da escola (Turma A e Turma B).

Sentimentos que ficam na calçada da escola	Sentimentos dentro da escola	Unidades de Registro
Angústia	Alerta	<p>Aluno 13A: <i>Deixo a angústia. A única coisa que não deixo é a confiança, a segurança, tipo, eu entro aqui e já fico mais ligado, presto atenção em tudo, em mais coisa... não nas coisas ruins que podem acontecer aqui dentro, óbvio que na rua pode acontecer também, são coisas diferentes</i></p> <p>Aluna 3A: <i>Eu acho que estar na escola, estar dentro da escola, ah eu não sei, ela traz meio que ... não parece um lugar muito seguro, não gosto. Não só pelo que tá acontecendo, mas... mesmo como o Aluno 13A disse ... era para ser uma segunda casa, mas é mais um desespero, sabe?</i></p>
Sonhos	Incapacidade	<p>Geodésia: <i>Sempre deixei, na calçada da escola, muitos sonhos que às vezes me parecem inalcançáveis e bobos, desejos, dúvidas e inseguranças a respeito da minha capacidade de superar os desafios e as dificuldades.)</i></p>

Liberdade	Ansiedade e obrigação de cumprir regras	<p>Aluno 1A: <i>Dentro do colégio me sinto preso, me dá muita angústia, ansiedade dentro da escola, às vezes, tem momento, tipo hoje, foi um dia meio que bom, não foi um dia ansioso, angustiante, mas a maioria dos dias é.</i></p> <p>Aluno 4B: <i>No momento só está me trazendo ansiedade.</i></p> <p>Aluno 2B: <i>Estar na escola é um desafio todo dia, me vem um ódio, estresse todo dia, exatamente por ver sempre essas pessoas, muita regra.</i></p> <p>Aluna 5A: <i>Estar na escola é uma forma de representar nossa escola, tipo 'os alunos de tal escola', mas não me sinto livre devido às regras, fico preso.</i></p>
Conflitos familiares	Tenta ser indiferente	<p>Aluno 11A: A gente deixa muito problema de casa em casa, as confusões, para não estressar os colegas... vamos supor, Aluna 5A tem os problemas dela e eu não vou estressar ela com os meus problemas, mas tem hora que não consegue deixar os problemas em casa e acaba trazendo pra o colégio... daí mando uma mensagem no WhatsApp para o amigo aqui, não tem jeito...</p> <p>Aluna 5B: A única coisa que não comento são as coisas pessoais, mas sou a mesma em qualquer lugar.</p>
Deixam sentimentos na calçada de casa e não da escola		<p>Aluno 4A: <i>Eu deixaria mais coisas na porta de casa que na escola, tipo, trazer sentimento ruim para dentro da escola, tô nem aí deixo entrar, agora dentro de casa, eu deixo para não deixar meus pais mal.</i></p> <p>Aluno 5B: <i>Tem coisas que a gente passa na escola, seja boa ou ruim, simplesmente a gente não comenta, não leva pra casa.</i> (grifos nosso)</p>

Fonte: Pesquisadora (2024).

Estas falas refletem uma variedade muito grande de sentimentos vivenciados pelos alunos tanto dentro quanto fora da escola. Trouxemos as preocupações mais recorrentes em relação ao processo de escolarização, ao ambiente social e às relações interpessoais. Como podemos observar, expressaram uma série de sentimentos negativos: ansiedade, angústia, pressão e desconforto. Isto reflete a percepção que eles têm de que a escola nem sempre é um ambiente acolhedor e seguro para esses alunos. Sacristán (2005) aborda a importância da escola ser um espaço de integração social, onde os alunos devem se sentir pertencentes e capazes de contribuir para seu próprio processo de aprendizagem.

No entanto, surgiram sentimentos de prisão e falta de liberdade que sugerem uma desconexão entre a realidade vivida na escola e as ideias defendidas por Sacristán. Além disso, o autor enfatiza a importância de reconhecer o aluno como um sujeito ativo e único,

capaz de contribuir significativamente para seu próprio desenvolvimento educacional. O que pudemos obter das narrativas é que as demandas externas, muitas vezes, sobrecarregam essa autonomia e individualidade.

Por outro lado, alguns alunos parecem ser capazes de se desconectar das pressões e preocupações do ambiente escolar quando estão no ambiente familiar e descontraído, ao afirmarem que deixam fora da escola sentimentos como felicidade, confiança e segurança.

Dessa forma, diante de todos os extratos de falas, julgamos que uma boa parcela dos alunos não se sente pertencente à escola. Assim, concordamos com Sacristán (2005) quando chama a atenção para importância de investir esforços para criar um ambiente escolar que promova, não apenas o sucesso acadêmico, mas também o bem-estar emocional e o autodesenvolvimento pessoal dos alunos, para uma educação verdadeiramente significativa.

Reiteramos ideias de Paulo Freire (2002), de que a escola não é apenas um local de transmissão de conhecimentos, mas um ambiente onde os alunos constroem sua identidade e se inserem em diferentes grupos sociais de forma crítica. Para compreender isto precisamos ouvi-los mais como pessoas e não apenas como “mais um aluno”. Neste sentido, a categoria seguinte mostra como seria a “escola ideal” para os alunos das Turma A e Turma B.

6.6.2.2 Dimensão 2 – Categoria “Percepção dos alunos de uma Escola Ideal”

Quando os alunos foram incentivados a discutir suas percepções sobre o que seria para eles uma “escola ideal”, dentre os anseios mais comuns apareceram: mais opções de comida; uma abordagem educacional voltada para preparar os alunos para a vida após a escola; intervalos mais longos; existência de uma escuta atenta às necessidades dos alunos; uma variedade maior de atividades esportivas; uma infraestrutura escolar melhor e mais segura.

O Quadro 15 traz um compilado dessas percepções.

Quadro 15: Falas que expressam a “Percepção dos alunos da escola ideal” (Turma A e Turma B).

Escola Ideal	Índice Construído	Unidades de Registro
Lanche/Comida	Melhoraria a concentração nos estudos estando todos alimentados.	<p>Aluno 3A: <i>Eu colocaria mais comida.</i></p> <p>Aluno 11B: <i>Ter um mercadinho no colégio, porque tem gente que passa mal por não conseguir comer antes de sair [de casa].</i></p> <p>Aluno 14B: <i>Escola perfeita? Buffet livre com sobremesa.</i></p> <p>Aluna 1A: <i>A escola dos sonhos teria merenda boa.</i></p>
Adaptação da escola com o mundo real – “Escola para a vida”	Prepararia os alunos para os desafios do mundo contemporâneo; facilitaria a inserção no mercado de trabalho e promoveria a descoberta de aptidões profissionais.	<p>Aluna 5A: <i>Eu colocaria mais coisas para a vida, não apenas colocar letras em matemática, mas coisas que eu vou usar para a vida.</i></p> <p>Aluno 11A: <i>Eu concordo com Aluno 5A, e quero acrescentar um pouco que se fosse para tirar ou colocar coisa (...) muita coisa precisa tirar, o ensino agora está sendo pensado por alguém que não tá nele, não tá ali para auxiliar quem tá.</i></p> <p>Aluno 6B: <i>Eu manteria as melhoras no ensino e mudaria a forma como o governo lida com a educação.</i></p> <p>Aluno 12B: <i>Eu criaria uma escola que se adapta ao nosso mundo, tem que se adaptar aos dois mundos: o daqui e o lá de fora.</i></p>
Horários das aulas e Recreio/Intervalo	Mais momentos de lazer, descontração e o desenvolvimento de habilidades além do currículo tradicional.	<p>Aluno 10B: <i>Eu colocaria mais recreio.</i></p> <p>Aluna 7B: <i>...um horário melhor, ex.: 10 horas às 14:30, com aulas extracurriculares.</i></p> <p>Aluno 1B: <i>... teria um tempo maior de intervalo pra descansar e socializar com os amigos.</i></p>
Valorização do Esporte	Melhoraria a saúde física e mental dos alunos, promovendo um ambiente mais ativo e estimulante.	<p>Aluno 1B: <i>Eu colocaria como nos Estados Unidos onde o esporte é muito mais valorizado que no Brasil, queria que tivesse maior valorização.</i></p>
Espaços de Escuta ao Aluno	Contribuiria para o bem-estar emocional dos alunos; saúde mental e auxílio no desenvolvimento pessoal,	<p>Aluno 7B: <i>Eu colocaria uma escola em que veja o aluno como indivíduo e não apenas no coletivo.</i></p> <p>Aluno 13A: <i>Eu mudaria a questão da direção para escutar mais os alunos.</i></p>

	principalmente com ajuda psicológica.	Aluno 1B: <i>Deveria entender mais os alunos que têm na escola.</i> Aluna 8B: <i>Teria mais apoio psicológico aos alunos, é uma coisa que fica devendo muito.</i>
Infraestrutura	Possibilitaria um ambiente mais tecnológico.	Aluno 11A: <i>Eu manteria o ensino, mas aqui colocaria uma infraestrutura melhor.</i> Aluna 7B: <i>A escola ideal teria um bom wi-fi.</i> Aluno 11B: <i>... uma internet melhor, pelo fato de mandarem [os professores] materiais pelo dispositivo [celulares]...e botaria uma enfermaria.</i>
Segurança e Uniformes	Garantiria igualdade, segurança e facilitaria a identificação de alunos.	Aluna 2B: <i>Eu acho que na questão dos uniformes, porque tem muita gente que não tem condição de vir com uma roupa adequada pra cá.</i> Aluna 6A: <i>Uniformes trariam mais segurança pois a gente ia saber quem é aluno e quem não é.</i> Aluna 9A: <i>Teria mais segurança para os alunos, sem brigas. (grifos nosso)</i>

Fonte: Pesquisadora (2024).

Percebemos que as primeiras falas e desejos dos alunos por uma “escola ideal” estavam associadas a ter mais comida, merenda, sobremesas. A questão da fome reapareceu com força e sempre vinha em primeiro lugar nas escutas.

Enfatizaram a importância de incluir conteúdos práticos e relevantes para a vida cotidiana. A inserção no mercado de trabalho é parte do que consideram o “mundo real”.

Quanto à infraestrutura escolar, várias falas [Aluno 11A, Aluno 7B, Aluno 11B] destacaram que a percepção de uma “escola ideal” incluiria melhor suporte das tecnologias (internet, *wi-fi* de boa qualidade), uma enfermaria, espaços de lazer com boas estruturas. Esses pontos de idealização refletem também o fato de que a escola investigada atende o Ensino Fundamental Anos Finais e Ensino Médio, sendo que as salas de aulas têm as mesmas carteiras e mesas para lecionar esses públicos distintos. No refeitório, por exemplo, os banquinhos junto às mesas também eram os mesmos, fixos no chão e com uma altura padrão. O único espaço que fazia distinção entre eles, era um parquinho nos fundos do pátio da escola, de uso exclusivo do Ensino do Fundamental, que só era aberto sob supervisão de um professor das turmas específicas. Porém, escutamos algumas vezes,

o desejo dos alunos do Ensino Médio de usá-lo como um espaço mais descontraído para a socialização e o descanso.

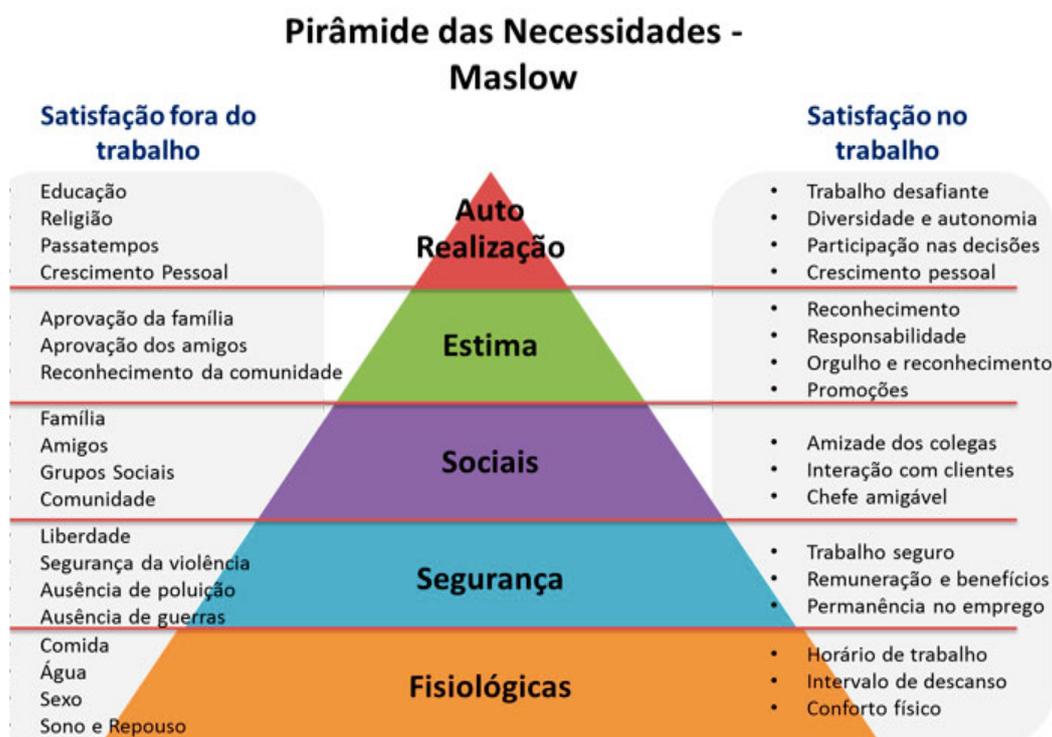
Corti (2007) diz que a falta de diferenciação nos recursos destinados a crianças e jovens, tanto em termos de equipamentos quanto de rituais escolares, reflete a persistência de abordagens uniformes e, muitas vezes, inadequadas para atender às necessidades específicas da juventude. Isto é, para as questões de pertencimento dos alunos no espaço escolar, parecia uma contradição entre a infantilização dos materiais usados e a aplicação de regras adultas, criando um ambiente educativo que não atende adequadamente às necessidades específicas de cada faixa etária.

Um tópico que os alunos apontaram como importante é terem mais intervalos, conseqüentemente, mais tempo para o descanso. Juntando este tópico com a contundente questão da comida para sanar a fome, isto nos permite analisar estas escutas sob a óptica da Teoria de Maslow. A teoria baseia-se na premissa de que o comportamento motivado do ser humano deve ser entendido como uma via por onde muitas necessidades básicas podem ser expressas e satisfeitas. As necessidades humanas se organizam em hierarquias de prepotência, de forma que “o aparecimento de uma necessidade geralmente repousa sobre a satisfação prévia de outra, de necessidade mais prepotente” (Maslow, 1943, p. 1). Assim, as necessidades podem ser situadas numa hierarquia: demandas pessoais fisiológicas, profissionais, autoestima e autorrealização. Necessidades consideradas de nível básico, de sobrevivência, devem ser atendidas primeiro do que as de ordem superior.

As necessidades mais básicas são as fisiológicas (comida, água, sono, repouso, horário de descanso, conforto físico); uma vez que estas estejam atendidas, constituirão impulso para o desenvolvimento de necessidades localizadas em níveis mais elevados.

Estudiosos da Teoria de Maslow (1943) elaboraram uma pirâmide, para melhor visualização, que compreende cinco níveis de necessidades humanas, destacando que os seres humanos estão sempre em desenvolvimento, e que existem muitas demandas intermediárias – a educação está no topo da pirâmide, associada ao crescimento pessoal.

Figura 13: Representação da Pirâmide de Maslow



Fonte: Google <https://www.jornalcontabil.com.br/noticia/15761/departamento-pessoal-entenda-quais-sao-as-suas-funcoes-e-praticas-guia-completo>. Acesso em maio de 2024.

As falas dos alunos que mencionavam mais lanche, comida, merenda, sobremesas [Aluno 3A, Aluno 11B, Aluno 14B, Aluna 1ª e muitos outros] refletiam sua preocupação com o atendimento de uma necessidade fisiológica básica – a alimentação, que está na base da Pirâmide de Maslow. A demanda de ter na escola “um mercadinho”, também apareceu na nuvem de palavras da Turma C, em 2022, quando se referiram às “percepções de uma escola ideal”.

Interpretamos que a fome é uma preocupação tão presente na realidade desses alunos, que comida apareceu sempre em primeiro lugar para aqueles que não tinham acesso à alimentação antes de ir à escola. Na mesma hierarquia, de atendimento a necessidades básicas, podem ser colocadas as falas sobre “*tempo maior de intervalo para descansar e socializar com os amigos*”: descanso e socialização.

Segurança apareceu na sequência. Interpretamos que necessidades de pertencimento e bem-estar psicológico podem estar associadas à segurança. É importante registrar que na sala dos professores dessa escola era muito comum ouvirmos relatos de que a Brigada Militar era acionada quando os adultos (professores, direção, gestão) não conseguiam apaziguar a situação. *Como agem os adultos diante de certas ações e objetivos dos alunos? Compreendem que uma ação possui mais do que uma motivação?*

Pereira (2010) ao analisar a dinâmica de cinco escolas públicas de Ensino Médio de São Paulo, também de bairros periféricos, obtiveram que os alunos passaram a encarar a ida à escola como uma experiência semelhante à de frequentar uma instituição penal, revelando uma disparidade entre as expectativas dos jovens e a realidade proporcionada pela escola. Dewes e Alves (2013) argumentam que, especialmente em áreas pobres, essas tensões são agravadas devido às diferentes aspirações e anseios dos alunos.

Em geral, percebemos que as preocupações mais emergenciais dos alunos estão predominantemente localizadas nos níveis inferiores da hierarquia das necessidades de Maslow.

Aqui cabe uma reflexão: dado que a aquisição de conhecimentos e saberes escolares, a educação, está associada à autorrealização e ao crescimento pessoal, então é possível perceber, como sugere Maslow, o quão distante na hierarquia de necessidades está esse objetivo relativamente aos níveis básicos. Para Maslow, não há como atingir o topo da pirâmide sem atender as necessidades que estão na base. Ou seja, fica mais fácil de compreender por que surgem tantas outras demandas antes de o aluno reconhecer a importância de estar na escola, de adquirir conhecimento, de atender objetivos de crescimento pessoal, ou autorrealização.

O desejo de serem “escutados” como indivíduos, e não apenas como parte do coletivo [Aluno 13A], está alinhado à visão de Sacristán (2005), que reflete que a escola deve ser um espaço que reconhece o aluno como sujeito ativo e único, contribuindo significativamente para seu próprio processo de aprendizagem. Daí a importância que os alunos atribuíram às escutas que promovemos, com espaços de diálogo e participação, reconhecendo suas vozes e experiências como fundamentais para a compreensão do processo educacional.

Outro aspecto que também está na base da pirâmide é citado pelos alunos como uma necessidade de rearranjo do tempo. A dinâmica temporal no ambiente escolar influencia diretamente o ritmo cotidiano da escola, afeta a condução das aulas e a utilização dos intervalos essa estruturação cria um cenário que impacta as relações interpessoais e as experiências de alunos, professores e de toda a comunidade escolar. Por exemplo, o primeiro horário de aula, pela manhã, era às 7h45min. Porém, observamos que muitos alunos nesse horário não estavam em sala, e era considerado um “período perdido” pelos professores. A escola começou a oferecer café no refeitório em 2023, para garantir que alunos que não tinham como se alimentar em casa não ficassem em jejum

até o horário do lanche, às 10 horas²⁰. O café da manhã tinha duração de 15 minutos, o que fazia com que as aulas só iniciassem efetivamente às 8h. Por isso o primeiro período era considerado “perdido” pelos professores.

Durante nossas observações na escola, os professores que nos cederam espaço em suas salas de aula nunca nos ofereceram a primeira aula devido a esses acontecimentos. Da mesma forma, não nos cederam a última aula da manhã, pois muitos alunos precisavam sair mais cedo para o trabalho ou estágios, alguns até mesmo almoçavam no interior da sala de aula.

No fundo, eram demandas dos alunos por maior intervalo, recreio, descanso.

Conforme Foucault (1987, p. 137), a divisão do tempo nas escolas elementares torna-se cada vez mais minuciosa, com atividades estruturadas e diretrizes que exigem respostas imediatas. A interação entre os indivíduos na escola é moldada pelos momentos temporais: as aulas, os intervalos e os eventos escolares, influenciando a dinâmica social e as relações interpessoais.

O descompasso entre o que a escola de fato oferece e os anseios dos alunos por uma “escola ideal”, com interlocução com projetos sociais, oficinas profissionalizantes, e com isso um maior direcionamento para o mercado de trabalho, e um sentido de aplicabilidade dos conteúdos vistos em sala de aula, à sua realidade, parece merecer um repensar do modelo educacional contemporâneo. É preciso lembrar, uma vez mais, que estávamos imersas em condições específicas: uma escola para alunos de baixa renda. Contudo, seria essa a forma de promover uma abordagem mais inclusiva? Mais direcionada às necessidades e possibilidade futuras desses alunos? Qual o sentido dos conhecimentos adquiridos em sala de aula quando a fome, frio e insegurança falam mais alto? Para que provas, avaliações e muro escolar se a cultura escolar, da maioria dos alunos, contém elementos que não vão além dos limites do bairro?

²⁰ Em meados do segundo trimestre de 2023, com a inserção do projeto “escola em tempo integral”, ela passou a ofertar almoço depois da última aula da manhã.

6.6.2.3 Dimensão 2 – Categoria “Influências socioeconômicas e a permanência na escola”

Segundo os dados de 2022 do Inep - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais, a escola que habitamos, apresentou a seguinte Taxa de Rendimentos²¹:

1º ano do EM: 33,6% de reprovação; 5,3% de abandono e 61,1% de aprovação;

2º ano do EM: 25,4% de reprovação; 22,0% de abandono e 52,6% de aprovação;

3º ano do EM: 8,0% de reprovação; 24,2% de abandono e 67,8% de aprovação.

Ou seja, é perceptível que a taxa de reprovação e abandono são maiores nos dois primeiros anos do EM, e que se o aluno alcança o terceiro ano, a probabilidade de concluir o EM é maior.

Diante de tudo o que levantamos nas escutas deste Estudo I, e como discutido nas categorias precedentes, é essencial considerar o contexto socioeconômico para concluir nossa interpretação, pois fatores como pobreza, dificuldades financeiras, fome, insegurança, cansaço, acesso limitado a recursos educacionais e outras adversidades, influenciam diretamente esses números.

Vale ressaltar que o Inep e o Dicionário de Indicadores Educacionais (Brasil, 2004) distinguem os conceitos de “abandono” e “evasão escolar”. O primeiro faz parte das taxas de rendimento escolar, juntamente com a aprovação e a reprovação, e tem a ver com o total de estudantes que deixam a escola dentro do mesmo ano letivo, retornando no ano seguinte. Por outro lado, a “evasão” está relacionada às taxas de fluxo escolar, incluindo a promoção e a repetência escolar, e diz respeito aos estudantes que saem da escola e não retornam mais.

Neste Estudo I, identificamos as duas ocorrências, por isso adotaremos o termo evasão/abandono numa acepção mais ampla, englobando tanto o entendimento da não realização da matrícula do aluno (evasão), quanto o fato do aluno deixar de frequentar a escola no decorrer do ano letivo (abandono) (Machado; Frith; Pasinato, 2021). Estes dois termos eram bastante presentes nas falas que escutamos na sala dos professores, também nas falas dos alunos. Nossa escolha buscou respeitar, assim, o termo cunhado no próprio ambiente escolar.

²¹ Ao final de um ano letivo, alunos matriculados em escolas públicas brasileiras podem ser aprovados, reprovados ou abandonar os estudos. A soma da quantidade de alunos que se encontram em cada uma destas situações constitui a Taxas de Rendimento: Aprovação + Reprovação + Abandono = 100%. **Fonte:** <https://qedu.org.br/>

Em uma das rodas de conversa abordamos este ponto. Dentre as diversas percepções para essa problemática, identificamos, pela óptica dos alunos, algumas possíveis causas, que se interligam, como mostra o Quadro 16.

Quadro 16: Pontos que contribuem para evasão/abandono escolar (Turmas A e B)

Índice construído (problemas identificados)	Unidade de Registros
<p>Condições Socioeconômicas</p> <p>Necessidade de trabalhar para sobreviver e ajudar a família; Falta de condições financeiras para continuar os estudos.</p>	<p>Aluno 13B: <i>Pelo fato de ter que ficar em casa para trabalhar, tem que sustentar a família. E alguns ainda têm filhos para sustentar.</i></p> <p>Aluno 14B: <i>...concordo que é pelo motivo que tem que trabalhar e acaba sobrecarregando.</i></p> <p>Aluna 12A: <i>A evasão muitas vezes ela ocorre porque a pessoa não tem condição de só se manter estudando, tem que ajudar em casa, tem que sair para trabalhar para ter o que comer no outro dia. Então a evasão ocorre por conta disso, tem que sair daqui para trabalhar porque como é que vai rolar? não tem auxílio, não tem nada.</i></p> <p>Aluno 13A: <i>As pessoas que moram aqui [se referindo as proximidades da escola] são baixa renda, nesses bairros tem muitas coisas...passa fome.</i></p> <p>Aluna 1B: <i>Eu acho que as pessoas não continuam a escola porque elas têm que trabalhar e não têm condição financeira para continuar, continuar sobrevivendo.</i></p> <p>Aluna 8B: <i>Muitas vezes as pessoas escolhem largar o colégio porque escolhe se tu come ou tu vai continuar estudando e é bem óbvio essa escolha. [trabalhar para comer]</i></p>
<p>Falta de Interesse</p> <p>Falta de comprometimento; Ausência de motivação; Falta de base e autoconfiança.</p>	<p>Aluno 17A: <i>Eu acho que é por falta de motivação e de se sentir sobrecarregado com a escola, com o trabalho, com a vida pessoal e o melhor que a gente faz é desistir da escola para aí cuidar das outras partes.</i></p> <p>Aluno 16B: <i>Eu acho que é por conta do trabalho mesmo, precisa trabalhar e às vezes falta de interesse de ir para escola.</i></p> <p>Aluno 4A: <i>Eu acho que é falta de compromisso, as pessoas não levam a sério [os estudos]</i></p> <p>Aluno 6B: <i>A evasão é por causa da falta de interesse das pessoas de não terem uma visão de futuro maior, acho que não precisa, não querem fazer faculdade e aí vai pro trabalho.</i></p> <p>Aluna 2A: <i>Eu acho que os jovens precisam de motivação, e principalmente com relação à saúde mental... às vezes os pais acabam não acompanhando, porque minha mãe se eu falto um dia ela fica muito brava, e com razão, mas eu acho que os pais deveriam acompanhar mais os alunos, para ter motivação.</i></p>

	<p>Aluna 3A: <i>Tem também o desânimo, quando você pensar eu vou fazer vestibular, terceiro ano, e pensa no ensino que você recebeu e compara assim... pensa ah, não vou conseguir chegar lá... Eu não tive uma boa base, não vou conseguir chegar lá, eu vou ficar perdido. Ah, porque que eu vou estudar se lá no final, eu não vou conseguir entrar naquilo que eu quero entrar? Daí já começa no mundo do trabalho e segue a vida nesse rumo. Comparar as matérias que a gente tem aqui com o colégio particular, eles tão a 1000 pelo Brasil e a gente está tipo aqui só existindo, e aí a gente vai concorrer com essas pessoas também. Bah, obviamente eu tenho que estudar, mas e a escola?</i></p> <p>Aluna 6A: <i>Bah, as maiores notas do Enem na redação são sempre lá para cima [se referindo a região Nordeste do Brasil]. A desistência vem mais por conta da família, vem de famílias pobres, aí estuda aqui na escola pública, não tem incentivo, eu vi tipo, muitos colegas meus rodarem por ter reprovado, daí desistiram. Aí, tem que ajudar a família também, não tem como você vir copiar um milhão de textos pela manhã, daí você não tem disponibilidade para copiar tudo pela tarde, e à noite tem que ajudar a família em casa, daí, eu acho que isso é também desmotivação... a gente não tem um estudo básico para passar no concurso público, vestibular.</i></p>
<p>Problemas Institucionais</p> <p>Sistema educacional é ineficaz para fornecer oportunidades significativas de aprendizado;</p> <p>Desorganização do ambiente;</p> <p>Falta de professores.</p>	<p>Aluna 11A: <i>A evasão é por conta do ensino mesmo, que é bem quebrado, tipo não tem uma motivação séria dentro da aula, não tem o que tu aprende dentro da aula que tu aprenda realmente conteúdo e saiba o que fazer com aquele conteúdo... e, a maneira mais fácil é largar a escola para ir trabalhar.</i></p> <p>Aluna 2B: <i>...tem a questão de trabalho, muita gente começa no mercado de trabalho e desanima para vir à escola. A escola também fica desorganizada, perde o estímulo, às vezes tem aula que não vem professor, aí você fica atoa e isso perde totalmente o incentivo.</i></p> <p>Aluno 1A: <i>... tem algumas coisas que acontecem aqui na escola... essas coisas de violência na escola, também acho a questão da relação de professores, tem professor que é grosso com aluno, às vezes passa muita coisa no quadro e não explica, Além disso, tem coisas que acontecem entre os alunos, que a direção não pode resolver ou não quer resolver e fala 'a briguinha, briguinha de crianças', mas essas briguinhas de criança pode desanimar e a pessoa não querer vir mais ao colégio.</i></p> <p>(grifos nosso)</p>

Fonte: Pesquisadora (2024).

É importante ressaltar que estes pontos não têm a pretensão de mapear ou diagnosticar as razões que levam a evasão/abandono escolar. O que aqui apresentamos são percepções de alunos escutados que destacam a complexidade das questões envolvidas na dinâmica de seu ambiente escolar, e que claramente ultrapassam os muros da escola.

Assim, é necessário analisar a questão da evasão/abandono sob uma perspectiva mais abrangente e crítica, considerando não apenas as causas individuais, mas também os fatores estruturais e sociais que contribuem para esse fenômeno. Como apontado pelos

alunos, as famílias de baixa renda enfrentam obstáculos adicionais: a falta de condições financeiras; necessidade de trabalhar e contribuir com as despesas domésticas; ausência de motivação e de incentivo familiar aos estudos; falta de recursos tecnológicos para acessar materiais educacionais; falta de incentivo/motivação para preparação aos vestibulares ou Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Tudo isto compromete a continuidade dos estudos dos alunos.

Aluno 6B: Se não tem comida, tu vai pro colégio que vai precisar estudar, como? com fome? precisa de comida para poder fazer as coisas básicas, precisa de dinheiro, não precisa de dinheiro só daqui a dez anos, precisa de dinheiro agora, certo? como tu vai conseguir o dinheiro agora? não é estudando. Não é uma questão de “ai é porque é mais fácil” é por não ter outra opção, não ver outras saídas... ainda mais por causa dos guris que tem quartel... aí não consegue um trabalho de carteira assinada, quando consegue trabalho é um trabalho que, sei lá, te exige muito para ganhar pouco, é trabalhar em mercado trabalhar em coisa assim, e aí tu ganha pouco e às vezes tu acha um caminho mais pode até pensar que... não é um caminho mais rápido, o caminho mais fácil não, eu acredito que a maioria entra por não ter uma outra opção [o aluno se refere a “ entrar” no mundo do tráfico de substancias ilícitas]

É notável que jovens pertencentes a classes sociais menos privilegiadas enfrentam desafios muito maiores para permanecer na escola, em comparação com aqueles que têm acesso a mais recursos e apoio, os mais favorecidos, os que herdaram elevado capital cultural (Bourdieu, 2015). Para Bourdieu, os sujeitos que têm o domínio, posse e uso de capital cultural distinguem-se na escola, no mercado de trabalho etc. Para o autor, as famílias ricas em capital cultural investem no sucesso escolar, como forma de garantir sua posição social, mas os que têm menos capital cultural perseguem fins mais compatíveis com suas limitações, e seus filhos têm baixa aspiração escolar.

Laval (2019, p. 53), na mesma linha, diz que: “[...] os estudantes mais inteligentes têm interesse em continuar os estudos, porque o investimento é muito rentável nesse caso, ao passo que os menos inteligentes têm interesse em abandonar os estudos e iniciar o mais rápido possível na vida profissional”.

Encontramos no excerto da Aluna 20 A esse mesmo pensamento.

Geodésia: Acho que, diante do cenário sociopolítico do Brasil nos últimos anos, com o crescimento das desigualdades ‘socio raciais’, o que motivou a evasão escolar foi a necessidade de trabalhar para gerar renda para a família. Além disso, eu sei que há uma crescente baixa autoestima intelectual por parte das classes mais pobres, que acreditam que o conhecimento tido como “difícil” e espaços como universidades não foram feitos para elas, e sim para os ricos, que seriam mais “inteligentes”. Isso tudo é uma questão puramente social. (grifo nosso)

Em nossas escutas percebemos que a necessidade imediata de renda laboral levava esses jovens a priorizarem o trabalho em detrimento da escola, embora eles reconhecessem que a educação é fundamental, para angariar cargos bem remunerados. Contudo, para os menores desprivilegiados social e economicamente, a escola se torna um obstáculo, como dito pela Aluna 15, em uma fala contundente e autoexplicativa.

Aluna 15 B: A escola é para amanhã, no longo prazo, mas a fome é agora.

Todavia, é válido citar também que após o período pandêmico da COVID-19, as marcas das desigualdades sociais se evidenciaram em todas as áreas, na educação não foi diferente. No Estado do Rio Grande do Sul, por exemplo, o governo por meio do Decreto nº 55.1187, de 16 de março de 2020, determinou a suspensão das atividades presenciais na rede estadual, antes mesmo da portaria do Ministério da Educação. Dessa forma, as Coordenadorias Regionais de Educação (CRE) orientaram os profissionais da educação a usarem as Aulas Programadas. No referido Decreto, Aulas Programadas constituem atividades educacionais laboradas antecipadamente com base nos conteúdos previamente abordados em sala de aula. Essas atividades compreenderam um conjunto de aulas a serem seguidas pelos estudantes e seus professores, cuja entrega das atividades realizadas pelos alunos ocorreria após o retorno às aulas presenciais (Machado; Fritsh; Pasinato, 2021). Como o período pandêmico persistiu, as atividades ocorreram de maneira online, o que prejudicou alunos sem acesso adequado à internet ou dispositivos tecnológicos. O resultado foi um déficit no aprendizado para muitos alunos, e um sentimento de exclusão e desmotivação.

O projeto "Desigualdades educacionais no contexto da pandemia: diagnóstico e proposições para políticas públicas"²², em colaboração com a Fundação Carlos Chagas, oferece uma análise crítica sobre o impacto dessa crise sanitária, revelando suas repercussões sobre os estratos mais vulneráveis da sociedade. O relatório destaca também a disparidade de gênero no desempenho dos alunos durante o período de ensino remoto, fornecendo uma visão mais ampla e profunda sobre as dinâmicas educacionais em tempos de crise.

As marcas de gênero também estão presentes entre os meninos brancos e meninas brancas. Nos grupos “não recebem” e “não realizam” atividades, as diferenças entre as porcentagens de meninos brancos e meninas brancas são de

²² Disponível em <https://www.fcc.org.br/fcc/educacao-pesquisa/abandono-escolar-e-a-pandemia-no-brasil-efeitos-nas-desigualdades-escolares/>, acesso março de 2024.

aproximadamente 5 pontos percentuais favorável às meninas brancas (entre os que não recebem atividades, 10,1% são meninas brancas, 14,2% são meninos brancos e, entre os que não realizam atividades, 12,7% são meninas brancas e 17,4% são meninos brancos). As meninas negras representam 29,3% da população geral; mas, quando considerado o recorte “não receberam atividades escolares em casa”, esse índice sobe para 35,1% (Artes *et al.* 2021, p.3).

Além disso, houve o impacto psicossocial da pandemia, o isolamento social, o medo da doença e o estresse emocional, que afetou negativamente o bem-estar de todo o mundo. Em suma, consideramos que a pandemia da COVID-19 foi mais um catalisador para o aumento da evasão/abandono escolar, realçando as desigualdades socioeconômicas e estruturais presentes no sistema educacional.

Quando se trata do papel da escola, parece existir uma convergência de sentimentos e experiências entre os alunos. Eles depositam na escola a esperança de um futuro melhor e reconhecem a relevância dessa instituição em suas vidas, mas a escola é insuficiente em alguns pontos e isso traz frustrações.

Aluna 2B *A escola não ensina nem um terço do que é a vida.*

Para Dewes e Alves (2013, p. 13), “a escola não acompanha as mudanças da sociedade, em decorrência, não sabe ainda lidar com os sujeitos imersos em uma cultura líquida e, assim, enfrenta uma crise”.

Aluno 12A: *A função da escola era preparar o aluno para vida. Porém, o meu mundo não é o mesmo, não foi o mesmo do meu vô, do meu pai, e nem da minha tia, então tem esse problema. Como é que eu vou me preparar para o mundo se o ensino é o mesmo que foi para o meu vô e tataravô? Como é que se prepara isso para ser igual para mim? Sendo que meu mundo não é o mesmo, ensino tradicional sem haver modificação.*

Aluno 5B: *Acho que o papel da escola além de ensinar o básico e dar um empurrão para avançar na parte acadêmica, ela também tem o papel de inserir a gente na sociedade e isso eles têm falhado um pouco...* (grifo nosso)

Reconhecemos que essas críticas e insatisfações dos alunos refletem certa resistência à escola, como uma resposta à falta de adequação da instituição às suas necessidades e expectativas. Os alunos expressam descontentamento com a qualidade do ensino, e criticam a postura de alguns professores em faltarem às aulas.

Outro o anseio é o de que a escola “ensine para vida real”. Isto foi mencionado desde o início deste Estudo I: há um descompasso entre os conhecimentos ensinados em sala de aula e seu contexto. Dubet (2008) menciona que os jovens que vivem nos bairros

menos favorecidos, têm o sentimento de estarem presos num jogo de azar, pois suas formações, que recebem nas escolas, não desembocam num emprego.

Paulo Freire (1992), nesse contexto, ressalta que não se trata apenas de um fenômeno individual, relacionado ao desinteresse ou escolha do aluno, mas diz que toda a estrutura social contribui para esse processo, resultando no que ele denomina como "expulsa", pois reflete uma série de fatores complexos e interconectados. É esse contexto que faz o aluno ser uma construção social, como defende o Sacristán (2005).

O atual documento da BNCC prevê uma flexibilidade e autonomia para que as redes de ensino e as escolas adaptem o currículo de acordo com suas realidades locais, para fazer sentido e ter a “escola para vida real” que os alunos tanto esperam. No ano de 2024, a escola investigada implementou as competências e trilhas exigidas no novo documento. Porém, se a BNCC é garantidora de uma base comum de conhecimentos para todos os estudantes é uma questão ainda em aberto.

Na Dimensão 3, adentramos em um novo aspecto: o aluno e a ciência, e examinamos o papel do aluno na produção, recepção e aplicação do conhecimento científico, e de que maneira ele percebe que essa interação influencia seu desenvolvimento cognitivo, habilidades de pensamento crítico e compreensão de mundo.

6.6.3 Dimensão 3 – Categoria “Física dissociada da Ciência”

Durante a habitação na escola, investigamos também que perspectivas e sentimentos os alunos tinham em relação à Ciência/Física. Com relação à Ciência, os alunos compreendiam como um conjunto de conhecimentos e pesquisas. Um exemplo dessa importância citada pelos alunos foi a vacina, reconhecendo seu impacto na luta contra a COVID-19:

Aluno 1B: Uma das melhores coisas proporcionada pela ciência foi a vacina que ajudou bastante gente agora na pandemia.

Contudo, quando se referiam à Física, os alunos se expressavam de forma negativa, estereotipada, ou dissociada do seu dia a dia.

Quadro 17: Percepção de “o que é Física” (Turma A e Turma B)

Significado da Física na visão dos alunos
Aluno 5B: <i>É um terror! a pior coisa da humanidade.</i>
Aluno 11B: <i>É porque o que a gente aprende não é uma coisa que está relacionada com o que gente precisa... É uma coisa que a gente só aprenderia na faculdade para quem gosta para quem tem interesse, que quer seguir carreira [de físico (a)].</i>
Aluno 3B: <i>Eu não gosto de física por causa do professor.</i>
Aluna 3A: <i>Eu não sei. Eu não entendo.</i>
Aluno 2B: <i>Eu não entendo nada. É chato!</i>
Aluna 9A: <i>Mas acho que nem é a matéria, eu trocaria o professor.</i>
Aluna 4B: <i>Física é a gravidade.</i>
Aluno 8B: <i>Física é a energia do mundo.</i>
Aluno 1A: <i>é cálculo.</i>
Aluno 6B: <i>“Física é queda da maçã”</i> (grifo nosso)

Fonte: Pesquisadora (2024).

Estas falas corroboram o que outras pesquisas já trouxeram (e.g., Menegotto; Rocha Filho, 2008; Moriggi, 2023), isto é, a Física é percebida pelos alunos da escola pública como uma disciplina desafiadora, difícil de aprender, confundida com cálculo, alguns manifestam uma aversão à disciplina e expressam que poderia estar associado à didática do professor.

Algumas falas [Aluno 1A; Aluno 4B; Aluno 8B; Aluno 6B] associavam a Física a equações, cálculos; ou ainda mais preocupante demonstram uma ingenuidade sobre a natureza da ciência, ao associarem a Física apenas com a história lendária da queda da maçã para que o cientista, Isaac Newton, fosse intuído da Gravitação Universal, tão presente em textos curtos nos livros didáticos.

Embora essa lenda possa ter algum valor simbólico, no sentido de elucidar o processo criativo e a curiosidade de Newton pela ciência, que é uma característica do trabalho científico; ela obscurece as contribuições de outros cientistas e as complexidades envolvidas na construção desse conhecimento; abdica de explorar que os cientistas têm crenças, até mesmo religiosas, e idiossincráticas, passando uma ideia de que talvez a atividade científica não seja para todos (Hoernig; Massoni; Hadjimichef, 2022) e ressalta a ideia inadequada de que a Ciência é linear e acabada (Januário *et al.*, 2022) Portanto,

reduzir a Física à simples queda da maçã, à energia, à gravidade etc., é uma visão estereotipada que desconsidera toda a riqueza e elegância da disciplina. Além disso, como já dito, ignora o contexto histórico, social e cultural no qual as descobertas científicas foram construídas e reconstruídas.

Defendemos que refletir sobre o processo científico com os alunos, amplia a compreensão da ciência como uma disciplina em constante transformação.

De maneira geral, é assustador que alunos do terceiro ano do Ensino Médio associem a Física a sentimentos negativos, a expressões simplistas e equivocadas em vez de percebê-la como uma possibilidade de descrever, prever, explicar os fenômenos naturais.

A literatura da área é rica em apontar que a HFC é uma ferramenta valiosa, capaz de desempenhar múltiplos papéis, como: evitar interpretações distorcidas da natureza da ciência (Silveira; Peduzzi, 2006; Silva; Moura, 2008); auxiliar na superação de concepções inadequadas sobre os conceitos físicos (Espinoza, 2005); contextualizar leis e teorias científicas como produtos de um processo histórico, em vez de atribuí-las unicamente a gênios, ou alguma forma mágica (Dias, 2001). Existem ainda pesquisas sobre a formação inicial e continuada de professores, que apontam que pouco conhecimento da natureza da ciência se dá ao longo da sua preparação docente (Rodrigues; Massoni, 2022), o que resulta em despreparo para abordar temas de Física, especialmente de FM, e disseminação de visões distorcidas nas salas de aula da Educação Básica (Massoni; Moreira, 2014).

Concordamos com De Matos e Massoni (2016) que ao ensinar Ciências/Física, é importante não promover a ideia de uma verdade científica absoluta ou de um método científico infalível. Em vez disso, é fundamental questionar os procedimentos científicos junto aos alunos, o que requer uma análise rigorosa das fontes para a compreensão dos eventos passados (Kuhn, 1997).

Diante dessas percepções dos alunos sobre Ciência/Física, em uma roda de conversas questionamos sobre os conhecimentos/tópicos de Física Moderna, se já tinham escutado ou estudado alguma coisa de FM, lembrando que os alunos estavam no último ano do EM. Vale dizer que fomos interrompidos com uma dúvida de um aluno: “*Sôra, o que é Física Moderna*”?

De maneira geral, nossa resposta fez alusão a que é uma área da Física que estuda fenômenos e teorias que procuram entender como funcionam as coisas muito pequenas, como átomos e partículas subatômicas, e fenômenos que ocorrem em escalas que

envolvem velocidade muito grandes, como a Relatividade, e que nesses casos, a Física Clássica não consegue explicar. A FM também explora áreas como a Cosmologia, a Astrofísica, a Astronomia Moderna, que estudam a origem e a evolução do universo. Dito isso, os alunos (em ambas as turmas) passaram a expor suas dúvidas e/ou experiências com a FM:

Aluno 3A: *Ah sôra, eu já ouvi falar sobre o filme o Interstelar.*

Aluno 8B: *Eu já ouvi sobre quântica no filme Homem-Formiga no mundo quântico. Ele entra lá.. lá no átomo...*

Aluna 10B: *Eu tenho interesse em saber sobre teoria da relatividade.*

Aluna 12 A: *Eu tenho muito interesse, sôra, de estudar a teoria da relatividade. Eu amo Einstein! Ele foi um uma pessoa muito inteligente... ele estudou um monte de coisa, mas ele não era bom na escola...*

Aluno 11A: *Sôra, tem como viajar no tempo?*

Aluno 9B: *De quântica nunca ouvi falar nada além do filme*

Estes excertos, como se pode observar, revelam associações limitadas com conceitos específicos da FM, além abordarem filmes disponíveis em diversas plataformas de *streaming*. Interpretamos que sugeriam curiosidades e interesse em aprender sobre TR, viagem no tempo. Dessa forma, proporcionaram uma boa oportunidade para explanarmos, mais uma vez, os nossos próximos passos, que seria a aplicação do Módulo da TR. Os alunos mostraram interesse e receptividade à proposta.

Nesse âmbito, os alunos começaram a sugerir como gostariam que o Módulo fosse aplicado: achavam interessante que a abordagem fosse com aulas práticas, com linguagem simples e clara dos conceitos, com visitas à museus, com menos atividades mecânicas de aplicação de fórmulas, com aulas mais dinâmicas e lúdicas e que fossem contextualizadas para fazer sentido no seu cotidiano.

De modo geral, aproveitaram para apontar críticas à didática do professor [titular da disciplina], que não ajudava muito para a compreensão dos assuntos tratados em aula. De outro lado, fizemos escuta ao professor de Física, que destacou a dificuldade em avançar os assuntos, pois percebia que os alunos não tinham uma base conceitual e nem matemática, e como já dito, com a crise sanitária que assolou mundo, esse cenário só piorou.

No meio disso tudo, tentamos, na medida do possível, atender aos interesses dos alunos e agregar algumas dessas demandas no módulo didático, objeto do Estudo II. Além

disso, nos inspiramos nas diversas sugestões da literatura, de atividades lúdicas, experimentais e de articulação dos conceitos a aspectos históricos da ciência.

E, para buscarmos minimizar a angústia do professor de Física, com o lento avanço dos temas em sala, nosso grupo da Universidade desenvolveu uma rotina de monitorias, na escola no contraturno, para dar suporte e tentar sanar dificuldades básicas dos alunos. Como sugere Nery (2012, p. 25) não é que o professor “deverá planejar várias aulas para atender a diversidade, mas variar os conteúdos como forma de abarcar os mais diferentes anseios, evitando que os conteúdos de se tornem repetitivos e generalizados”.

Outro ponto discutido nessa roda de conversas foi que, ao citarem Einstein, demos oportunidade a que falassem se tinha mais algum cientista que eles conheciam, quem era e o que sabiam. Prontamente responderam, com vozes sobrepostas uma na outra, citando nomes como: *Newton, Tesla, Steven Hawking e Karl Marx*.

Reparamos que não teve nomes de mulheres, e indagamos mais precisamente.

Pesquisadora: *E mulheres na ciência, quais vocês conhecem, ouviram falar?*

Alunos (vozes sobrepostas): *Aquela da radioatividade...*

Ai..., eu sabia uma... esqueci o nome;

Estou tentando lembrar, professora....;

Tem uma da Astronomia que conseguiu avançar aí... com os estudos dos buracos negros e Marie Curie.

Como podemos perceber, Marie Curie é uma das poucas mulheres na ciência que ainda é citada em sala de aula. De Andrade, Pandini, Bartelmebs e Tegon (2021, p. 1205) observam que, essa pouca visibilidade de mulheres cientistas nos livros didáticos e discursões em sala de aula, gera nas meninas, de maneira subliminar, uma sensação de não pertencimento, de que não são inteligentes o bastante para seguirem na área de Ciências. Além disso, muitas vezes, quando as meninas demonstram interesse e habilidade na área, são rotuladas como “esforçadas”, enquanto os meninos com aptidão para as ciências são chamados de “inteligentes”.

Mesmo que a questão de gênero na ciência não fosse objeto de nossa investigação, achamos pertinente colocar aqui essa visão dos alunos, que não se distanciam de achados das pesquisas da área, sobre a invisibilidade das mulheres na ciência (Silva; Massoni, Alves-Brito, 2024).

De modo geral, o apanhado desta categoria (re)apresentou resultados já discutido anteriormente, e especialmente na literatura da área. Os alunos percebem uma desconexão

entre os conceitos físicos e suas aplicações práticas, concebem a Física de maneira negativa e estereotipada, e expressam um distanciamento com temas de FM (FMC). Daí a importância de esforços de pesquisa para reparar esse distanciamento e buscar atualizar os currículos de Ciências da Natureza na Educação Básica.

Essa desconexão entre a Física/Ciência com a vida cotidiana do aluno representa um desafio para os educadores há décadas (e.g., Ricardo, 2005), bem como para as políticas públicas voltadas para o EM (Brasil, 2006), destacando a importância de abordagens pedagógicas que busquem integrar os conceitos físicos com situações do cotidiano dos alunos, fazendo uma contextualização histórica e epistemológica, e tornando o aprendizado mais relevante e significativo.

Consideramos, desta forma, que fazer a escuta a alunos e ouvi-los como peças fundamentais no processo de escolarização, antes da aplicação do Módulo de Teoria da Relatividade, foi importante para traçarmos novas rotas a fim de atingirmos o maior número de alunos para uma aproximação com a FM.

6.7 A Título de Conclusão do Estudo I

Este Estudo I foi um estudo qualitativo, baseado metodologicamente na escuta e desvelamento de modos como os alunos se veem enquanto “alunos”, como percebem que os adultos os veem, como concebem a escola, a escolarização, a ciência, a Física. Investigamos alunos de uma turma do 2º ano do EM, em 2022, e duas turmas de 3º ano, em 2023, de uma escola pública e periférica da região metropolitana de Porto Alegre.

Através deste, buscamos responder à *Questão 2)* de pesquisa, que aqui retomamos: *O que dizem e pensam os estudantes - o aluno na acepção de Sacristán (2005) - sobre o processo de educação, em particular de educação científica? O que significa para eles ser aluno, estar na escola, ser objeto da escolarização?*

As escutas foram tão contundentes que acabaram por apequenar nosso objetivo, que originalmente era o principal foco desta pesquisa – preparar, aplicar e discutir um módulo de Relatividade junto a turmas do EM.

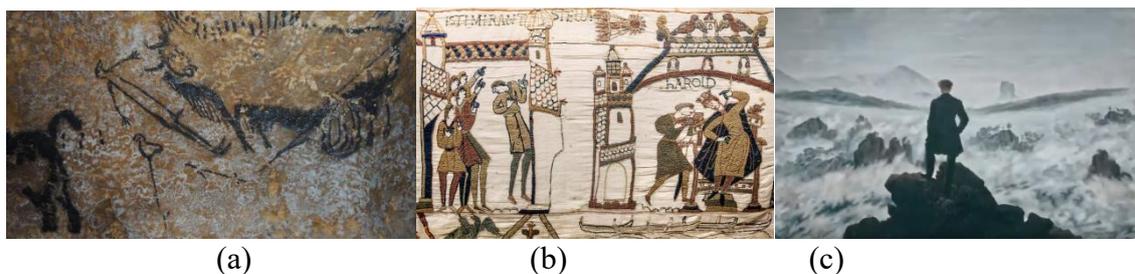
Os estudantes dizem muito: eles estão falando. Contudo, apenas uma escuta sensível pode colocar o/a pesquisador/a [a escola, os adultos, as políticas públicas etc.] em situação de ouvir.

E foram justo essas escutas, encaminhando aqui uma resposta, que se constituíram em momentos muito importantes para a construção de uma relação de confiança: pesquisadora-alunos. Nossa sensibilidade, a partir da perspectiva teórica de Sacristán (2005), foi essencial para abrir um canal de “escuta atenta”, processo que se estendeu por um ano, em que pudemos desvelar aspectos, em geral silenciados, que colocaram para fora as principais preocupações desses alunos: a fome, as dificuldades econômicas, o cansaço, a necessidade prematura de trabalhar, as opções de alguns pelo tráfico, as distorções familiares, os anseios por uma escola mais atenda às suas necessidades, o reconhecimento da falta ou precariedade da infraestrutura escolar.

Tudo isso ressoou, inevitavelmente na pesquisadora e na pesquisa (no caso da violência doméstica detectada, precisamos encaminhar às autoridades cabíveis e foram, sem dúvida, momentos de angústia).

Pudemos compreender melhor que a aquisição de conhecimento e de saberes escolares está associada a objetivos de crescimento pessoal e autorrealização, como sugere Maslow (1943). No entanto, esses objetivos, no topo da hierarquia de necessidades pareceram representar um abismo até a base, onde os alunos se movem, tomados por necessidades básicas. Sem falar que os alunos nunca mencionaram outros quesitos relacionados com bem-estar e crescimento pessoal – como lazer, viagens, passatempo etc. Não há como atingir o topo da pirâmide se atender a todas, uma a uma, as necessidades que compõem a base da pirâmide. Isto compreendido, fica mais fácil entender por que esses alunos clamaram por tantas outras demandas antes que pudessem reconhecer a importância de estar na escola, do conhecimento científico, da Física e da FM.

Figura 14: Imagens de algumas obras que ilustram a busca pelo conhecimento.



Fontes: (a) e (b) capturado de Jorge (2022);

e (c): https://pt.wikipedia.org/wiki/Caminhante_sobre_o_mar_de_n%C3%A9voa.

Assentimos que desde os tempos remotos (o ser humano observa o céu há milhares de anos, Jorge (2022) mostra que a arte rupestre na África do Sul e nas cavernas paleolíticas da Europa, datam de 15.000 a 33.000 anos AEC, e fazem representações do céu, retratam cometas, meteoros etc.), o ser humano se pergunta sobre o significado da vida (Quem somos? Onde estamos? Qual o sentido da vida?). E foi essa busca que deu origem à palavra *educação* (do latim, “*ex ducere*”), que designa nossa vida interior ao conduzir (para fora) a compreensão do mundo. Assim, a busca pelo conhecimento como motor de nossos sonhos e objetivos é inerente à nossa autorrealização. **Isto é bem verdade se fome, sede, sono, segurança e outros itens básicos estiverem atendidos. Porém, não é a realidade que nossos alunos revelaram.**

Estruturamos nossos achados, com base na análise de conteúdo (Bardin, 2011), em três dimensões. A Dimensão 1, *Aluno enquanto sujeito*, envolveu falas e percepções dos alunos do seu próprio “*eu*”. Nessa dimensão, tivemos as categorias: “*Ser Aluno*”; “*Bom Aluno e Mau Aluno*”; “*Ser Aluno e Ser Jovem*” e “*A escola me vê assim*”. De forma geral, os alunos percebem que ser aluno é cumprir regras, respeitar os professores e fazer todas as atividades. Expressam que se conseguem cumprir todo esse ritual, eles [os adultos] o consideram “*bom aluno*”, se não, são “*mau aluno*”. Contudo, criticam as avaliações, e dizem que não necessariamente precisam sempre tirar notas altas em avaliações.

De suas ópticas, “*Ser aluno*” e “*ser jovem*” são coisas distintas, justamente porque a juventude significa, para eles, podem errar, experimentar, aproveitar a liberdade, viver e aprender nesse processo. Ser aluno é estar presos a regras estabelecidas, mas estabelecidas sem consultá-los. No geral, eles se consideram jovens, mas percebem são vistos e tratados pelos adultos, na escola, como crianças/menores/alunos. Porém, como nos alerta Sacristán, esta é uma construção social.

A Dimensão 2, *Aluno e Escola*, revelou uma importante categoria – o “*Pertencimento*” – que já é explorada na literatura, em função de sua importância para o bem-estar emocional e psicológico dos indivíduos, o que tem reflexos na construção de uma sociedade mais justa e equilibrada. Alguns alunos reportaram sentimentos pertencimento à escola, à turma, mas também mencionaram a angústia, ansiedade deixadas na calçada da escola. Mais preocupante foram os que apresentaram insegurança e sentimentos de não pertencimento à escola e/ou à turma. Ainda nesta dimensão, nas categorias “*Percepção dos alunos de uma Escola Ideal*” e “*Influências socioeconômicas*

e a permanência na escola “revelaram anseios por uma escola que atenda não só necessidades fisiológicas (reapareceram fatores já discutidos como comida, segurança, tempo de socialização e descanso), mas que também os possa escutar e construa vínculos mais efetivos com o mundo laboral.

Por último, a Dimensão 3, mostrou que a relação que os alunos têm com a Ciência, especialmente com a Física e com tópicos de Física Moderna, é frágil. A categoria “*Física dissociada da Ciência*” remete a temas já pesquisados na área, uma Física descontextualizada, sem significados, associado a cálculo e de difícil entendimento.

Para Sacristán (2005, p. 36) o ambiente é, antes de tudo, “possibilidade, oportunidade, indicador de caminhos previsíveis, diante dos quais as ações de sujeito decidem o que esse ambiente provocará no desenvolvimento”. Assim, a escola não deve ser um espaço para cumprir regras objetivando a que o menor se torne, aos poucos e aprendendo com os adultos, um adulto, quando será, então, reconhecido socialmente. A ênfase está na ideia de que as consequências não emanam automaticamente do ambiente, e de suas regras, mas são moldadas pelas ações do sujeito. Nesse sentido, a escola precisa ser (re)pensada.

Por fim, habitar essa escola, escutar esses alunos, compreender suas identidades como alunos, suas perspectivas e expectativas em relação ao ambiente escolar, teve implicações profundas e abrangentes para o planejamento, concepção, construção e aplicação do Módulo de Teoria da Relatividade, pois permitiu levar em conta o aluno não apenas como aluno, mas como pessoa, respeitando seus potenciais, suas fragilidades, suas necessidades mais imediatas. A escuta prévia permitiu estruturar as dinâmicas das aulas de forma colaborativa.

Reconhecemos que discutir um tema de FM, como a Relatividade, que é abstrata e antiintuitiva, é um desafio complexo, pois envolve problematizar concepções socialmente bem estabelecidas; requer disposição para atribuir significado a conceitos novos e, para tal, no nosso caso requeria revisitar conceitos não bem aprendidos de Física Clássica, situação que era uma herança de um aprendizado incompleto do período pandêmico.

Contudo, ressaltamos que compreender suas experiências, entendimentos e expectativas, dentro de um contexto social marcado pela vulnerabilidade, foi fundamental para avaliar os argumentos e as argumentações científicas, que pretendemos abordar na atividade que fez uso do modelo de argumentação de Toulmin, e para checarmos em que

medida foi possível promover uma aprendizagem mais contextualizada e com significado. Tudo isso é objeto do Estudo II, que se segue.

CAPÍTULO VII – ESTUDO II: MÓDULO DE TEORIA DA RELATIVIDADE E USO DA ARGUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

Este Estudo II também foi qualitativo. Optamos pelo tipo estudo de caso instrumental (Stake, 2011), pois envolveu a construção e aplicação de uma unidade didática para introduzir conceitos e princípios da Teoria da Relatividade em duas turmas do Ensino Médio (Turma A e Turma B). Essas foram as mesmas turmas ouvidas no Estudo I, portanto, mantivemos o foco nos sujeitos, buscando captar em que medida ocorreu a compreensão dos conceitos, quais eram suas percepções sobre a presença da Teoria da Relatividade no cotidiano, e quais dificuldades se apresentaram no processo de ensino e de aprendizagem. Além disso, analisamos como era a compreensão dos alunos sobre o processo da ciência e como (e se) um enfoque de ensino de TR com um olhar para a HFC pôde contribuir na evolução dessas concepções.

Assim, inspiradas nos resultados da revisão de literatura e produção acadêmica, buscamos desenvolver um módulo que abarcasse a Teoria da Relatividade, em diálogo com elementos de História e Filosofia da Ciência, sendo que como processo avaliativo introduzimos e utilizamos técnicas de argumentação científica, na acepção de Toulmin (2006).

Assim, neste Estudo II, buscamos responder à Questão de pesquisa 3): *De que forma o uso da argumentação, na acepção de Toulmin (2006), pode auxiliar os estudantes a elaborar e compreender um tópico de FM, por meio de uma abordagem histórico-epistemológica e conceitual?*

Após a revisão de literatura discutida nos capítulos iniciais desta tese, que incluiu a leitura de artigos, teses, dissertações e trabalhos de eventos, concebemos uma primeira versão do módulo. No entanto, após a escuta dos alunos no Estudo I, traçamos novas rotas e adaptamos, na medida do possível, para atender às expectativas e necessidades dos alunos. Por exemplo, inserimos no início da intervenção uma retomada de conceitos básicos da Física Clássica e buscamos atividades interativas seguidas de discussões orientadas sobre os princípios fundamentais da TR.

Diversos autores defendem que a construção de argumentos desempenha um papel fundamental na compreensão dos conceitos científicos e na formação de cidadãos mais autônomos, capazes de tomar decisões embasadas em questões relacionadas à ciência e à

sociedade (Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2008; Dawes, 2004; Guimarães; Massoni, 2020; Do Carmo, 2006; Sasseron; Carvalho, 2011).

Assim, nosso intuito foi o de fornecer uma abordagem integrada que não apenas ensinasse conceitos abstratos, mas que estimulasse o pensamento crítico e a capacidade de argumentação dos alunos; cálculos matemáticos foram aplicados somente quando consideramos muito necessários.

O percurso histórico de construção da TR foi abordado sempre que possível, assumindo que: i) leis e teorias científicas não são descobertas a partir da observação pura e da experimentação, não são sínteses indutivas, mas são criações do intelecto humano; ii) o contexto histórico, cultural, social, político em que se desenvolvem as ideias científicas influenciam o trabalho dos cientistas; iii) a ciência é um empreendimento coletivo, não neutro, não fundado em regras rígidas ou em um pretensão “método científico” universal; iv) as observações não são neutras, são sempre seletivas (Peduzzi; Raicik, 2020); v) a História da Ciência enriquece o ensino por discutir o percurso histórico dos cientistas, o contexto da descoberta, os erros, os acertos e as diferentes metodologias que impulsionaram a construção do conhecimento científico.

Mesmo reconhecendo a existência de um pluralismo de ideias sobre o processo da ciência, consideramos que é possível assumir um enfoque de ensino orientado por uma visão epistemológica; neste estudo adotamos a visão evolucionista de ciência de Toulmin, tomando o cuidado de alertar aos alunos que há divergências epistemológicas. Levamos em consideração também achados já presentes na literatura da área, de que discussões implícitas sobre a natureza da ciência são insuficientes para promover uma aprendizagem com significado sobre a natureza da Ciência (Massoni, 2010).

Na secção 7.1 descrevemos a estrutura do módulo e apresentamos o período de aplicação, a carga horária, e na sequência apresentamos a forma como ocorreu a aplicação dessa unidade didática e o seu desenvolvimento, bem como analisamos algumas produções e falas dos estudantes que oferecem indícios de como se deu a aprendizagem conceitual, histórica e epistemológica.

7.1 Apresentação e Estrutura do Módulo Didático

Considerando a natureza empírico-qualitativa desta pesquisa, realizamos uma imersão na escola, utilizando a sala de aula como um laboratório de pesquisa. Nesse sentido, a pesquisadora entrou no campo no qual procedeu a coleta de dados (Charmaz, 2009) e avançou na aventura de pensar e aplicar um módulo de TR.

Todos os encontros com as Turmas A e B ocorreram em períodos cedidos pelo professor de Física, e utilizamos também algumas aulas de Matemática.

O módulo foi implementado ao longo de dez (10) encontros, totalizando quinze (15) horas-aula, com cada período tendo a duração de 50 minutos. A aplicação foi realizada entre 5 de junho de 2023 e 3 de outubro de 2023. O professor de Física regente da escola, que nos cedeu as aulas, entrou nas turmas para reforçar que o conteúdo seria o de Teoria da relatividade e que a pesquisadora ministraria as aulas. Dessa forma, cedeu-nos a relação de alunos para controle da frequência.

Observamos que, como ocorreu no Estudo I, o número de alunos era sempre variável, com um diferencial que, geralmente, era para mais. Foi notável que, conforme os alunos se acostumavam que os períodos de Física estavam cedidos para o estudo da TR e que as aulas eram ministradas pela pesquisadora, a quem já conheciam, eles se esforçavam para irem à escola.

Consideramos que tivemos uma boa receptividade: neste Estudo II participaram 32 alunos juntando as duas turmas (A e B). Neste sentido, seria possível pensar que, mesmo levando em conta a pirâmide de necessidades de Maslow (1943), se o nível de confiança professor-alunos foi adequado, os alunos parecem superar certas necessidades da base da pirâmide, na busca pelo conhecimento e autorrealização, ainda que seja para não decepcionar o esforço do professor (neste caso a pesquisadora).

Para contextualizar, antes de ouvirmos os alunos, principalmente na Dimensão 3 (*Aluno e Ciência*) do Estudo I, tínhamos concebido poder iniciar o módulo didático introduzindo os postulados da Relatividade Restrita de maneira clara, já nas primeiras aulas; que usaríamos simulações e textos históricos; que discutiríamos sobre a simultaneidade, a dilatação do tempo e a contração do espaço; que explicaríamos a equivalência massa-energia e apresentaríamos algumas equações (ainda que fossem apenas mostradas) da TR; e que introduziríamos a noção de curvatura do espaço-tempo com modelos visuais e simulações interativas. Toda a ideia inicial estava focada na

articulação com aspectos históricos e epistemológicos e na apresentação e manuseio mínimo de formulações matemáticas.

Contudo, em todo esse processo de escuta, percebemos que uma breve revisão de conceitos sobre movimentos dos corpos e os tipos de movimentos não seria suficiente. Os alunos não dominavam conceitos básicos de Física Clássica (por exemplo, o que é um referencial, relações entre deslocamento, velocidade e aceleração) e pareciam não ter familiaridade com a Matemática básica (por exemplo, manuseio de equações de primeiro e segundo graus, funções etc.). Uma pesquisa realizada pelo grupo (Moriggi, 2023), trabalhou também com uma unidade temática de FM (Matéria Escura e Energia Escura) junto a uma turma de 3º ano do E.M. de uma escola no Paraná, e identificou que os alunos tinham lacunas com relação à Matemática. Além disso, tinham resistência à aprendizagem, e alimentavam uma crença de que Matemática é abstrata, difícil e distante da realidade concreta. Isso se revelou um dos obstáculos à compreensão da FM.

Para a autora, alinhada à visão de ciência de Bachelard (1973), não é possível “fundamentar a compreensão da Física exclusivamente na experiência física, negligenciando a importância da informação matemática” (Moriggi, 2023, p. 26). É por meio de equações e modelos matemáticos que os cientistas conseguem descrever e prever fenômenos, há toda uma questão da linguagem e estruturação da Física (o discurso científico é cheio de elementos matemáticos: funções, equações, gráficos, vetores, tensores, geometrias etc.); e as lacunas de conhecimentos matemáticos, não há dúvidas, dificultam a aprendizagem da Física (Pietrocola, 2002). Contudo, este era apenas parte do problema, entender que as leis da Física, sintetizadas por equações, são verdades inquestionáveis é um problema epistemológico que pode ter um peso enorme no processo de aprendizagem, pode enraizar concepções inadequadas sobre a natureza da ciência que visamos evitar.

Desse modo, nossa ideia inicial passou por uma mudança de rota. Passamos a ter como objetivo introduzir conceitos de Relatividade, mas com uma abordagem menos profunda. Tomamos como base os livros “Física Conceitual” (Hewitt, 2015); “A Relatividade Einsteiniana: Uma Abordagem Conceitual e Epistemológica” (Peduzzi, 2009); “Alice no país da Relatividade: teoria da relatividade para o ensino médio” (Alencar, 2023); e Entre telescópios e potes de barro: expedições científicas do eclipse solar na comprovação da teoria da relatividade em Sobral – CE / 1919 (Rodrigues, 2013). De maneira complementar, valemo-nos do vídeo "Teoria da Relatividade para o Ensino

Médio" do canal "Física Relativa", Youtube²³, que foi utilizado durante o terceiro encontro do módulo, logo após a introdução aos conceitos básicos da Física Clássica, cuja finalidade principal foi fornecer uma explicação visual e simplificada dos conceitos da TR, servindo como um complemento ao conteúdo teórico. Embora o vídeo não traga elementos histórico-epistemológicos, ele ajudou a engajar os alunos e a facilitar a compreensão de conceitos complexos por meio de animações. A dissertação de Sá (2015) também foi utilizada principalmente na fase de planejamento do módulo e como referência durante a elaboração das aulas. Especificamente, as partes da dissertação que tratam da introdução dos conceitos de TR a partir da Física Clássica. Assim, a comparação entre a visão clássica e a relativística do movimento e a introdução gradual dos postulados da TR, como mostra a Figura 15, por exemplo, foram extraídos da dissertação, e adaptados para o módulo.

Figura 15: Proposta de inserção da TR para o 1º ano do EM feita por Sá (2015).

Quadro 1 - Sugestão dos temas da Teoria da Relatividade Restrita e Geral a serem inseridos ao longo do 1º ano do ensino médio em paralelo aos temas clássicos usualmente abordados nessa etapa

Série	Temas Clássicos	Temas da Teoria da Relatividade
1º ano	Áreas da Física / O que é Física? ou ainda Introdução à Dinâmica	1. Uma breve história da Mecânica: de Aristóteles à Teoria da Relatividade
	Referenciais (posição/movimento/repouso/velocidade/trajetória como conceitos relativos) ou Velocidade Relativa	2. Velocidade e referenciais: a velocidade da luz e o 2º postulado da Teoria da Relatividade Especial
	Qualquer momento dos estudos da Cinemática	3. Dilatação do tempo e contração do espaço
	Leis de Newton	4. Deformação do espaço-tempo: a inércia segundo a Teoria da Relatividade Geral
	Leis de Newton	5. Limitações da Mecânica Newtoniana: surgem duas novas mecânicas
	Energia	6. A massa tem energia? – A equação mais famosa de Einstein
	Gravitação	7. Deformação do Espaço-Tempo: Desvio na trajetória da luz

Fonte: capturado de Sá (2015, p. 60).

Assim, o que conseguimos abarcar, dentro do que era ofertado pela escola, foram aulas expositivas e dialogadas, algumas práticas simples em sala de aula, discussão de elementos da argumentação científica e um debate final com base na argumentação. Tais

²³ Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=VHcvlrHjg6U> Acesso maio de 2023.

estratégias foram aplicadas para uma melhor apropriação dos conceitos por parte dos alunos.

O módulo foi elaborado de maneira colaborativa com o professor de Física titular, levando em consideração os interesses dos alunos sobre como gostariam de aprender Física (subseção 6.7.4). Mesmo tendo feito tal adaptação, tínhamos que ter sempre um segundo plano (Plano B), para os imprevistos comuns que aconteciam na escola.

Vale ressaltar que o professor de Física teve dificuldades em ceder até mesmo essas aulas, pois havia na escola um fenômeno recente, associado à drástica redução de períodos destinados às disciplinas de formação básica na área de Ciências da Natureza, em função de a escola estar implementando, em 2023, a BNCC (Brasil 2018) e o novo Ensino Médio (Brasil, 2017). A redução de carga horária, já mapeada na literatura (Massoni; Alves-Brito, Cunha, 2021) é preocupante, pois o E.M. é lugar de aprofundamento dos conhecimentos científicos adquiridos em etapas anteriores, e com apenas uma hora-aula semanal coloca-se em risco a formação de um pensamento fundamentado em princípios e conceitos da Física, Química e Biologia.

Dessa forma, para conseguirmos dois períodos conjugados nas Turmas A e B, contamos com aulas cedidas pela professora de Matemática, que tinha três períodos em cada turma. Como era constante a falta de algum professor, na medida do possível, usávamos também essas aulas, evitando que os aulas fossem dispensados. O módulo didático foi estruturado como mostra o Quadro 18

Quadro 18: Cronograma das aulas do Módulo de TR (Turma A e Turma B) em 2023.

Cronograma e abordagens desenvolvidos na aplicação do módulo de Teoria da Relatividade

<p>1º encontro: 05/06/2023 - 1 h/a</p>

- | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Explicar os raciocínios da lógica aristotélica; explorar a construção do pensamento científico, modelos e maneiras de se fazer ciência. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

<p>Aula expositiva e dialogada visando problematizar “o método científico”. Dedicamos uma parte significativa da aula à discussão de conceitos e ideias epistemológicas, como raciocínio lógico, modelos e métodos científicos. Esta escolha foi influenciada pelo contexto escolar dos alunos, pois estava ocorrendo uma Feira de Ciências (com a colaboração do nosso grupo de pesquisa e extensão). A abordagem dessas questões não apenas facilitava a compreensão das formas de fazer ciência, mas também ajudava os alunos a compreenderem a natureza do conhecimento científico e os processos de validação e refutação de teorias. Enfatizamos que a construção da ciência não é linear e sofre influências de contextos históricos e culturais, destacando a natureza dinâmica e evolutiva da ciência, conforme a epistemologia de Toulmin.</p>

2º encontro: 12/06/2023 - 2 h/a

- Apresentar o modelo de argumentação científica do Toulmin (2006).

Atividade proposta: No início da aula, foi proposto que os alunos elaborassem um “bom argumento” sobre o porquê mereciam ganhar pirulitos, explicitando as razões na construção do seu argumento. Cada aluno entregou seu argumento, em seguida, exploramos coletivamente o modelo de argumentação de Toulmin (2006).

Apresentação do modelo de argumentação científica: Utilizando slides, apresentamos o modelo de argumentação científica de Toulmin. Explicamos cada componente do modelo: Reivindicação (ou Afirmação); Dado; Justificativa (ou Garantia); Respaldos (ou Apoio); Refutação (ou Reserva) e Conclusão. Após a discussão, os alunos receberam os argumentos entregues para identificar algum elemento (se houve ou não) da argumentação proposta por Toulmin.

A ideia seguinte é que eles reconstruíssem melhorando seus argumentos, no entanto, a aula foi interrompida e essa reescrita não foi possível fazer, devido a problemas externos. Sendo possível apenas fazer a identificação dos elementos presentes (ou não) em seus argumentos e todos receberam o pirulito.

3º encontro: 13/06/2023 – 2 h/a

- Revisitar conceitos básicos de velocidade, deslocamento e referenciais.

Aula expositiva para discutirmos e sanar dúvidas sobre conceitos iniciais de velocidade, deslocamento e referencial, com ênfase na Física Clássica, e exploramos a questão: é possível um objeto estar em movimento e parado ao mesmo tempo?

Atividade proposta: com caixinhas coloridas (construídas de cartolina) sobre a mesa, a proposta era alternar qual caixinha se movia em relação a determinado referencial; fazia-se a alternância de movimento e de referencial por meio de questionamentos: “e agora, a caixinha amarela está em movimento ou repouso em relação a caixinha rosa?”. Durante a atividade, os alunos observaram e discutiram como a percepção de movimento e repouso depende do referencial adotado. Essa experiência prática demonstrou a natureza relativa desses conceitos. Relacionamos essas observações com a visão evolucionária de ciência de Toulmin, que argumenta que os conceitos científicos evoluem com novas descobertas e contextos.

4º Encontro: 14/06/2023 - 2 h/a

- Explorar a soma de velocidades na Física Clássica e introduzir a velocidade da luz como uma constante da natureza.

Começamos a aula com uma revisão dos conceitos de velocidade e referencial discutidos anteriormente. A partir disso, avançamos para a soma de velocidades na Física Clássica. Utilizamos slides e discutimos as contribuições de Michael Faraday à física experimental, especialmente suas descobertas em eletromagnetismo. Explicamos como Faraday investigou a relação entre eletricidade e magnetismo, estabelecendo as bases para a teoria eletromagnética. Em seguida, introduzimos os estudos teóricos de James Clerk Maxwell, que unificaram os trabalhos de Faraday em um conjunto de equações conhecidas como Equações de Maxwell. Destacamos que essas equações previam a existência de ondas eletromagnéticas que se propagam à velocidade da luz. Neste ponto, ressaltamos a importância histórica das descobertas de Faraday e Maxwell. Falamos sobre o contexto da época, quando a ciência estava em um período de intensa investigação e descoberta, com cientistas questionando e expandindo os limites do conhecimento existente. Ressaltamos as contribuições

experimentais de Faraday e a visão teórica de Maxwell, que unificou o trabalho de seus predecessores transformando nossa compreensão do eletromagnetismo.

Pergunta Central: *A velocidade sempre depende do referencial? Será?*

Após reflexão e debate entre os colegas, concluímos a aula discutindo a introdução da velocidade da luz como uma constante da natureza. Explicamos que, de acordo com as Equações de Maxwell, a velocidade da luz no vácuo é uma constante da natureza, independentemente do referencial. Essa ideia desafia a visão clássica de que todas as velocidades são relativas e dependem do referencial o que levou ao desenvolvimento da Teoria da Relatividade revolucionando assim, a Física no século XX. Reforçamos a importância de questionar e testar nossos entendimentos científicos, salientando a natureza evolutiva da ciência, conforme destacado pela visão evolucionária de Stephen Toulmin.

5º Encontro: 19/05/2023 - 1 h/a

- Debater a existência (ou não) do éter e as suas implicações.

Nesse encontro, de forma expositiva e dialogada, explanamos que no século XIX o éter era considerado um meio invisível que preenchia todo o espaço e era necessário para a propagação das ondas de luz, similar ao modo como o som precisa de um meio para se propagar. Este conceito foi fundamental para a física daquela época e foi amplamente aceito. Utilizando slides, elucidamos como Michelson e Morley tentaram medir a velocidade da Terra através do éter, esperando detectar variações na velocidade da luz causadas pelo movimento da Terra. Discutimos o impacto dessas descobertas na comunidade científica da época, mencionando como essa refutação levou a uma reavaliação dos fundamentos da física.

6º Encontro: 20/06/2023 - 1 h/a

- Apresentar os postulados da Teoria da Relatividade Restrita.

A aula começou com uma exposição para introduzir os postulados da TRR. Utilizando o quadro, explicamos os dois postulados fundamentais: a constância da velocidade da luz em todos os referenciais inerciais e a invariância das leis da física em todos os referenciais inerciais. Discutimos também como as transformações de Lorentz, que descrevem as mudanças nas medições de espaço e tempo, e a simetria das leis físicas de Poincaré prepararam o terreno para o desenvolvimento da teoria, na ocasião, ressaltamos a visão de Toulmin sobre a ciência como um esforço coletivo.

Atividade Proposta: Os alunos foram incentivados a pesquisar o significado de "postulado" utilizando, de sua preferência, dicionários disponíveis em sala de aula ou seus celulares.

A ideia era incentivá-los a pesquisar termos específicos e desenvolver habilidades de pesquisa promovendo a autonomia no aprendizado (Mayer, 2004). Alguns alunos estavam usando um dicionário pela primeira vez; já o uso de celulares foi tomado como uma ferramenta de acesso rápido a informações, reconhecendo o âmbito digital que estamos inseridos.

7º Encontro: 27/06/2023 - 2 h/a

- Explanar os conceitos de simultaneidade, dilatação temporal e suas consequências.

A aula começou lembrando os postulados, e seguiu com a apresentação sobre os conceitos de simultaneidade e dilatação temporal, utilizando slides. A explicação incluiu as contribuições de Henri Poincaré para a compreensão do tempo e do espaço.

Atividade Prática: Para ilustrar a dilatação temporal, realizamos uma atividade prática na sala de aula. Um aluno com um skate e outro aluno com um cronômetro ficaram em um canto da sala. O aluno no skate começou a se mover enquanto o aluno com o cronômetro registrava o tempo. Ambos tinham seus próprios cronômetros. Após o aluno no skate atingir o outro lado da sala, os alunos compararam seus tempos. Explicamos que, segundo a Teoria da Relatividade Restrita de Einstein, o

tempo medido pelo aluno no skate deveria ser menor que o tempo medido pelo aluno parado, demonstrando a dilatação do tempo devido ao movimento relativo, mas a alertamos para a dificuldade de detectar em pequenas velocidades. Por isso, ressaltamos que essa demonstração em sala de aula serve apenas como uma ilustração simplificada do conceito. Destacamos que, no espaço, a dilatação temporal é medida com precisão utilizando relógios atômicos extremamente precisos, instalados em satélites que viajam a altas velocidades e estão sujeitos a efeitos gravitacionais mínimos. Em contraste, nossa sala de aula não pode replicar essas condições. O movimento do skate é muito mais lento comparado à velocidade da luz, e a precisão dos cronômetros comuns não se compara aos relógios atômicos. Além disso, explicamos que os efeitos gravitacionais e outros fatores ambientais na Terra não são anulados como no espaço. Portanto, a atividade prática era um amparo para ajudar a visualizar como ocorre essa dilatação.

8º Encontro: 28/06/2023 - 1 h/a

- Explorar aplicações práticas da Teoria da Relatividade e o fato histórico do Eclipse de Sobral.

Nessa aula foi adotada uma perspectiva que enfatizava o processo histórico de desenvolvimento da teoria da TRG e não apenas a confirmação experimental com o eclipse ocorrido em Sobral. Foram discutidos as diferentes expedições e os avanços teóricos que levaram à aceitação da TRG, mostrando a ciência como um processo evolutivo e colaborativo. Utilizamos textos de artigos de historiadores da ciência (por exemplo, Guerra, Braga e Reis, 2007; Santos *et al*, 2022; Ferreira, Gurgel, 2017) para contextualizar esses eventos e explorar a evolução das ideias científicas fazendo uma síntese para os alunos. Em seguida, por meio de animações e slides, explanamos as implicações da TR em tecnologias como o GPS (Global Positioning System), a física dos buracos negros e a detecção de ondas gravitacionais. A aula destacou como os conceitos teóricos desenvolvidos por Einstein têm aplicações práticas que afetam nosso dia a dia e expandem nossa compreensão do universo.

9º Encontro: 11/07/2023 - 2 h/a

- Debate (a favor ou contra) a correção da Relatividade de Einstein e o uso do GPS.

As turmas foram divididas em dois grupos para um debate. Um grupo elaborou argumentos a favor da correção e importância do GPS atualmente, destacando como a Teoria da Relatividade é fundamental para o funcionamento preciso dos sistemas de navegação por satélite. O outro grupo argumentou contra a necessidade dessa correção. Esse debate estimulou os alunos a pensarem criticamente sobre o papel das teorias científicas e sua aplicação prática.

10º Encontro: 03/10/2023 - 1 h/a

- Retomada/revisão dos conceitos da TRR.

Para concluir a série de encontros, depois das férias de inverno, foi realizada uma declamação em grupo de uma História em Quadrinho no formato de cordel sobre a Teoria da Relatividade, elaborada pela pesquisadora (Januário; Nobre, 2019). Essa atividade combinou elementos de arte e ciência, facilitando a compreensão dos conceitos através de uma abordagem lúdica e culturalmente rica. A utilização de cordéis serviu como uma ponte para revisar e reforçar os principais conceitos discutidos ao longo do módulo, promovendo uma abordagem interdisciplinar que combina ciência e cultura. Esse formato permitiu aos alunos explorarem a Teoria da Relatividade de maneira dinâmica, lúdica e de forma criativa.

Alguns desafios:

- 18/07/2023 a 30/07/2023 - Sem atividades escolares (Férias de inverno);
- 07/08/2023 agendamos visita ao Planetário da UFRGS, mas foi cancelada pela escola (não conseguiram organizar a logística e a documentação necessária, como autorizações dos pais e responsáveis);
- 14/08/2023 reagendamos a visita ao Planetário da UFRGS; novamente cancelada pela escola; (não tinha um professor disponível da escola para acompanhar pesquisadora e alunos). Outras dadas foram negociadas, mas sem êxito.

Fonte: Pesquisadora (2024).

Passamos a discutir, resumidamente, aspectos da aplicação dessas etapas do módulo didático.

7.2 Aplicação do Módulo de TR

Embora os conceitos e atividades que conseguimos implementar pareçam poucas ou insignificantes para a compreensão da TR, cada encontro nos levava a novos questionamentos, o mundo se desvelava à nossa frente. Os métodos da pesquisa qualitativa ampliam a nossa perspectiva da vida escolar, e aprofundam aquilo que aprendemos dela e sobre ela (Charmaz, 2009, p. 31).

Por exemplo, o início do módulo foi dedicado à discussão de conceitos e ideias epistemológicas: raciocínio lógico, modelos e os métodos científicos. Estes assuntos foram discutidos porque faziam parte do contexto dos alunos naquele período, uma vez que acontecia na escola, com ajuda do nosso grupo de pesquisa e extensão, uma Feira de Ciências e, por isso, fazia sentido abordarmos questões relativas às maneiras de se fazer ciência, de construir projetos de pesquisa, de apresentar os resultados etc., que era inclusive objeto de uma pesquisa no grupo (Silva, 2023). Em seguida, no segundo encontro, apresentamos e discutimos elementos da argumentação científica, *modelo de Toulmin*, que nos serve de referencial teórico-metodológico. A ideia não foi de que os alunos memorizassem muitos termos técnicos que compõem argumentações sofisticadas, mas sim lhes oferecer uma base geral de como os raciocínios de Toulmin são construídos, para que compreendessem como raciocínios científicos são estruturados.

Para Toulmin (2006, p. 211), os padrões para julgar a solidez, a validade, o poder de convencimento ou a força dos argumentos são campo-dependentes (isto é, não são

invariáveis ou regidos por regras lógicas); para ele, não há um padrão único de validade para todo e qualquer argumento independente do campo; ao contrário, qualquer argumento é formalmente válido se for exposto de tal modo que se possa chegar à conclusão mediante uma adequada disposição dos termos nos dados e na garantia.

Nos encontros seguintes, focamos nos conteúdos de Física, começando com a retomada de conceitos e princípios básicos da Física Clássica, especialmente de cinemática, até chegarmos nos conceitos introdutórios da Teoria da Relatividade. A ênfase em todos os encontros foi voltada para os aspectos históricos e epistemológicos da ciência, e a Matemática, como já discutido, foi apresentada e usada minimamente.

A retomada de conceitos de cinemática foi útil porque, na discussão, percebemos que os alunos não faziam ideia de que o movimento é um conceito estudado desde a antiguidade grega, ou antes (Jorge, 2022), e apresentavam entendimentos incertos sobre movimento e repouso. Para elaborar essa aula, algumas dissertações (como Almeida, 2016; Castilhe, 2005; Wolff, 2005; Fiasca, 2018) foram importantes para apontar caminhos que articulassem a Física Clássica para introduzir a TR, numa abordagem histórico conceitual.

Algumas perguntas de reflexão que estão inseridas na coluna Metodologia (Quadro 17), foram estratégias para aguçar a curiosidade dos alunos e para despertar interesse em buscar respostas, bem como incentivar que criassem argumentos, mesmo que bem simples, para irem treinando o processo de construção de um pensamento lógico.

As atividades práticas, também bastante simples, foram maneiras de tentar deixar mais palpável, visível, um conhecimento que é abstrato. Assim, não se tratava propriamente de experimentos, mas de interações buscavam tornar o conhecimento mais acessível e mais próximo da realidade dos alunos. Vale salientar também que em todos os encontros, a pesquisadora buscava exemplificar, relacionar cada conceito científico com algo que eles já conheciam. tendo sempre o cuidado de não perder de vista a cientificidade do conteúdo.

A dinâmica da escola nos anos de 2022 e 2023, em que lá habitamos, manteve um padrão em relação à falta de professores; sempre que isso ocorria, os alunos eram liberados antes do horário. Havia também episódios de faltar água na escola ou não ter uma comunicação clara e eficiente entre os coordenadores e professores sobre essas mudanças repentinas. Dessa forma, alguns de nossos encontros sofreram alterações ou mesmo não puderam ocorrer, a exemplo da aula de campo, visita ao Planetário da Universidade, que não ocorreu.

7.2.1 Discussão sobre o Modelo de Toulmin

Iniciamos o segundo encontro do módulo (em 12/06/23), com uma dinâmica para introduzir elementos da *modelo de Toulmin*: levamos para a sala de aula um pacote de pirulitos, por saber que eles tinham grande preocupação com a questão da fome e porque gostavam desse doce; desafiamos os alunos a justificarem o porquê mereceriam ganhar um pirulito, produzindo textos curtos. Depois que todos escreveram suas justificativas, recolhemos os textos para análise e, então, explanamos sobre o “modelo de Toulmin”, utilizando *slides*. Como já dito, o objetivo era fornecer um arcabouço dos elementos importantes para se construir um bom argumento.

Vale retomar aqui os elementos presentes modelo (Toulmin, 2006):

- **Reivindicação (ou Afirmação):** é a afirmação principal ou a tese do argumento que o argumentador deseja que o público aceite. (*Resposte à pergunta "o que você está tentando provar/explicar?"*)

- **Dado (D):** são os fatos que sustentam a reivindicação, isto é, base sobre a qual a conclusão está construída. (*Responde "quais são os fatos ou evidências que apoiam essa reivindicação"?*)

- **Justificativa (ou Garantia):** é uma afirmação geral que faz conexão entre dados e (*Responde à pergunta: "como os dados sustentam a reivindicação"?*)

- **Resaldos (ou Apoio):** fornecem suporte adicional à justificativa. Aqui pode-se incluir leis, teorias, ou informações contextuais adicionais. (*Respondem à pergunta: "quais razões adicionais para acreditar que a justificativa é válida?"*)

- **Refutação (ou Reserva):** A reserva aborda possíveis objeções à reivindicação. Ela considera contra-argumentos ou condições sob as quais a reivindicação pode não ser verdadeira. (*Geralmente, usa-se os conectivos: "embora"; "apesar de"; "contudo"; "entretanto"*)

- **Conclusão (C):** se refere à afirmação que se deseja defender – reivindicação.

Durante a explicação de cada um desses elementos, houve boa interação e os alunos foram sugerindo alguns temas para construirmos juntos um argumento. Alguns exemplos de temas foram: as vacinas durante a pandemia da Covid-19, a legalização da maconha, o racismo na escola e na sociedade.

A dinâmica foi a seguinte: naquele encontro tivemos dois períodos de 50min, os alunos escreveram seus argumentos [porque mereciam ganhar um pirulito]; colocavam

os textos na mesa da professora-pesquisadora; a pesquisadora explicou, então, o *modelo de Toulmin* com uso de *slides* e quadro; após a explicação, enquanto faziam anotações, a pesquisadora leu as tarefas e devolveu-as com comentários; passou-se na sequência a discutir coletivamente os argumentos construídos; os alunos puderam comparar seus argumentos com os elementos de Toulmin, e opinar sobre quais tinham sido “bons argumentos”.

Na subseção seguinte, exploramos alguns desses argumentos inferindo alguns comentários.

7.2.1.1 Análise de alguns argumentos criados pelos alunos (Turmas A e B) na dinâmica de sala de aula (sobre ganhar um pirulito)

Exploramos aqui alguns argumentos elaborados pelos alunos [“merecimento do pirulito”], sendo que isto foi feito em aula para fixar conceitos sobre introdução à lógica argumentativa de Toulmin.

Diante disso, consideramos que, se o estudante apresentasse em seu argumento, no mínimo, uma conclusão (C), um dado (D) e uma justificativa (J) ou um apoio/respaldo (A), seria considerado um argumento válido.

Quadro 19: Argumentos dos estudantes à dinâmica proposta para ganhar o pirulito. (Turmas A e B)

Respostas dos alunos para ganhar um pirulito	Resultado da Avaliação	Comentário dos alunos
Aluna 18A: <i>Mereço um pirulito pois além do açúcar nos dar energia para fazer mais atividades, me ajuda com uma distração e foco, já que foi comprovado que comer um pirulito ou mascar um chiclete ajuda a absorver o conteúdo, e memorizar assuntos. Mereço um pirulito por ter a oportunidade de guardá-lo e dar em forma de presente para um amigo ou amor.</i>	V (CDJA)	Aluna 18A: <i>Bah, fui muito bem, mas poderia ter colocado algo ainda melhor.</i>
Aluna 4A: <i>Eu mereço um pirulito porque presto atenção em suas aulas e sou disciplinada. Sou uma aluna boa e muito interessada no conteúdo de física. Sou respeitosa e respeito meus colegas</i>	N(JC)	Aluna 4A: <i>Poderia ter colocado que ganhar pirulito deixar a gente mais feliz, porque a gente ganhou um presente. Todo mundo gosta de ganhar presente.</i>

Aluna 10B: <i>Eu mereço o pirulito porque busco, em todas as aulas me esforçar e prestar atenção nas explicações teóricas. Visto isso, ao receber o pirulito meu cérebro entenderá que ganhei uma recompensa pelo meu desempenho, graças à dopamina. Portanto, certamente minha dedicação irá crescer mais caso eu ganhar o doce.</i>	V(CJD)	Aluna 10B: <i>Ah, eu mereço é dois pirulitos, eu posso melhorar, mas fui tá melhor que os dos guri.</i>
Aluno 11B: <i>Eu mereço o pirulito porque nos conhecemos a mais de um ano e temos mais tempo de amizade do que os outros, não rodei de ano então pude continuar fazendo parte do seu projeto em relação com os alunos. ♡ 😊</i>	N(CJ)	Aluno 11B: <i>Eu foquei apenas na amizade, o que é verdade.</i>
Aluno 6A: <i>Eu mereço o pirulito porque sou um aluno bom, legal com as pessoas e estou sempre correndo atrás do meu futuro 😊.</i>	N(CJ)	Aluno 6A: <i>vendo os dos colegas, o meu não tá tão rico.</i>
Aluno 12B: <i>Devido ao mal tempo, eu mereço ganhar o pirulito por ter vindo e ter o compromisso na sua aula, e contribuir de alguma forma a sua aula.</i>	N(CJ)	Aluno 12B: <i>pôh sôra, tá um temporal lá fora.</i>
Aluna 3A: <i>Porque segundo a terceira lei de Newton, a ação de força sobre um corpo, ele corresponde a uma força de reação. Minha ação de força é implorar por um pirulito, agora é sua vez de ter a força de reação.</i>	V(AJC)	Aluna 3A: <i>a gente tem que usar a física ao nosso favor!</i>
Aluno 16B: <i>Mereço ganhar porque eu vim na aula, me comporto e porque eu amo a Derlandia! PS: sou lindo também.</i>	N(CJ)	Aluno 16B: <i>Ei, sôra, não adianta apenas ser bonito, né?!</i>

Fonte: Pesquisadora (2024).

Na avaliação, N foi usado para designar que aquele argumento não foi válido; V significava que o argumento foi validado. Essa validação (ou não) dos argumentos foi feita em conjunto, como já dito, a pesquisadora conduzia a discussão e chegávamos a um parecer coletivo para o argumento construído.

Os argumentos da Aluna 18A e Aluna 10B foram eleitos como os que mais forneceram elementos toulminianos, pois continham dados (D) e apoios (A) para apoiar a reivindicação/conclusão (C) de porque mereciam ganhar um pirulito. Por exemplo, mencionaram o papel do açúcar para fornecer energia ao nosso corpo; a ajuda que o pirulito poderia dar na manutenção do foco, e citaram uma pesquisa sobre os benefícios de comer um pirulito para a absorção de conteúdo; também argumentam sobre poder presentear um amigo ou o amor [Aluna 18A], e que o cérebro entenderia como uma recompensa [Aluna 10B]. Observamos que os argumentos mencionavam sobre os benefícios de comer um pirulito, mas não destacaram, por exemplo, o impacto negativo do açúcar se e quando consumido em excesso. Consideramos um aspecto positivo que

os(as) alunos(as) reconheceram que poderiam melhorar e fortalecer ainda mais seus argumentos.

Em geral, as Turmas A e B perceberam que os colegas que apresentaram nos argumentos alguma ideia advinda de estudos científicos tenderam a serem a ser mais persuasivos, até mesmo a tentativa da Aluna 3A, mesmo assumindo que as leis de Newton não se aplicam diretamente ao comportamento humano e suas interações sociais, os colegas consideraram ser um bom argumento.

Após essas discussões, os alunos puderam refazer seus argumentos, com fim de treino e melhora argumentativa, mesmo assim todos receberam pirulitos. Essa aula foi interrompida por acontecimentos externos à escola e não conseguimos discutir os novos argumentos reconstruídos.

7.2.2 Apresentação das dinâmicas das aulas de Física

Nesta seção discutimos algumas atividades gerais sobre a aplicação do conteúdo de Física, propriamente dito. Durante as atividades conduzidas em sala, observamos que muitos alunos tinham conhecimentos incertos ou não lembravam conceitos sobre movimento, repouso, velocidade etc. A exemplo, na discussão inicial.

Pesquisadora: *O que significa dizer que um corpo está em movimento?*

Alunos (vozes sobrepostas) — *ter gravidade;*

— *Estar em rotação;*

— *Não faço ideia;*

— *Não estar parado.*

Foi preciso avançar na discussão de conceitos de Física Clássica e oferecer um repertório de exemplos de fenômenos físicos que descrevem o movimento e/ou repouso de um corpo em determinado referencial, a saber: pedimos aos alunos que imaginassem um carro viajando a 60 km/h em uma estrada reta; em seguida, discutimos como o movimento do carro seria percebido por um observador em repouso na estrada e por um passageiro dentro do carro. Explicamos que, para o observador na estrada o carro estaria em movimento a 60 km/h, enquanto para o passageiro no carro, ele estaria em repouso em relação ao carro. Fizemos também comparações de velocidade de uma pessoa caminhando com a de um ciclista e a de um carro em movimento. Destacamos como diferentes referenciais (um observador parado *versus* outro em movimento) alteram a

percepção da velocidade relativa desses objetos. Aos poucos, os alunos foram demonstrando e expressando uma compreensão mais elaborada desses conceitos. Ficou mais claro para eles que a ideia de movimento e repouso é relativa ao referencial adotado, o que levou os alunos a refletirem sobre a importância de compreenderem o contexto na análise de situações físicas. Demonstraram que tinham uma compreensão intuitiva de velocidade. Apontamos que a velocidade de um corpo depende do referencial adotado, usamos exemplos práticos e exercícios de comparação entre velocidades. Além disso, abordamos sobre a transformação de unidades de medida [metro por segundo (m/s) para quilômetro por hora (km/h)], e discutimos diferentes escalas de velocidade, que podem alterar a percepção do movimento. Ao final da aula, os alunos ficaram entusiasmados pela compreensão do assunto.

Aluno 1A: Meus Deus! Eu não acredito que entendi isso, três anos e só agora entendi;

Aluno 4B: Bah, agora tudo faz sentido, como assim nunca tinha percebido isso?

Pensando na introdução de postulados da TR, os alunos foram desafiados a refletir e pesquisar sobre a ideia de que a velocidade da luz nem sempre depende do ponto de referência. Essa provocação levantou questões interessantes sobre a natureza da velocidade, as implicações do éter e sua relação com a relatividade do movimento. Por meio de questionamentos e experimentos simples, os alunos foram levados a refletir sobre a constância da velocidade da luz em diferentes referenciais, sendo este um dos princípios fundamentais da TR. Propusemos um experimento interativo: alunos andando de skate na sala de aula e cronometrando o tempo de deslocamento, e outros cronometrando em repouso. Foi uma forma simples, mas desafiadora, de demonstrar a relatividade do tempo em função da velocidade, os levando, aos poucos, a compreenderem que o tempo passa de maneira diferente para observadores que se descolam com diferentes velocidades.

Aluno 8A: O tempo passa de maneira mais lenta para quem está de skate.

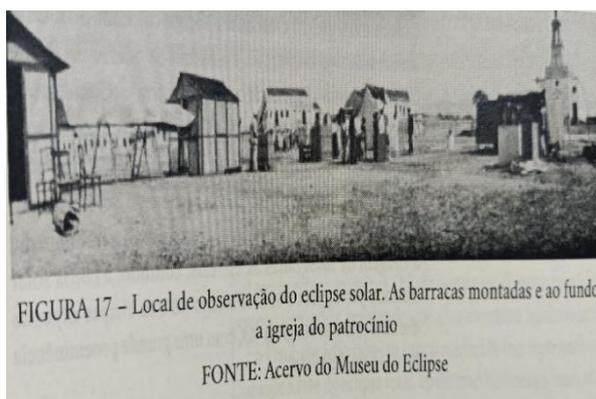
Os alunos ficaram inquietos, refizeram o experimento interativo várias vezes, tentando sempre alcançar uma velocidade maior no *skate*, pois percebiam que quanto maior fosse a velocidade, menor poderia ser o tempo marcado. Na verdade, explicamos que essa detecção é muito difícil a baixas velocidades. Com isso, conceituamos a simultaneidade, a dilatação temporal e suas consequências. Salientamos que, no espaço a dilatação temporal é medida com precisão utilizando relógios atômicos extremamente precisos, instalados em satélites que viajam a altas velocidades e estão sujeitos a efeitos

gravitacionais mínimos; em contraste, em nossa sala de aula não se poderia replicar essas condições. O movimento do *skate* é muito mais lento quando comparado à velocidade da luz, e a precisão dos cronômetros comuns não se compara a dos relógios atômicos. Além disso, há os efeitos gravitacionais e outros fatores ambientais na Terra que não são desprezados como no espaço.

Usamos no tratamento desses assuntos sempre uma abordagem histórica: o desenvolvimento da teoria eletromagnética por Maxwell; experimento de Michelson-Morley; a refutação da teoria do éter; a proposição da TRR por Einstein; as contribuições de Poincaré, Lorentz, por exemplo.

No caso da TRG, a pesquisadora, por ser natural do Estado do Ceará, teve a oportunidade de, antes de conduzir a atividade, visitar o planetário e os museus da cidade de Sobral, onde a expedição original para comprovação da Teoria da Relatividade ocorreu. Pudemos coletar informações e examinar documentos que descreviam os acontecimentos da época, e os sentimentos da população de Sobral e arredores. Assim, conduzimos a aula de forma a proporcionar uma experiência de “contação de histórias”, em que os alunos se organizaram, sentados em círculo, compartilhando fatos e curiosidades sobre esse evento histórico, e respondemos às dúvidas que surgiram durante a discussão.

Figura 16: Eclipse solar de 1919, (a) Local de observação do eclipse em Sobral (b) Chapa fotográfica evidenciando a totalidade do eclipse solar.



(a)



(b)

Fonte: Rodrigues (2019, p. 122 e 130)

Explicamos que esse evento científico, ocorrido em 29 de maio de 1919, na cidade de Sobral - CE, foi um marco importante na validação da TRG. No entanto, a história desse evento começa bem antes de 1919. A deflexão gravitacional da luz, o fenômeno

central observado durante o eclipse, já era um conceito investigado dentro da física newtoniana. Em 1911, Einstein publicou um cálculo aproximado desse desvio, que ainda estava em consonância com as previsões da física newtoniana.

Várias expedições anteriores tentaram observar esse fenômeno, incluindo tentativas em 1912, 1914, 1916 e 1918. Cada uma dessas expedições contribuiu para a preparação e aprimoramento das técnicas de observação, mesmo que não tenham obtido sucesso devido a condições climáticas ou outras dificuldades. A expedição de 1919, portanto, não foi um evento isolado, mas sim parte de uma série contínua de esforços científicos para testar a TR. Nesse contexto, a expedição de Sobral em 1919 marcou um ponto culminante, onde a observação bem-sucedida do desvio da luz das estrelas durante o eclipse forneceu uma corroboração empírica para a TRG, destacando a divergência entre as previsões einsteinianas e newtonianas (Peduzzi, 2011).

Após essa contextualização histórica, abordamos as contribuições da Teoria da Relatividade, como seu impacto e importância para o adequado funcionamento do GPS (*Global Positioning System*), a compreensão dos buracos negros no centro das galáxias e a detecção de ondas gravitacionais. Destacamos que Albert Einstein, ávido por explicar como o universo se formou, propôs a TRG que descreve o “espaço-tempo”, o “tempo” e o “espaço”, diferente do que ocorria na gravitação universal de Isaac Newton, que os tomava como conceitos separados, agora acoplados, formando uma única grandeza de quatro dimensões (três de espaço e uma de tempo). Assim, a TRG descreve a interação gravitacional entre quaisquer objetos massivos no universo (Alves-Brito; Massoni, 2019, p. 79).

Ao final desse encontro, os alunos foram orientados a se organizarem em dois grandes grupos para apresentar, no encontro seguinte, argumentos científicos, conforme o *modelo de Toulmin*, a favor e contra às correções de Einstein para o uso do GPS no nosso dia a dia. Os alunos também receberam textos motivadores (e.g.: Vivacqua, 2020, p. 13-16; Duarte, 2014, p. 6-15) para realizarem estudos e se munirem de dados, embasamentos sobre o que iriam defender nas suas argumentações.

A cada encontro, ao final, sempre deixávamos uma pergunta que instigasse a curiosidade dos alunos para irem procurar as respostas; além disso, recebiam indicações de leituras. Por conta do tempo, ou interrupções nas aulas, nem sempre conseguíamos finalizar a atividade proposta no mesmo dia, ou, às vezes, tínhamos que propor tarefas de casa. Um desses exemplos, foi a atividade de escrever o que tinham entendido sobre TR: a proposta era escreverem uma carta para alguém de sua família ou amigo, um leigo,

explicando o que tinham compreendido. Essas atividades somadas ao longo dos encontros, valeriam dois (2) pontos na avaliação da disciplina de Física, como acordado com o professor titular de Física, já que, sua avaliação, valeria oito (8) pontos. A ideia era valorizar as tarefas feitas fora da sala de aula, até mesmo em função do pouco tempo que dispunham, e a necessidade de trabalhar.

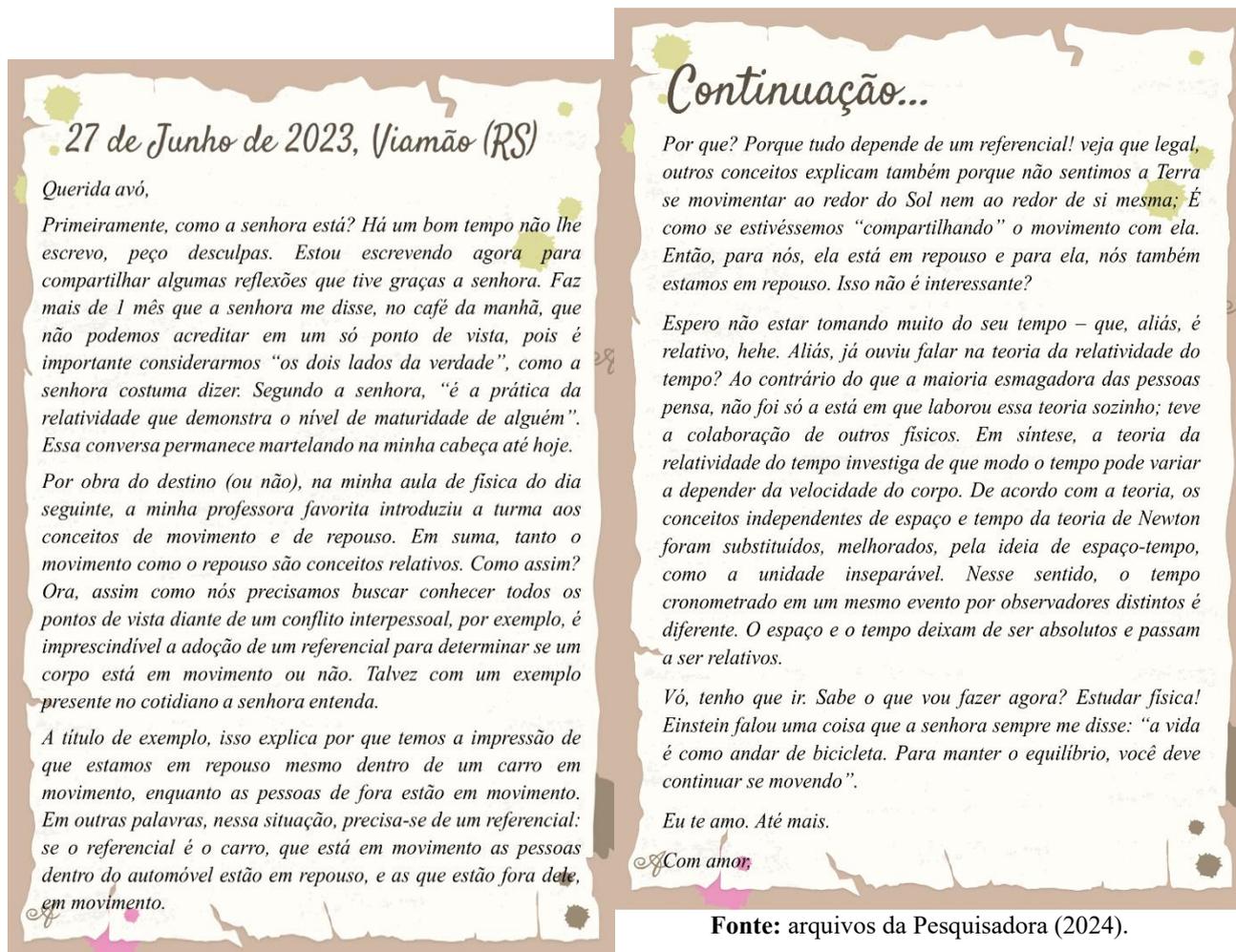
Na subseção que se segue, discutimos algumas dessas cartas explicativas que abordam conceitos da TR, a partir da percepção e compreensão dos alunos.

7.2.3 Análises das cartas explicativas sobre as aulas de FM

Para o desenvolvimento dessa atividade, que se iniciou em sala de aula e foi finalizada em casa, os alunos tiveram a liberdade de escolher escrever a carta em dupla ou individualmente. Para fins de análise, identificaremos as cartas como: Carta 1, Carta 2, e assim por diante. As cartas escritas em dupla foram assinaladas com um asterisco (*), por exemplo, Carta 3*. Optamos por nomeá-las dessa forma porque os alunos usaram seus nomes como identificação nas cartas, então transcrevemos para manter seu anonimato. Durante a transcrição, mantivemos toda a estrutura utilizada por eles, ocultando apenas suas identificações. Por exemplo, se a carta terminava com “saudades, (nome do aluno)”, transcrevemos apenas “saudades,”.

Apresentamos e analisamos os argumentos de quatro dessas cartas, aplicando a estratégia de análise do *modelo de Toulmin*.

Figura 17: Carta 1 (Turma A).

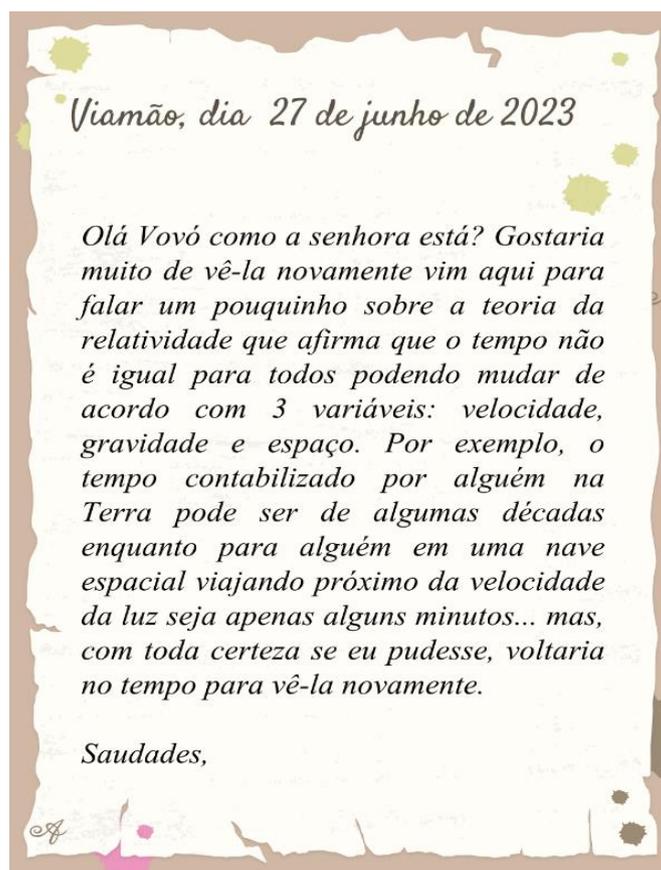


Analisando a Carta 1, numa abordagem de modelo de argumentação toulminiana, identificamos que ela traz várias afirmações principais, que seria o elemento “tese” ou “reivindicação”. Por exemplo, as teses são: “o movimento e o repouso são conceitos relativos” e “a relatividade do tempo mostra que o tempo pode variar conforme a velocidade do corpo”. A Carta 1 também fornece “dados”, como o exemplo do cotidiano, menção à experiência dentro de um carro em movimento, e a não percepção do movimento da Terra porque “é como se estivéssemos “compartilhando” o movimento com ela”. A garantia aqui é a ideia de que os conceitos de movimento e repouso dependem de um referencial específico, o que é uma aplicação da TR. Apoio seria, “de acordo com a teoria, os conceitos independentes de espaço e tempo da teoria de Newton foram substituídos, melhorados, pela ideia de espaço-tempo” e, adicionalmente, “o tempo cronometrado em um mesmo evento por observadores distintos é diferente”. Ao usar uma linguagem que sugere certeza sobre os conceitos discutidos, por exemplo, “é

imprescindível a adoção de um referencial para determinar se um corpo está em movimento ou não” pode ser tomado como um qualificador para tese sustentada. Do ponto de vista da aplicação dos elementos da argumentação científica, esta pode ser considerada uma carta bem estruturada, embora pudesse melhorar se incluísse contra-argumentos ou refutações.

No quesito de compreensão de conhecimentos científicos, a Carta 1 da aluna Geodésia expõe de maneira clara que os conceitos de movimento e repouso são relativos ao referencial escolhido; ela toma como exemplo o carro; abordou de forma correta a diferenciação da TR em relação à teoria de Newton, ao falar na fusão dos conceitos de espaço e tempo em uma única *entidade inseparável*, o espaço-tempo, e que isso afeta a medição do tempo, destacando corretamente que o tempo cronometrado pode variar para diferentes observadores. Em suma, os aspectos físicos relevados na carta sugerem uma compreensão dos conceitos básicos da Teoria da Relatividade. Durante as discussões em sala de aula, falamos que a TR surgiu como uma evolução da mecânica newtoniana, incorporando novas evidências e refinando conceitos anteriores. Reforçamos que a mecânica newtoniana continua a ser válida em muitos contextos, e que a TR amplia nossa compreensão ao abordar situações em que a mecânica newtoniana é insuficiente. Na Carta 1, a aluna ao escrever que a compreensão do espaço e tempo são “*substituídos, melhorados*” na TR permite inferir que ela entende que a ciência avança através ao expandir e ajustar conceitos anteriores para explicar fenômenos de maneira mais abrangente.

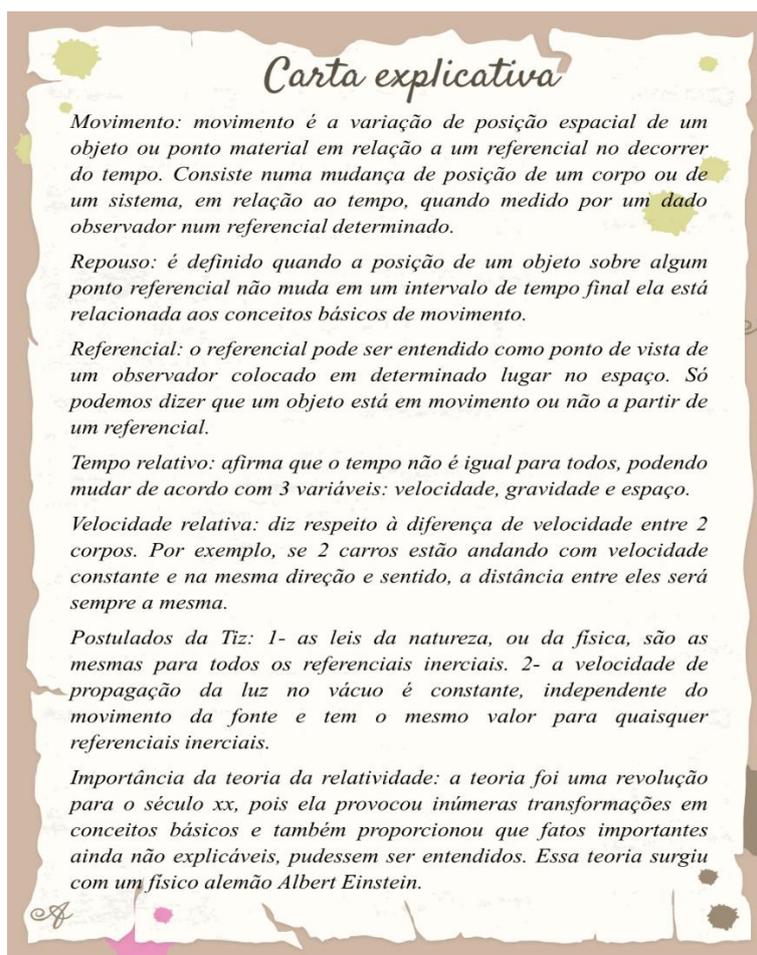
Na Figura 18, a reivindicação/tese central da Carta 2 é que “*a teoria da relatividade afirma que o tempo não é igual para todos*” o que afirma um princípio básico da TR. O dado que sustenta essa tese é que o tempo muda conforme “*3 variáveis: velocidade, gravidade e tempo*”. Apresenta ainda a garantia de que o tempo “*para alguém numa nave espacial viajando próximo da velocidade da luz seja apenas alguns minutos*”.

Figura 18: Carta 2 (Turma B).

Fonte: arquivos da Pesquisadora (2024).

Em resumo, a Carta 2 embora seja breve tenta com certa harmonia elencar elementos científicos para criar uma mensagem emotiva, dado que ao final o aluno expressa que “*se eu pudesse, voltaria no tempo para vê-la novamente*”. Embora possa expressar alguma simplificação dos conceitos físicos estudados em sala, a Carta 2 sugere que houve uma compreensão desses princípios e o aluno soube utilizá-los de forma a transmitir uma mensagem.

Pietrocola e Zylbersztajn (1996, p. 6-7) ressaltam que muitos alunos tendem a utilizar analogias do cotidiano para explicar fenômenos físicos, o que pode ser eficaz para a interpretação do real imediato, mas nem sempre essa estratégia é eficiente ao se extrapolar para situações fora do cotidiano, como o caso da TR, pois se pode chegar a conclusões opostas às previstas pela teoria.

Figura 19: Carta 3* (Turma B).

Fonte: arquivos da Pesquisadora (2024).

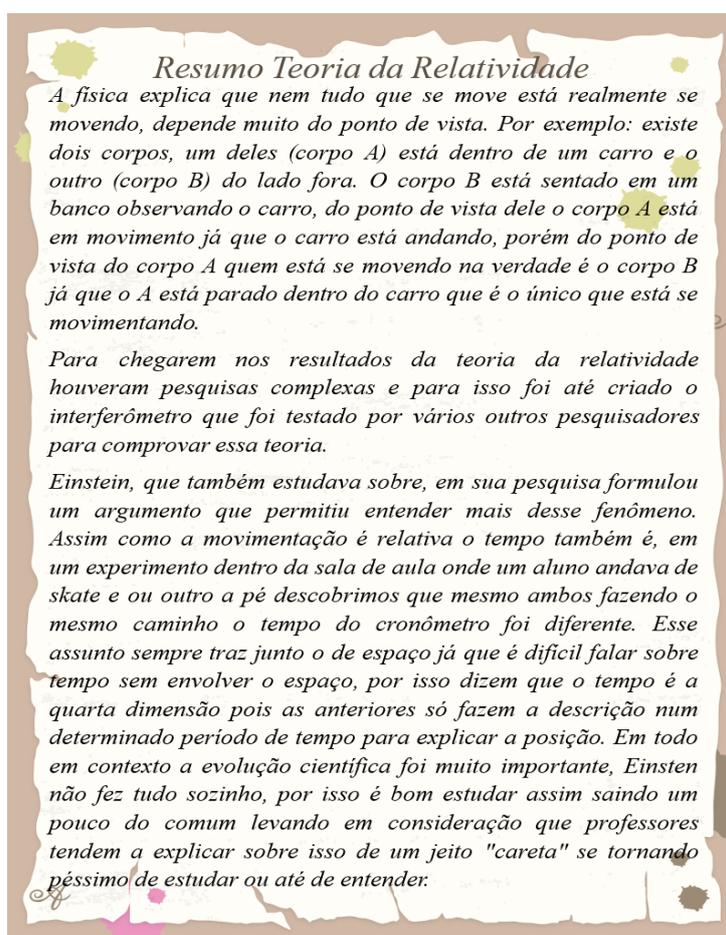
A Carta 3* apresenta alguns conceitos importantes trabalhados em sala. Coloca várias teses/reivindicações sobre “*movimento é a variação de posição espacial de um objeto ou ponto material em relação a um referencial*” e sobre “*repouso*”, “*tempo relativo*”, “*velocidade relativa*” e com isso menciona os postulados da TR.

No entanto, para fortalecer a argumentação, escreveu (ou transcreveu) os postulados da TRR; ao que parece foram copiados. Dessa forma, nada se pode afirmar sobre o efetivo aprendizado do aluno. Seria preciso proceder a entrevistas em profundidade com o aluno para compreender melhor como se deu, e se se deu, um aprendizado da TR

Na Carta 3* há também uma referência à Teoria da Relatividade como uma “*revolução para o século XX*”; e à sua origem com Albert Einstein sugere uma visão da ciência que é superada, pois é associada a grandes descobertas individuais e mudanças paradigmáticas. Tal perspectiva é comum na narrativa popular da ciência, onde inovações científicas são frequentemente atribuídas a figuras individuais, gênios, e a eventos que

provocam mudanças abruptas no entendimento científico. A TR, de fato, representa uma revolução científica significativa, mas foi discutido em sala, que essa revolução não ocorreu isoladamente, está inserida em um contexto que envolve o trabalho e as contribuições de muitos outros cientistas. A visão de ciência mais contemporânea, apoiada na epistemologia de Toulmin destaca a ciência como um processo coletivo e evolutivo, onde descobertas são frequentemente construídas sobre o trabalho de outros e muitas vezes envolvem a colaboração e o debate dentro da comunidade científica. Observamos que na Carta 3*, não houve indício dessa compreensão, o que nos faz reafirmar a importância da busca por aulas de Física que incorporem, desde cedo essa perspectiva; não é num módulo com dez aulas, como no nosso caso, mesmo utilizando uma abordagem histórico-epistemológica, que se consegue mudar concepções enraizadas; é importante o contínuo debate em sala sobre os debates dentro da comunidade científica na formação de novas teorias e na evolução do conhecimento.

Figura 20: Carta 4* (Turma A).



Fonte: arquivos da Pesquisadora (2024)

Analisando a Carta 4*, no quesito de modelo de argumentação científica de Toulmin, toma como tese que *“nem tudo o que se move está realmente se movendo”*, buscando abordar a necessidade de um referencial para definir se um corpo está, ou não, em movimento. Como dado, menciona o *“interferômetro como um instrumento utilizado para testar a teoria da relatividade”* e acrescenta que *“é difícil falar sobre tempo sem envolver o espaço”*, aludindo ao “espaço-tempo; e citou também o experimento com o skate, feito em sala.

A Carta 4* menciona que o interferômetro foi testado por vários pesquisadores para “comprovar” a TR, o que pode simplificar a importância da experimentação. O interferômetro de Michelson-Morley foi criado para testar a existência do éter luminífero, não especificamente para a TR. No entanto, a ausência de evidências para o éter contribuiu para a formulação e aceitação da TRR, uma vez que trouxe novos entendimentos sobre o espaço e o tempo. Embora a Carta 4* sugira uma crítica ao método tradicional de ensino ao mencionar que as explicações podem ser vistas como “caretas”, é importante clarificar que essa postura pode estar associada ao desejo do aluno de aprender Física com uma abordagem mais dinâmica e engajadora.

No geral, recebemos 12 cartas feitas em duplas e quatro (4) cartas escritas individualmente, totalizando a participação de 28 alunos, nas duas turmas. Dentre as 12 cartas feitas em duplas:

- 2 seguiram o padrão da Carta 1;
- 3 se assemelharam à Carta 2;
- 4 seguiram a ideia da Carta 3;
- 3 se assemelharam à Carta 4.
- 2 outras cartas, individuais, se assemelharam à Carta 2.

Nessas cartas observamos que o conteúdo de Física mais frequente foi a tentativa de articular os conceitos de: movimento, repouso e sistemas de referência; e de conceitos básicos da Teoria da Relatividade, como a “variação do tempo”, a “velocidade da luz” e os “postulados da TRR”; alguns mencionaram o experimento com interferômetro, ou utilizaram analogias com eventos do cotidiano, especialmente o experimento lúdico-interativo com o skate feito em aula.

Um aspecto positivo foi notar que vários alunos imprimiram importância à História da Ciência parecendo aprimorar sua compreensão da construção do conhecimento científico. Durante o módulo, o foco foi não apenas em nomes e datas, mas em como esses eventos e figuras se encaixam dentro de um contexto mais amplo de

desenvolvimento científico. A intenção era promover uma compreensão de como as ideias científicas evoluem e se inter-relacionam ao longo do tempo, enfatizando a construção coletiva do conhecimento de acordo com a epistemologia toulminiana. Por exemplo, discutimos como a teoria de Einstein se desenvolveu em resposta a desafios científicos específicos e como suas descobertas foram influenciadas por debates e experimentações anteriores. É importante esclarecer que, apesar das cartas não detalharem explicitamente todos os aspectos históricos trabalhados, as discussões em sala de aula, as gravações das aulas e caderno de campo indicaram que os alunos estavam engajados com o desenvolvimento das ideias científicas, isso se pode perceber também, pela participação dos alunos nas aulas de Física do módulo, o que era motivo de desinteresse como visto no Estudo I.

No geral, houve indícios de um princípio de entendimento de conceitos físicos associados à TR, mas também percebemos uma compreensão mais clara dos processos e metodologias que fundamentam a investigação científica. O fato de vários alunos terem avaliado positivamente o uso da HFC, sugere uma percepção de que o módulo pôde contribuir para despertar uma visão dos alunos sobre o empreendimento científico como processo evolutivo da Ciência (Toulmin, 2006).

No que se refere à apreensão dos elementos da argumentação científica, apresentamos, na sequência, alguns argumentos exibidos pelos alunos no debate final, sobre as implicações da TR no uso e funcionamento do GPS (*Global Positioning System*).

7.2.4 Debate sobre o uso do GPS

Após concluídas todas as aulas de Física do módulo, desenvolvemos uma atividade de debate (semelhante a um júri simulado, ou seja, discussão combinada com a exposição de conceitos científicos, Guimarães & Massoni, 2020b) que teve como objetivo estimular os alunos ao desenvolvimento de habilidades de argumentação científica, guiados pela utilização do *modelo de Toulmin*, que envolvesse uma aplicação prática de conhecimentos da TR, como o uso do GPS. Buscamos levar em conta o apontamento dos alunos, no Estudo I, de que não conseguiam ver aplicabilidade da Física no seu cotidiano, assim, achamos coerente colocar em discussão o uso de tecnologias modernas, para tornar o aprendizado dos conceitos mais aplicável.

Para a execução da atividade, as Turmas A e B foram divididas em dois grandes grupos: um defenderia o uso do GPS e a importância da aplicação de efeitos da TR no seu desempenho; o outro grupo argumentaria contra o uso do GPS, apontando alternativas. Estava combinado com o professor titular de Física que ele participaria desse encontro, e auxiliaria na dinâmica do júri, bem como analisaria os argumentos e fundamentações científicas utilizadas pelos grupos. Entretanto, houve a falta de professor em outra turma que o levou a assumi-la, não participando assim do debate.

Para uma organização mais objetiva, apresentamos os principais argumentos utilizados pelos dois grupos da Turma A no Quadro 20; e no Quadro 21, os argumentos usados pelos grupos da Turma B. Nos quadros apontamos também os elementos da argumentação, segundo o *modelo de Toulmin*.

Quadro 20: Argumentos a favor e contra o uso do GPS (Turma A).

Extratos do debate: principais argumentos	Grupo a Favor (Turma A)	Grupo Contra (Turma A)
	<p style="text-align: center;">Argumento (grupo a)</p> <p><i>Com o uso do GPS a gente consegue saber onde estão as coisas mais próximas, então facilita essa questão de produto e cliente no Google Shopping, por exemplo, depois das correções da física [...]. Se o lugar é bom, ...o maps já vai dizer se o lugar é bom, ou não, já que tem as recomendações. E isso serve também pra gente poder se deslocar para o hospital mais próximo. E esse argumento de que se cair, por exemplo, um satélite... beleza, ainda tem mais uns 26. Além disso, os mapas... tu vai saber ler mapa? Quem sabe ler uma bússola? ... milhões de pessoas não sabem nem ler, e vocês querem usar mapas? O uso do GPS facilita o transporte de mercadoria para todo o Brasil, tem precisão nos voos, consegue mapear os animais submarinos e identificar se está em falta, ou não, tudo é muito fluido e rápido. Além disso, pessoas que não sabem ler, pode usar no celular, por exemplo, a função de voz e a pessoa falar e se localizar. Não tem como não dizer que a a teoria da Relatividade foi imensamente eficaz nesse sentido, pois, essa precisão veio daí.</i></p> <p>(grifos nossos)</p>	<p style="text-align: center;">Argumento (grupo B)</p> <p><i>Uso do GPS acaba gerando uma vulnerabilidade..., estamos acostumados a muita questão tecnológica, ficamos presos a isso, simplesmente, e quando o satélite cair todo mundo vai ficar na escuridão, eu não posso saber mais para onde eu posso ir, não vou saber chegar a tal lugar... Isso ajuda também na questão do consumismo...o incentivo a consumir mais, e ficar preso à tecnologia, mas é preciso buscar, pensar mais, pensar fora da caixa. E o que vai fazer quando não tiver internet se não vai conseguir ter um acesso correto ao GPS? Por mais que os erros sejam mínimos, mas se você está numa rua, se você está passando de carro, por exemplo, pode acontecer sim de eu me perder pra ficar rodando, entrando numa rua saindo em outra e se o trânsito for agitado, se o trânsito for muito agitado dependendo do lugar, às vezes, o retorno vai estar a quilômetros de distância. E se esse pequeno erro te leva para às comunidades brasileiras? A gente sabe o que vai acontecer. Por isso o mapa [referindo ao mapa impresso] e informações pessoais são mais seguras. Não precisa digitar e salvar teus dados para cair aí nas mãos deles nossas informações pessoais. O mapa pode ser construído com materiais biodegradáveis, seria um descarte ecológico, o que ajuda a natureza a natureza, que pede socorro. Além disso, o GPS foi projetado para funcionar em condições normais e em áreas abertas. No entanto, em ambientes fechados, no meio da mata, a gente fica sem sinal, ou a recepção de sinal pode ser afetada. Sabendo que nas regiões mais vulneráveis a gente sente bem na pele que tudo é mais difícil e no morro não vai funcionar bem. Se estamos na nossa área, tudo bem, mas se chega em morro desconhecido? Mesmo o gps acabe nos ajudando a localizar e chegar num</i></p>

		<i>lugar bom, o GPS pode falhar e nos levar pra um lugar ruim e acabar a vida se for parar num lugar perigoso.</i> (grifos nossos)
Elementos do <i>Modelo de Toulmin</i>		
Reinvindicaçã o	O uso do GPS facilita várias questões, como localização de objetos e pessoas, compras online, navegação para locais como hospitais, transporte de mercadorias, precisão nos voos e mapeamento de animais submarinos.	O uso de mapas impressos e o recorrer a informações pessoais é mais seguro. O uso do GPS gera vulnerabilidades, dependência tecnológica, e incentivo ao consumismo e riscos de segurança
Dados	Acessibilidade e Usabilidade: (do GPS) <ul style="list-style-type: none"> • Facilidade, pois permite localizar objetos e pessoas próximas; assim como as questões de compra e venda no Google Shopping; • Fornece recomendações confiáveis de lugares. • Ajuda na navegação para hospitais próximos. • Auxilia no transporte de mercadorias para todo o Brasil. Consegue mapear animais submarinos, ou a fada deles. • A teoria da Relatividade contribui para a precisão do GPS. 	Dependência tecnológica e possibilidade de problemas técnicos (com o uso do GPF): <ul style="list-style-type: none"> • Incita o consumismo; • Queda de satélites pode resultar na perda de sinal/acesso ao GPS; • Erros no mapeamento do GPS podem levar as pessoas a lugares perigosos; • Compromete a segurança das informações pessoais, pois requer o armazenamento de dados. • A recepção de sinal do GPS pode ser afetada em algumas áreas (falta de internet, numa mata, por exemplo).
Garantia	O GPS é uma ferramenta eficiente contribui para a precisão de informações em diversas áreas.	O uso excessivo do GPS pode levar à dependência tecnológica: as pessoas deixam de se comunicar pessoalmente.
Apoio	Para pessoas que não sabem ler, o GPS tem a função de voz, o que facilita seu uso.	O uso de mapas impressos permite um descarte ecológico: mapas podem ser construídos de materiais biodegradáveis.
Qualificador	Não houve um qualificador explícito no argumento fornecido	Não houve um qualificador explícito no argumento fornecido
Reserva	Não houve respaldo explícito	O GPS causa impacto ambiental, devido ao descarte tecnológico inadequado.
Conclusão	O uso do GPS é uma ferramenta indispensável na vida moderna, facilita inúmeras atividades diárias e profissionais, melhorando a eficiência na localização, navegação e transporte.	O uso excessivo do GPS cria dependência tecnológica e uma série de vulnerabilidades; e promove uma dependência tecnológica perigosa, que pode ter graves consequências.

Fonte: Pesquisadora (2024).

Interpretamos que os dois grupos apresentaram dados relevantes para sustentar suas reivindicações, além disso ambos usaram apoios como reforçadores.

O argumento em favor do uso do GPS, à primeira vista, se destaca por sua clareza, coerência e a variedade de benefícios práticos apresentados: a tecnologia facilita diversas atividades cotidianas e profissionais, o GPS aprimora e torna mais eficientes a localização, navegação e transporte, por exemplo, localizar objetos e pessoas próximas,

e facilita compras e vendas online, fornece recomendações de lugares, ajuda a chegar a hospitais próximos, melhora o transporte de mercadorias, garante a precisão em voos e pode mapear animais submarinos. Além disso, usam como apoiador, o fato que o GPS permite seu uso mesmo a pessoas analfabetas, através da função de voz. O grupo também mencionou a contribuição da TR para garantir a precisão do GPS, destacando o valor do conhecimento científico.

Por outro lado, o grupo que argumentou contra o uso do GPS, defendeu o uso de mapas impressos e de informações interpessoais, e apresentou inúmeros dados que apontam que o uso excessivo da tecnologia cria vulnerabilidades pessoais e promove a dependência tecnológica: a queda de satélites ou a falta de acesso à internet pode deixar as pessoas sem orientação, a necessidade de armazenar dados aumenta os riscos de segurança; o descarte inadequado da tecnologia tem impacto ambiental negativo, o uso excessivo do GPS cria dependência e consumismo. Usaram como apoiador, o fato que mapas (impressos) podem ser construídos de material biodegradável, o que permite o descarte ecológico.

Em síntese, o argumento a favor do uso do GPS apresentou uma visão otimista e fundamentada sobre os benefícios da tecnologia, ao passo que o argumento contra [o uso do GPS] alertou para potenciais consequências negativas dessa ferramenta. O que podemos considerar é que, na Turma A, foi um debate bem equilibrado: de um lado os benefícios, de outro os riscos associados ao uso do GPS, argumentando para o uso consciente e informado da tecnologia.

No Quadro 21 apresentamos os argumentos dos grupos da Turma B.

Quadro 21: Argumentos a favor e contra ao uso do GPS (Turma B).

Extratos do debate: principais argumentos	Grupo a Favor (Turma B)	Grupo Contra (Turma B)
	Argumento <i>A gente defende o uso do GPS pelo fato dele ser preciso e coerente. Porque se tu tem, assim ó..., tem uma pessoa doente em tua casa, passando mal, e precisa levar para o hospital, mas tu não sabe onde é, daí tu não vai pegar o mapa e ficar procurando a localidade, tipo olhar aqui, passa essa rua, tem esse prédio até tu chegar no hospital... a pessoa já vai estar morrendo, e o GPS ele é muito mais fácil ele te dá também o horário que tu vai chegar. Fazer o uso do GPS vai nos garantir mais segurança para realizar o trajeto. O Waze, por exemplo, ele funciona sem Wi-Fi tu coloca em tua casa e sai. Além disso, o GPS tem inúmeras aplicações, até</i>	Argumento <i>Mas existem outros meios que também nos levam ao mesmo local tipo mapa ou até mesmo a orientação solar como faziam os indígenas. Sem falar que o GPS às vezes pode te levar para um lugar errado, além do mais se esse teu celular ou teu aparelho travar?! Tiver sem bateria? E outra, no início, o GPS não tinha essa segurança toda se o Einstein não tivesse feito essa correção o GPS poderia nos colocar em locais perigosos e longe do nosso destino. E sem levar em conta que nem todo mundo tem celular nem todo mundo tem um aparelho para se conectar e muito pior vai ter o GPS para</i>

	<i>na agricultura onde os agricultores podem otimizar o uso de fertilizantes, de água, até a construção de coisas maiores. Meu avô, por exemplo, está cansado e usa toda essa tecnologia pra mapear as terras dele. Outra coisa também é que é só tu pegar o celular e se quiser recomendações de restaurantes próximos, informações que horas que vai chegar lá, ele avisa...</i> (grifos nossos)	<i>se localizar. E a pessoa que não sabe ler vai saber usar o GPS?</i> (grifos nossos)
Elementos do Modelo de Toulmin		
Reinvindicação	O uso do GPS é preciso, e garante mais segurança na localização de locais e para executar os trajetos.	Existem outros meios que também nos levam ao mesmo local, tipo mapa ou até mesmo a orientação solar como faziam os indígenas
Dados	O GPS é importante e eficaz para: - emergências médicas, permite localizar rapidamente o hospital mais próximo; - aplicativos como <i>Wase</i> podem funcionar sem <i>wi-fi</i> ; - pessoas podem realizar trajetos com segurança.	Mapas físicos funcionam e até orientação solar, foi usada historicamente por povos indígenas - são métodos alternativos que também podem levar uma pessoa ao destino desejado; - GPS pode levar/colocar as pessoas em lugares perigosos.
Garantia	O GPS é uma ferramenta eficiente que proporciona informações precisas e em tempo real.	Existem alternativas diferentes e que são eficientes também.
Apoio	GPS podem ser utilizados também: Na agricultura, os agricultores podem otimizar o uso de fertilizantes, água e mapear terras.	O uso do GPS exige que: • todo mundo tenha aparelho celular para se conectar, e tenha sempre bateria.
Qualificador	Não houve um qualificador explícito no argumento fornecido.	Não houve um qualificador explícito no argumento fornecido.
Reserva	Implícitas, relacionadas à confiança na tecnologia.	Não menciona diretamente
Conclusão	Uso do GPS é preciso e prático	A eficácia e confiabilidade do GPS dependem de vários fatores como internet e bateria do celular e não são absolutas.

Fonte: Pesquisadora (2024).

O argumento do grupo em favor do uso do GPS apresentou a utilidade e eficácia dessa tecnologia em diferentes contextos, desde localizar um hospital mais rápido ao uso na agricultura para otimizar a utilização de fertilizantes, água e medição de terras. Ressaltou que é uma ferramenta eficiente porque proporciona informações precisas e em tempo real. A estrutura da tese principal e dos dados é clara, mas faltou riqueza de elementos para qualificar o argumento, por exemplo citar alguma fonte de pesquisa científica e associar as correções do GPS com a TR.

Por outro lado, o grupo que argumentou a favor de outros meios para orientação, como mapas (impressos) e orientação solar, levantou pontos válidos sobre as limitações

e riscos do GPS, como possíveis falhas técnicas, necessidade de todos terem aparelho celular e este sempre ter bateria. Reconheceram, porém, que o GPS foi melhorado com as correções advindas da teoria de Einstein, mas o argumento carece de sustentação para o uso dos mapas e/ou orientação solar, poderiam ter usado mais exemplos práticos e elementos históricos (por exemplo, sobre a orientação solar por povos originários).

Os dois grupos apresentam argumentos válidos, mas ambos careceram de uma maior estruturação, integrar contra-argumentos explícitos, dados estatísticos, elementos práticos e/ou históricos e diversificação de exemplos.

Ressaltamos que a escolha do tema do debate ser em torno do GPS foi porque se trata de uma tecnologia com ampla aplicação na sociedade, e que a TR é efetivamente usada para calibrar o GPS. Conhecendo isto, poderia ser um caminho para desmistificar a crença de que a Física ensinada na escola tem pouca ou nenhuma aplicabilidade no dia a dia aluno. Consideramos, assim, uma oportunidade valiosa para compreender melhor a TR e para promover habilidades críticas e comunicativas entre os alunos.

Conforme Vieira e Nascimento (2013) o *modelo do Toulmin* nos permite avaliar a solidez dos argumentos, evidenciando sua utilidade na compreensão da argumentação no pensamento científico. Isso se deve ao fato de que uma das características distintivas do discurso científico é sua ênfase na robustez e confiabilidade das proposições apresentadas. A argumentação também serve para se desenvolver temas que se prestem à controvérsia, de tal forma que os dois lados ofereçam informações o mais completas possíveis para persuadir mediante um raciocínio claro, que envolva tese/afirmação, dados/evidências e respaldos ou garantias, enriquecendo o debate com possíveis objeções, contra-argumentos ou refutações.

Ao debaterem se posicionando contra ou a favor do uso do GPS, os alunos tiveram a oportunidade de apresentar esses elementos, que tinham sido detidos em aula, e defender seus pontos de vista de forma organizada. Além disso, ao levarem para o debate aspectos tecnológicos, sociais e ambientais, esse momento possibilitou promover uma visão integrada do conhecimento, mostrando que a Física se relaciona com outras áreas do saber e pode ser/é aplicada na tecnologia que marca a sociedade contemporânea.

Um outro ponto interessante foi que, depois das aulas sobre o *modelo de Toulmin*, muitos alunos ao longo dos encontros, dentro ou fora de sala de aula, procuravam a pesquisadora para mostrar, segundo eles, que estavam usando o modelo de Toulmin para escrever redações dissertativas para o Enem, mostravam o esboço e pediam sugestões de em quais elementos poderia melhorar. Com isso, alguns alunos das Turmas A e B se

sentiram mais confiantes, animaram-se a submeter seus textos em um concurso de redação estadual, promovido por uma empresa da cidade de Viamão. Isto, por si só, pode ser entendido como uma contribuição, ainda que inesperada, do módulo.

7.3 Desafios na aplicação do módulo e considerações dos alunos Turmas A e B

A aplicação do módulo didático enfrentou, como mencionado ao longo da narrativa, uma série de desafios que impactaram na qualidade e na continuidade de algumas aulas: a falta de horários bem definidos e consistentes, a constante falta de professores que gerava uma escassa presença do professor titular de Física em sala, muitas interrupções externas sem comunicação prévia (por exemplo, festas comemorativas, lanches coletivos, mostras de outras disciplinas, representantes de empresas locais divulgando seus produtos etc.), a limitação de recursos fornecidos pela escola, por exemplo, para usar projetor era preciso agendar com antecedência. Com isso, a pesquisadora precisava suprir essas deficiências com materiais próprios, como impressões de materiais, uso de notebook e cabos próprios etc. Certa desorganização geral na escola, muitas vezes se mostrou um fator crítico. Por exemplo, um dos nossos encontros tinha duas aulas conjugadas, eram separadas pelo intervalo, mas os alunos não retornavam devido a uma reunião docente, ou retornavam e o intervalo se estendia com caixa de som com volume intenso, não conseguindo um mínimo de atenção em sala de aula. Também tivemos a impossibilidade de realizar uma visita programada ao Planetário da UFRGS, em que havíamos combinado uma temática associada à TR, devido a questões logísticas inerentes à escola.

Apesar dessas adversidades, foi possível notar alguns avanços no entendimento dos alunos sobre conceitos fundamentais da tanto da revisita à Física Clássica, como de conceitos introdutórios da Teoria da Relatividade e suas aplicações práticas. Conseguimos articular com o contexto histórico da nascença e desenvolvimento da TR, e não nos aprofundamos nos aspectos matemáticos, nos limitando a apresentar algumas equações.

Os alunos demonstraram uma evolução positiva em sua percepção e compreensão dos conceitos abordados, alguns indicaram superar a aversão inicial à Física.

Ao final do módulo, mesmo com uma base matemático-conceitual fragilizada, claramente agravada pelo contexto pandêmico e à necessária adaptação às aulas remotas, os estudantes expressaram satisfação e certa emoção por terem alcançado um entendimento, que inicialmente lhes parecia inatingível. Este resultado sublinha, mesmo que de maneira simples, que é possível proceder uma abordagem de temas da FM em sala de aula da Educação Básica, como defende a literatura da área. Um exemplo desse envolvimento foi que alguns alunos fizeram duplas e trios e escreveram voluntariamente um material sobre TR, após o último encontro (quando fizemos uma revisão com HQ). Estes trabalhos se encontram no Anexo A desta tese.

Também no final do módulo, os alunos escreveram suas percepções gerais sobre os encontros, como mostra no Quadro 22.

Quadro 22: Percepções gerais dos alunos das Turmas A e B sobre os encontros.

Feedback dos alunos em relação ao módulo didático
<p>Aluna 21A: <i>Eu sempre gostei de conhecer de modo mais profundo conceitos físicos, porque eu me nego a só focar na fórmula. Física vai muito além da fórmula. Mas, ainda assim, até a fórmula tem uma história e eu também procuro conhecê-la. Fazer isso me motiva a querer me aprofundar mais sobre o assunto, e isso é muito legal e gera um efeito cascata, porque vou me apropriando de outros termos que contêm outras histórias e aspectos filosóficos, e assim incessantemente. Foi isso que aconteceu com o estudo da Física Moderna oferecido pela professora [nome da Pesquisadora]. Além disso, eu achei muito interessante a argumentação! Interesso-me pelo estudo da argumentação científica e no estudo da argumentação em geral. Ter tido a oportunidade de conhecer uma conexão entre a argumentação científica e a física moderna foi uma experiência enriquecedora. É por isso que buscar conhecer nunca é exaustivo e finito, porque há milhares de perspectivas e ideias válidas e instigantes.</i></p>
<p>Aluno 20A: <i>As aulas da [nome da Pesquisadora] sempre foram motivo de animação minha. Ocupando os períodos de Física, quando eu a via, expectativas tomavam conta de mim, pois eu sabia que, com ela, eu conseguiria compreender e apreender, de forma mais aprofundada, diversos conceitos da Física, antes tão distantes e incoerentes no meu dia a dia. Além de contribuir para a minha bagagem intelectual, pude também me divertir e dialogar bastante, o que também é de demasiada valia. A história, a personalidade da Professora são como fonte de inspiração para mim. A turma [A] adora sua receptividade, pois isso faz com que os alunos se sintam mais à vontade para questionar, confessar que não entendeu, para errar. E, a meu ver, é só assim que o estudante entende o conteúdo dado. Nunca esquecerei da disponibilidade que ela teve para fazer uma revisão comigo para a prova de Física [do professor regente], no dia do meu aniversário---29 de julho. Foi muito especial. Enfim, a minha vida torna-se mais feliz quando encontro pessoas ávidas pelo conhecimento e por compartilhá-lo como a Professora é. Obrigada por fazer parte do meu processo de aprendizagem 🍷.</i></p>
<p>Aluno 11A: <i>[...] começaram de uma forma diferente com ela fazendo perguntas sobre a escola e outros assuntos (...), achei essa dinâmica diferente porque dificilmente você encontra alguém que queira e esteja disposto a ouvir o que adolescentes pensam, foi interessante as perguntas me fazendo refletir mais sobre meus posicionamentos e sobre a realidade, uma experiência legal e um pouco fora do comum. Também teve aulas sobre física que também foram bastante divertidas onde eu consegui absorver bem melhor o conteúdo e por último teve a leitura do quadrinho que também foi muito legal. No geral todas as aulas foram diferentes, gostei muito desse tempo que tive e participar dessas atividades foi muito bom, bom entender física.</i></p>

Aluno 10B: *foi um projeto [...] excelente que combina conhecimentos científicos e desenvolvimento pessoal. A Professora proporcionou uma experiência enriquecedora e promoveu o crescimento tanto intelectual quanto emocional dos alunos da [Turma B], nas escutas, nas aulas de física.*

Aluna 1B: *Sua presença e sua chegada trouxe a nós mais conhecimento, **principalmente pela parte da física clássica na qual não sabíamos, e não havíamos estudado e o que nela tem que forme esse nome física clássica, como o: Ponto Referencial, Espaço e Tempo e etc. E também a teoria da relatividade e muito mais.** Também tivemos total liberdade e apoio para a realização de atividades propostas, como a: de gravar e nos fazer perguntas, Observação: **você deixou bem esclarecido que quem não queria participar tudo bem e talvez isso fez todo mundo participar.** E também as de saber um pouco mais de nós mesmos de escutar: nossos arrependimentos e nossos medos e por aí vai. Agradeço por ter pisado em nossa sala e nos dado aula como jamais tinha visto.*
(grifos nosso)

Fonte: Pesquisadora 2024.

Diante das narrativas, análises e reflexões apresentadas ao longo deste texto, a abordagem da TR, com ênfase nos aspectos históricos e epistemológicos, revelou-se uma perspectiva promissora e possível para o ensino de um tópico de FM no Ensino Médio. Esse módulo pareceu aproximar e engajar os estudantes ao estudo da Física, expressando que não a entendem como algo apenas focado em fórmulas (Aluna 10A). Algumas falas também valorizaram o uso da História e Filosofia da Ciência (Aluna 10, Aluno 20A), em especial, manifestaram que a boa relação professor-aluno, e a capacidade de “escuta”, implicaram em vontade de aprender (Aluno 20A, Aluno 11A, Aluno 10B). Outros destacaram o uso de questionamentos como uma estratégia diferenciada, reforçando o que já discutimos ao longo desta tese, da necessidade de se (re)pensar a sala de aula da escola contemporânea (Freire, 1992; 2002; Laval, 2019) para que se passa oferecer um ambiente de aprendizagem mais inclusivo, participativo e preocupado com as necessidades da juventude (Sacristán, 2005).

A escola é uma instituição social, precisa valorizar atividades de interesse sociocientífico e coletivo, haja vista a catástrofe climática que afeta toda a sociedade gaúcha desde o final de 2023 ao início de 2024. Para que o aluno se sinta pertencente e preparado para fazer frente aos problemas do nosso tempo, a escola precisa ensinar conceitos novos e atuais, discutir atitudes, valores, revisitar e questionar pós-verdades (Alves-Brito, Massoni, Guimarães, 2020), compreender e aprender com a história da evolução dos conceitos, incentivar a perguntar, errar, questionar, ao invés e memorizar fórmulas, exercícios, provas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Reconhecemos que uma pesquisa é um processo não linear e frequentemente interrompido pela necessidade de defesa da tese. Assim, neste capítulo, buscamos resumir alguns dos principais achados e interpretações a que conseguimos chegar, embora não conclusivos, porque seria preciso estender em muito as análises e reflexões. Ainda assim buscamos oferecer respostas às questões centrais que nortearam esta investigação. Sumarizamos, assim, achados da nossa investigação, relacionando-as às questões de pesquisa, que retomamos aqui bem com os objetivos específicos.

Questão 1 de Pesquisa

1) *Qual tópico de Física Moderna está sendo mais discutido na área e como articulá-lo com a História e Filosofia da Ciência (HFC) explorando sua estrutura conceitual, sua história e seu papel no desenvolvimento da Física para alunos do Ensino Médio?*

1.1) Como a Teoria da Relatividade vem sendo trabalhada nos diferentes níveis educacionais na pesquisa acadêmica? Quais são os tópicos da Relatividade mais trabalhados (Teoria da Relatividade Geral (TRG); Teoria da Relatividade Restrita (TRR); TRG e TRR articuladas)? Como se configura a articulação da TR com a HFC na pesquisa acadêmica?

1.2) Quais são as estratégias pedagógicas mais utilizadas em sala de aula para trabalhar TR? Como a TR pode ser explorada em articulação com outros temas, em especial, com a História e Filosofia da Ciência?

Objetivo Específico

Identificar tópicos de Física Moderna presente na literatura da área de Pesquisa em Ensino de Física/Ciência.

As respostas resultaram de uma exaustiva revisão de literatura, e da produção acadêmica, em que examinamos centenas de trabalhos (teses, dissertações de mestrado acadêmico, dissertações do MNPEF, artigos, TCCs, trabalhos publicados em anais de eventos), que foram lidos e interpretados com base na análise de conteúdo (Bardin, 2011). Construimos um elenco de categorias, respeitando a peculiaridade de cada busca e o tipo de produção examinada.

Ao analisarmos a literatura, utilizando a base *Web of Science*, sobre tendências e temáticas de FM, a Teoria da Relatividade foi um tema encontrado, dentre outros, porém com grande potencial para ser ministrado na Educação Básica, por sua importância e atualidade como um dos pilares da Física, por instigar a compreensão de conceitos abstratos e auxiliar na argumentação científica. Além disso, verificamos os Anais de alguns eventos importantes na área (SNEF, ENPEC e EPEF), e estes reafirmaram essa tendência para o ensino da TR. Diante disso, e de todas as implicações histórico-epistemológicas e das mudanças conceituais que essa temática pode explicar, também em função do interesse da pesquisadora no tema, optamos por investir e construir um módulo didático sobre TR para ser aplicado junto a turmas da Educação Básica.

Feita a escolha, buscamos verificar como a TR tem sido tratada em Teses e Dissertações da Capes; bem como em dissertações do MNPEF e no Google Acadêmico. Notamos que a produção *stricto sensu* faz uso de um gênero textual mais dissertativo e argumentativo, possivelmente respondendo e dialogando com os pares na academia; que nas teses de doutorado, estão mais presentes conteúdos relacionados à TRG, envolvendo uma matemática mais densa e um aprofundamento da discussão teórica e de modelos complexos; que nas dissertações de mestrado acadêmico a TRR tende a estar mais presente, com produções voltadas para as aplicabilidades em sala de aula e articuladas ao uso da HFC.

De outro lado, as dissertações do Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física voltam-se prioritariamente às questões da aplicabilidade, implementação e análise de novas estratégias de sala de aula da Educação Básica, bem como à construção de um diálogo mais próximo aos professores atuantes, sugerindo formas diversificadas, criativas, interdisciplinares e multidisciplinares para a prática didática, em particular para o ensino-aprendizagem de Relatividade. Por isso, são produções que adotam um gênero textual mais descritivo, em que aparecem com muita frequência as metodologias ativas de ensino, como, por exemplo: Instrução pelos Colegas (IpC); Ensino sob Medida (EsM); Sala de Aula Invertida (SAI), Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs); Simulações Computacionais; experimentos de baixo custo; uso de materiais literários diversificados (artigos, textos de divulgação científica, livros paradidáticos, cordel, HQ etc.).

Por fim, examinamos o Google Acadêmico usando os mesmos descritores, por entendermos que é um buscador de fácil acesso aos professores, e percebemos a presença da TR em artigos de diferentes periódicos, e em eventos regionais que compartilham uma

abordagem e uma preocupação com a busca da inovação curricular e da melhoria do ensino de Física na Educação Básica, com estratégias e propostas didáticas também diversificadas e tangíveis para abordar a TR.

Diante desses achados, que foram ricos e inspiradores para o nosso Estudo II, observamos que é relativamente pequena a presença de trabalhos que investigam a potencialidade de articulação da FM, particularmente da TR, com a HFC, sendo ainda menor a presença de articulações com a argumentação científica.

Isso reforçou a importância de nossa investigação, especialmente do Estudo II, em que buscamos por estratégias e atividades que relacionassem a TR com a argumentação científica, inspirados no *modelo de Toulmin* (2006).

Não encontramos estudos na área de Ensino de Física/Ciências, que colocassem foco nos alunos, esse tipo de estudo é mais presente nas Ciências Sociais e Educação. Prioritariamente, os estudos que analisamos enfocavam: currículo, inovação curricular, formação de professores, novas estratégias de ensino, TICs, uso da HFC no ensino de Física/Ciências, abordagens CTS etc.

Assim, antes de pensarmos no planejamento e aplicação da TR, objeto do Estudo II, que foi um estudo mais propositivo, fizemos um estudo extenso de “escuta” aos alunos, nos alinhando ao referencial teórico de Sacristán (2005), que assume que o aluno é o sujeito mais importante no processo de escolarização, e de educação científica.

Nesse contexto, buscamos responder à Questão 2) de pesquisa.

Questão 2) de Pesquisa

O que dizem e pensam os estudantes - o aluno na acepção de Sacristán (2005) - sobre o processo de educação, em particular de educação científica? O que significa para eles serem aluno, estarem na escola, ser objeto da escolarização?

Objetivo Específico

Promover diálogos, grupos focais, “escutas”, rodas de conversa e debates junto a alunos, de uma Escola de Ensino Médio de um bairro periférico de Viamão – RS., para compreender suas expectativas em relação a temas de Física, em particular de FM; e, suas compreensões e perspectivas enquanto alunos, ou “menores escolarizados” (Sacristán, 2005).

Para respondermos a essa questão, lançamo-nos na aventura de fazer um estudo qualitativo, do tipo estudo de caso instrumental (Stake, 2011), com longas “escutas” a alunos de três turmas: uma de 2º ano do EM, em 2022 (Turma C), e duas turmas de 3º

ano do EM, em 2023 (Turmas A e B), em uma escola pública e periférica da cidade de Viamão, região metropolitana de Porto Alegre, RS.

Realizamos rodas de conversa que se estenderam por meses, colhemos uma grande quantidade de falas, e estruturamos nossos achados, com base na análise de conteúdo (Bardin, 2011), em três dimensões.

A Dimensão 1, revelou que para os alunos, “ser aluno” é cumprir regras que são pensadas e impostas pelos adultos, é respeitar os professores e fazer todas as atividades. Quando conseguem cumpri-las, percebem que são tidos/vistos como “bom aluno”, se não, são “mau aluno”. Contudo, os alunos relataram críticas às avaliações, e discordaram que necessariamente precisem, sempre, tirar notas altas em avaliações padronizadas para se considerarem um “bom aluno”. Apontaram que há outros valores e papéis que a escolarização pode assumir.

Já ser “Ser aluno” e “Ser Jovem” são, para eles, coisas distintas. “Ser aluno” significa e se limitar ao cumprimento de regras, estabelecidas sem consultá-los, sem ouvi-los, que sugerem o “acerto” e não toleram o “erro”. Já “Ser Jovem” significa, para eles, ter liberdade para errar, experimentar, viver e aprender nesse processo.

A Dimensão 2, “Aluno e Escola”, deu voz a que os alunos reportassem sentimentos de “pertencimento”, ou não, à escola, à turma. Porém, também mencionaram as angústias, ansiedades e sonhos deixados na calçada da escola. Alguns alunos apresentaram insegurança e sentimentos de “não pertencimento” à escola e/ou à turma, o que se apresenta como uma preocupação para a qual a escola deveria atentar.

Nas categorias “Percepção dos alunos de uma Escola Ideal” e “Influências socioeconômicas e a permanência na escola” apareceu com força a questão da fome, da segurança, do bem-estar, do descanso. Enfim, as necessidades básicas de sobrevivência são preocupações persistentes e aparecem sempre em primeiro lugar em suas falas. Isto nos levou à busca de uma nova base teórica para complementar nossa interpretação. Utilizamos a Teoria de Maslow (1943) para compreender que as preocupações mais emergenciais dos alunos estão predominantemente localizadas nos níveis inferiores da hierarquia das necessidades.

Isto nos levou a uma das nossas principais reflexões, isto é, dado que a aquisição de conhecimentos e saberes escolares, a educação, está associada à autorrealização e ao crescimento pessoal (nível mais elevado), então é possível perceber, como sugere Maslow, o quão distante na hierarquia de necessidades está esse objetivo, relativamente ao nível básico e associado às necessidades fisiológicas. Para Maslow, não há como

atingir o topo da pirâmide sem atender as necessidades que estão na base. Por esse caminho teórico, ficou mais fácil de compreender por que surgem tantas outras demandas nas falas dos alunos, antes que eles reconheçam a importância de estar na escola, de adquirir conhecimento, de ter objetivos de crescimento pessoal, autorrealização e futuro.

Contudo, suas falas apontaram também a necessidade e importância de uma escola que os possa escutar e auxiliar na construção de vínculos mais efetivos com o mundo do trabalho, um aspecto associado também às necessidades básicas, por terem de trabalhar muito cedo para auxiliar suas famílias. As condições de vulnerabilidade acabam, de suas ópticas, muitas vezes, levando os alunos à evasão/abandono escolar, ou mesmo para o mundo do tráfico. Para eles, a fome, a insegurança, a necessidade de dinheiro para ajudar na renda familiar é “o agora”, enquanto os estudos e a escola trazem resultados a longo prazo. Assim, dentre as duas opções, permanecer ou evadir/abandonar da escola, esta última é um caminho mais viável para alguns, mesmo conscientes de que este não é o mais seguro.

Durante esse período de “escuta” atenta, os alunos se sentiram à vontade para falar sobre muitos assuntos, inclusive de distorções familiares, abusos, falta de motivação, desestruturação familiar etc., revelando assuntos que muitas vezes são silenciados, como a violência doméstica (nestes casos, encaminhamos às autoridades responsáveis).

Por último, a Dimensão 3 mostrou que a relação que os alunos têm com a Ciência/Física, e com tópicos de Física Moderna, é frágil. Expressam que veem a “Física dissociada da Ciência”, e deixam transparecer grandes lacunas de entendimento da Matemática, remetendo a temas já pesquisados na área, por exemplo, a Física escolar é descontextualizada do cotidiano, sem significados para os alunos, associada a cálculos e é de difícil entendimento.

Por fim, habitar essa escola, escutar esses alunos e entender suas perspectivas e expectativas, em relação ao ambiente escolar e à escolarização, foi importante para o planejamento, concepção, construção e mudanças de rotas para a aplicação do Módulo de TR, além de ter permitido reestruturar as dinâmicas das aulas de forma colaborativa.

Diante dos achados do Estudo I, as escutas foram tão contundentes que acabaram por apequenar nossos objetivos iniciais, que principalmente enfocavam a FM, a TR, ou seja, preparar, aplicar e discutir um módulo de Relatividade junto a turmas do EM (Estudo II).

Dentro desse contexto social dos alunos, marcado pelas dificuldades e desigualdade social, repensamos nossa vontade de apresentar e discutir TR. Ainda assim,

consideramos que havia uma relação de confiança com as turmas e que valia a pena investir esforços para buscar responder à questão 3) de pesquisa, que constituiu o Estudo II desta investigação.

Questão 3) de Pesquisa

De que forma o uso da argumentação, na acepção de Toulmin (2006), pode auxiliar os estudantes a elaborarem e compreender um tópico de FM, por meio de uma abordagem histórico-epistemológica e conceitual??

Objetivos Específicos

Planejar e testar atividades que explorem a argumentação científica em sala de aula, na acepção de Toulmin (2006), com intuito de mostrar que os conhecimentos científicos atuais resultam de um processo contínuo de construção, que é humana, não linear, não neutra e não ahistórica;

Construir um módulo didático, selecionar materiais diversificados, em colaboração com os professores de Física atuantes na escola, para discutir um tópico de FM articulado com aspectos da HFC;

Aplicar e analisar o módulo didático de um tópico de FM a partir de diários de bordo, gravações em áudio de rodas de conversa, diálogos, entrevistas e outras formas de coleta de dados.

No Estudo II desenvolvemos, construímos e aplicamos um módulo didático, com uma abordagem histórico-epistemológica e conceitual, para introduzir conceitos e princípios da TR. O modelo de argumentação de Toulmin (2006) ajudou-nos a apresentar aos estudantes elementos da argumentação científica. Através dele, os estudantes puderam estruturar melhor seus pensamentos, de forma lógica, sustentando as teses com dados e garantias e, assim, conseguiram debater uma aplicação prática, o GPS, significando os conceitos abstratos da Teoria da Relatividade, os tornando mais tangíveis.

Além disso, com estratégias de interação e questionamento, e apresentação e discussão de aspectos histórico-epistemológicos referentes ao processo de desenvolvimento da TR, os alunos se sentiram mais confortáveis para questionar, errar e buscar entender os fenômenos científicos ao longo dos encontros. Apesar da aversão (inicial) à Física, como visto no Estudo I, os alunos mostraram interesse nas aulas do módulo e aumentou a frequência: começamos com a presença inicial de 10 alunos, nas turmas, terminamos o Estudo I com 24 alunos, e 31 participaram no Estudo II.

A aplicação do módulo enfrentou vários desafios logísticos, estruturais e organizacionais: a escola investigada enfrentava a falta frequente de professores, escassez de recursos e materiais, atendia um público de alunos carentes – carentes de necessidades básicas, e com lacunas de aprendizagem, sem conhecimentos básicos de Física Clássica e de Matemática. A fragilidade conceitual e matemática, consequência também das aulas remotas no início do Ensino Médio, por conta da pandemia da Covid-19, dificultou uma aprendizagem mais aprofundada da TR.

Contudo, os alunos indicaram que a abordagem histórico-epistemológica ajudou a perceberem a ciência como um processo evolutivo, e humano, mostrando que os conhecimentos científicos são resultado de um desenvolvimento contínuo, de longo prazo e conta com contribuições colaborativas de muitos cientistas, e que não há apenas gênios individuais. Na atividade das cartas e nos *feedbacks* relataram a relevância da HFC nas aulas de Física.

É provável que, se as aulas fossem menos interrompidas, ou canceladas com frequência, e se houvesse um número adequado de períodos semanais de aulas de Física, pudéssemos revisar os conceitos físicos (física clássica) com mais calma, realizar mais atividades interativas e obter melhores resultados. É importante ressaltar, contudo, que conhecer os alunos como pessoas, e não apenas como números na chamada, e perceber que eles têm muito a contribuir como agentes ativos no processo de escolarização, foi fundamental para levar-nos a resultados que podemos considerar positivos. Os alunos indicaram que o módulo impactou positivamente na sua motivação ao estudo da Física, em particular da TR.

Pensamos que investigações com um maior número de alunos, acompanhamento por mais tempo, e possivelmente com a realização de entrevistas, poderiam revelar resultados mais aprofundados. Foi inegável que a presença da universidade na escola, focando na escuta dos alunos e usando a Física como elo, trouxe resultados visíveis: os alunos revelaram maior confiança para fazer vestibular, para participar em feiras de ciências, e em atividades como de lançamento de foguetes de garrafas pet (que realizamos nessa escola), participar em programas de Meninas na Ciências; de olimpíadas de Matemática e concursos de redação, incentivados pela utilização dos elementos da argumentação de Toulmin (2006).

Estes resultados foram significativos não só para esta investigação, mas também para os alunos, pois permitiram que começassem a sonhar (abstraindo um pouco o contexto em que precisam lutar diariamente por comida, segurança, descanso, sono). Ao

longo dos encontros, o brilho nos olhos, o sorriso, as palavras de conforto, a escuta atenta, os gestos simples, como dar um bombom ou pirulito, fizeram os alunos se sentirem especiais. A sensibilidade nas escutas foi crucial, como já dito, e fizeram com que, muitas vezes, a pesquisadora retornasse à universidade carregando o peso da angústia, por não ter soluções para apresentar aos problemas que os alunos revelavam, compartilhar com a orientadora era uma saída.

Os alunos, entendidos como uma “construção social” ficam despidos na instituição escolar de todas as suas características; só a escuta foi capaz de revelar o nível de pertencimento, a percepção da escolarização como padrão para atender às regras da sociedade, dos adultos (Sacristán, 2005). Por vezes, os alunos dizem ficar presos a esses rótulos, sem terem famílias que os apoiem, e suas falas revelam que isso afeta a confiança na escola. É por isso que vários dizem que levam para sala de aula angústias, e outros, que deixam de fora da escola os seus sonhos. A questão do pertencimento se revela muito importante para que os alunos se sintam aderidos à escola, à educação.

Por fim, entendemos que embora o Estudo I tenha apequenado o Estudo II, ainda assim, percebemos resultados positivos da aplicação do módulo de TR. Um exemplo que tivemos, e que nos mostrou isto, foi que seis alunos (das Turmas A e B) aprovaram no vestibular da UFRGS, quando no início do ano não tinham essas expectativas.

Nossa esperança é que, em algum momento da vida esses alunos possam lembrar e entender melhor uma frase que a pesquisadora utilizou, repetindo a frase de seu pai, que mesmo em situações de não materialidade e de fragilidade, poderá fazer sentido “*não tenho herança, o que posso deixar pra vocês é os estudos. Estudem!*” [prólogo da pesquisadora]. Entenderão, então, que podemos ir além dos rótulos que nos impõem os adultos, a sociedade, forçando limites e que a resiliência, a força, a atitude revolucionária poderá ser “estudar!”, não desistir, por mais que as adversidades queiram nos parar. Compreenderão que não há limites que nos impeçam de voar.

E esta perspectiva só pode ser desvelada, ou passada, através de “escutas” atentas, daí a importância de haver muitas outras investigações que, assemelhadas a esta ou não, possam colocar foco no aluno, revisitar a Física ensinada na escola do século XXI, imprimir humanismo, argumentação científica, enquanto vias para a transformação social.

REFERÊNCIAS

ABRAMO, Helena Wendel. Condição juvenil no Brasil contemporâneo. **Retratos da juventude brasileira: análises de uma pesquisa nacional**, v. 2, p. 37-72, 2005.

ABREU, Thiago Moralles de. **Modelos cosmológicos com gás relativístico reduzido e com constantes gravitacional e cosmológica variáveis**. 2016. 56 f. - Universidade Federal de Juiz de Fora, [s. l.], 2016.

AINSWORTH, Peter Mark. What is ontic structural realism?. **Studies in History and Philosophy of Science Part B - Studies in History and Philosophy of Modern Physics**, [s. l.], v. 41, n. 1, p. 50-57, 2010.

ALENCAR, Geová. **Alice no País da Relatividade: teoria da relatividade para o ensino médio**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2023.

ALFRADIQUE, Viviane Angélico Pereira. **Modelos de Estrelas Relativísticas com Campo Magnético Dipolar**. 2016. 123 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Programa de Pós-Graduação do Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016.

ALMEIDA, Diana Patrícia Gomes de. **Física Moderna e Contemporânea no ensino médio: o livro didático e as representações sociais de docentes**. 2019. 271 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade São Paulo, São Paulo, 2019.

ALMEIDA, Otávio Fossa de. **Jogo educacional para o ensino básico de Relatividade Galileana**. 2016. 219 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação do Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

ALVES-BRITO, Alan; CORTESI, A. Complexidade em Astronomia e Astrofísica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 43, n. suppl 1, p. 1–18, 2021.

ALVES-BRITO, Alan; MASSONI, Neusa Teresinha; GUIMARÃES, Ricardo Rangel. Subjetividades da comunicação científica: a educação e a divulgação científicas no Brasil têm sido estremecidas em tempos de pós-verdade? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s. l.], v. 37, n. 3, p. 1598–1627, 2020.

ALVES-BRITO, Alan.; MASSONI, Neusa Teresinha. **Astrofísica para a Educação Básica: a origem dos elementos químicos no Universo**. Curitiba: Appris, 2019.

ALVES-MAZZOTTI, Alda Judith. Usos e abusos dos estudos de caso. **Cadernos de pesquisa**, v. 36, n. 129, p. 637-651, 2006.

ALVES, Caroline Diniz Nóbrega. Tornar-se aluno - Identidade e pertencimento: Perspectivas Etnográficas. **e-Mosaicos**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 11, p. 82–86, 2017.

AMBROZY, Marián; LOKAJÍČEK, Miloš; VALČO, Michal. Classical mechanics and contemporary fundamental physical research. *Philosophia (Philippines)*, [s. l.], v. 20, n. 2, p. 212–237, 2019.

ANDRÉ, Raíla. **Análise da instabilidade de Jeans em sistemas auto-gravitantes e um modelo de estrutura estelar no contexto da teoria de gravidade $f(R)$** . 2017. 124 f. Tese (Doutorado em Física) – Programa de Pós-Graduação em Física, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

ANGELO, Claudia Laus; LINS, Romulo Campos. Alunos falam sobre a escola: do mundo dos adultos à Terra do Nunca. *Educar em Revista*, Curitiba, n. 62, p. 165–180, out./dez. 2016.

ANTUNES, Celso. **Professor bonzinho-Aluno difícil**: A questão da indisciplina em sala de aula. Editora Vozes Limitada, 2017.

ARROYO, Miguel. Repensar o Ensino Médio: por quê? In: DAYRELL, Juarez.; CARRANO, Paulo; MAIA, Carla Linhares (Org.). **Juventude e ensino médio**: sujeitos e currículos em diálogo – Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014, p. 53-74.

ARTES, Amélia; PAGAIME, Adriana; ANELISE, Ingrid; UNBEHAUM, Sandra; GAVA, Thaís. Abandono escolar e a pandemia no Brasil: efeitos nas desigualdades escolares. **Departamento de Pesquisas Educacionais - Fundação Carlos Chagas**, São Paulo, p. 1-6, 2021.

AQUINO, Adriel de Oliveira. **O ensino de relatividade como incentivo para o aprendizado de Física**: Uma proposta. 2020. 53 f. Monografia (Licenciatura em Física) – Coordenação da Graduação do Curso de Física, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

AQUINO, Alessandra Alexandrino; SARAIVA, Gilberto Dantas. Nanociência e Nanotecnologia em Quadrinhos: Uma abordagem para o Ensino Médio. *Nanoscience and Nanotechnology in Comics: an Approach for High School*. [s. l.], p. 1–8, 2016.

ARINGHIERI, Luiz Fernando. **Teatro De Fantoques**: Uma Apresentação Lúdica de Física Moderna em Escolas do Ensino Fundamental. 2017. 79 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá - PA, 2017.

ASSENCIO, Elisa Maria Bernando. **Sobre a possibilidade de existência de buracos de minhoca com matéria estranha na relatividade geral**. 2020. 49 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2020.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 7. 1996. [s.l.]

BACHELARD, Gastor. **Epistemologia**. Barcelona: Editorial Anagrama, 1973.

BANHEZA, Talita Gonçalves; JARDIM, Maria Inês de Affonseca. Física de partículas elementares no Ensino Médio. **Atas do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Águas de Lindoia - SP, p. 1–8, 2015.

BAQUI, Pedro Otavio Souza. **Correções de pressão na dinâmica de fluidos newtoniana e comparação com a teoria da Relatividade Geral**. 2016. 88 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Programa de Pós-Graduação em Física, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.

BARBETA, Pedro Alberto. **Estatística aplicada às ciências sociais**. 5. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003.

BARBOSA, Patrynie Garcia; AQUINO, Arthur Marques; CALHEIRO, Lisiane Barcellos. Representações sociais de alunos da educação básica sobre buracos negros. **Revista de Enseñanza de la Física**, [s. l.], v. 32, n. 2020, p. 135-142, 2020.

BARCELLOS, Leandro da Silva; COELHO, Geide Rosa. Elaboração de uma sequência didática investigativa para Abordagem do tema Interação Radiação-Corpo Humano nas Séries Finais do Ensino Fundamental. **XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, São Carlos, SP, p. 1–8, 2017.

BARCELLOS, Marcília; GUERRA, Andreia. Inovação Curricular E Física Moderna: da prescrição à prática. **Revista Ensaio**, [s. l.], v. 17, n. 2, p. 329–350, 2015.

BARCELLOS, Marcília; ZANETIC, Lígia Valente. Problematizando o ensino da física moderna, a partir das várias “teorias gravitacionais”. **V ENPEC**, Bauru, SP, n. 1809-5100, p. 1-12, 2005.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2011.

BARROS, Brendon; DE SOUZA, Emanuel. Estudo das ondas gravitacionais no ensino médio: uma abordagem teórica e experimental. **arXiv**, [s. l.], p. 1–24, 2020.

BARONETT, Stan. **Lógica: uma introdução voltada para as ciências**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

BASILIO, Sofia Guilhem. **A Ideologia em materiais de divulgação científica: Um estudo da imagem de Einstein em discursos sobre as ondas gravitacionais**. 2018. 209 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade São Paulo, São Paulo, 2018.

BATISTA, Carlos Alexandre; SIQUEIRA, Maxwell. Análise didática de uma atividade lúdica sobre a instabilidade nuclear. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, v. 14, n. 1, p. 126-142, 2019.

BERLAND, Leema; CRUCET, Kathleen. Epistemological Trade-Offs: Accounting for Context When Evaluating Epistemological Sophistication of Student Engagement in Scientific Practices. **Science Education**, [s. l.], v. 100, n. 1, p. 5–29, 2016.

BEVERS, Brett Maynard. Everett's "Many-Worlds" Proposal. **Studies In History and Philosophy of Science Part B - Studies In History and Philosophy of Modern Physics**, [s. l.], v. 42, n. 1, p. 3-12, 2011.

BEZERRA, Lucas Brustolin. **A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: análise da produção em revistas da área de Ensino de Ciências**. 2021. 1-2 f. [s. l.], 2021.

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal: Porto, 1994.

BORRELLI, Arianna. The case of the composite Higgs: The model as a "Rosetta stone" in contemporary high-energy physics. **Studies in History and Philosophy of Science Part B - Studies in History and Philosophy of Modern Physics**, [s. l.], v. 43, n. 3, p. 195-214, 2012.

BOURDIEU, Pierre. **Escritos da Educação**. 16. ed. Petrópolis: Vozes, 2015.

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

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

BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, DF: MEC, SEB, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Dicionário de Indicadores Educacionais: Fórmulas de cálculo**. Brasília, DF: MEC, 2004.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)**. Brasília, DF: MEC, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+ Ensino Médio: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, DF: MEC, 2002.

BRASIL. **Lei 13.415/2017**: Altera as Leis nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996 (...). Brasília, 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13415.htm. Acesso em 20 de maio de 2024.

BRUGLIATO, Érica Talita; ALMEIDA, Maria José. A leitura de diferentes tipos de discursos no ensino de física: O átomo de Rutherford. **X ENPEC**, Águas de Lindoia - SP, p. 1-7, 2015.

CAMARGO, Leiana.; ZANOTELLO, Marcelo; TAKAI, Helio. Uma reflexão sobre desafios para o ensino da física de partículas no âmbito de um curso de formação. **XXII SNEF**, São Carlos, SP, p. 1-8, 2017.

CAMPOS, Luís Fernando Esteves. **O paradoxo dos gêmeos através da dinâmica dos três momentos pedagógicos**. 2020. 101 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda - RJ, 2020.

CAMPOS, Alexandre; SILVA, Gildevan Oliveira. Da cultura infantil à cultura científica escolar : o caso do espectro contínuo e do espectro discreto 1. [s. l.], p. 1–8, 2019.

CANATO Júnior, Osvaldo; MENEZES, Luís Carlos. A Física Quântica como conhecimento em rede no Ensino de Física. **XIV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física** – Maresias, SP, p. 1–9, 2012.

CANELLA, Guilherme Arantes. **Estudo das propriedades de moléculas com átomos pesados utilizando um novo conjunto de base relativístico**. 2016. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade São Paulo, São Paulo, 2016.

CAPELARI, Danilo. **Uma sequência didática para ensinar relatividade restrita no ensino médio com o uso de tic**. 2016. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, [s. l.], 2016.

CAPPELLETTO, Eliane; MOREIRA, Marco Antonio. Sucessos e dificuldades em conectar teoria e experimentação em Física Moderna e Contemporânea: Resultados Preliminares. **XIV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, Maresias, São Sebastião, SP, p. 1-9, 2012.

CARAGEORGE, Edward Cespedes. **Uma proposta de sequência didática para ensino da relatividade geral no ensino médio**. 2020. 204 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2020.

CARDOSO, Danilo. **A complementaridade dos pensamentos narrativo e matemático na gestação da teoria da Relatividade Geral**. 2015. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade São Paulo, São Paulo, 2015.

CARDOSO, Danilo; NORONHA, André; GURGEL, Ivã. Uma proposta de atividade sobre o Princípio de Equivalência da Teoria da Relatividade Geral: Colocando em prática um experimento de pensamento. **XXI SNEF**, Uberlândia, p. 1–8, 2015.

CARNEIRO, Fernando Lessa. **Ondas gravitacionais, efeito memória e o teleparalelismo equivalente à relatividade geral**. 2018. 63 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Instituto de Física, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

CARUSO, Francisco; DE FREITAS, Nilton. Física Moderna no Ensino Médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s. l.], v. 26, n. 2, 2009.

CARVALHO, Geanderson Araujo. **A importância da relatividade geral no estudo de anãs brancas**. 2015. 79 f. Dissertação (Mestrado em Física), Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2015.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; SASSERON, Lúcia Helena. Ensino de Física por investigação: Referencial teórico e as pesquisas sobre as sequências de ensino sobre calor e temperatura. **Ensino em Revista**, [s. l.], v. 22, n. 2, p. 249–266, 2015.

CASTRO, Paula Almeida. **Tornar-se aluno: identidade e pertencimento um estudo etnográfico**. 2011. 159 f. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

CATARINO, Giselle Faur de Castro; REIS, José Cláudio de Oliveira. A pesquisa em ensino de ciências e a educação científica em tempos de pandemia: reflexões sobre natureza da ciência e interdisciplinaridade. **Ciência & Educação**, Bauru - SP, v. 27, 2021.

CAVALCANTE, Gerlanio Nogueira. **Ensinando Física Moderna através de experimentos com materiais alternativos**. 2017. 103 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Regional do Cariri, Juazeiro do Norte, 2017.

CAVALCANTI, Rogério Teixeira. **Aspects of Black Hole Physics Beyond General Relativity: extra dimensions, horizon wave function and applications**. 2017. 139 f. Tese (Doutorado em Física) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do ABC, Santo André, 2017.

CELESTINO, Juliana. **Propagação de Campos Escalares e Ondas Gravitacionais em um espaço-tempo planarmente simétrico**. 2014. 38 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação em Física, Universidade Federal de Itajubá, Minas Gerais, 2014.

CELESTINO, Juliana. **Dinâmica de espaços-tempos com simetria axial: Ondas cilíndricas e colapso não-esférico**. 2018. 118 f. Tese (Doutorado em Física) - Programa de Pós-Graduação em Física, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2018.

CELESTINO, Leandro Carlos de Freitas. **O jogo de tabuleiro como recurso didático no ensino da teoria da relatividade no ensino médio**. 2020. 137 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020.

CERTEAU, Michel de. **A invenção do cotidiano**. vol. I: artes de fazer. 1994. Editora Vozes? [s.l.]

CESTARI JUNIOR, Decio Hermes. **Paul Langevin: ciência, educação e difusão do conhecimento**. 2020. 118 f. Tese (Doutorado em História da Ciência), PUC-São Paulo, f.118, 2020.

CHACON-RODRIGUES, Marina; MAGALHÃES, Nadja. Influência da troca de informação e do efeito visual de deformação aparente na compreensão da contração de Lorentz-Fitzgerald no ensino da teoria da Relatividade Especial – o uso do diagrama de Minkowsk. **XXIV SNEF** [online], p. 19-21, 2021.

CHARMAZ, Kathy. **A construção da teoria fundamentada: guia prático para análise qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

CHAVES, Miriam Waidenfeld. As relações entre a Escola e o Aluno: uma história em transformação. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 40, n. 4, p. 1149–1167, 2015.

CHITOLINA, Diogo. **Desenvolvimento de um ambiente virtual de ensino e aprendizagem para o ensino da relatividade**. 2017. 192 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

CHITOLINA, Diogo; JOSÉ, Paulo. A relatividade galileana através de uma atividade WIKI. **XXII SNEF**, p. 1–9, 2017.

COLES, Peter. A revolution in science: the eclipse expeditions of 1919. **Contemporary Physics**, [s. l.], v. 60, n. 1, p. 45-59, 2019.

COLOMBO JUNIOR, Pedro Donizete; SOUSA, Adriano Ribeiro; LORENÇO, Ariane Baffa; OVIGLI, Daniel Fernando Bovolenta. Física moderna e contemporânea em sala de aula: práxis de professores egressos de uma universidade brasileira. **IX Congresso Internacional Sobre Formación de Profesores de Ciencias**, Bogotá, p. 2114–2121, 2021.

COSENZA, Ramon; GUERRA, Leonor. **Neurociência e educação: como o cérebro aprende**. Porto Alegre: Artmed, 2011.

COOPER, Harris; HEDGES, Larry Vernon. Research synthesis as a scientific process. In: COOPER, Harris; HEDGES, Larry Vernon; VALENTINE, Jeffrey (Org.). **The handbook of research synthesis and meta-analysis**. New York: The Russel, 2009. p. 3-16.

CORDEIRO, Milton da Silva. **Unidade de ensino potencialmente significativa para uma abordagem contextualizada da teoria da relatividade especial no ensino médio**. 2018. 231 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2018.

COSTA, Bruno Arderucio. **Superradiância: Aspectos Clássicos, Relativísticos e Quânticos**. 2014. 80 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, 2014.

COSTA, Thiago Queiroz; RABELLO, Dayani Lebedieff Skamoto. Investigação didática de ambientes com realidade virtual e realidade aumentada na aprendizagem de Física Moderna Contemporânea: uma abordagem semiótica. **Revista eletrônica de investigações filosóficas, científicas e tecnológicas**, [s. l.], v. VI, n. XIX, p. 105-124, 2020.

CORTI, Ana Paula. Ser aluno: um olhar sobre a construção o social desse ofício. In: DAYRELL, Juarez.; CARRANO, Paulo; MAIA, Carla Linhares (Org.). **Juventude e ensino médio: sujeitos e currículos em diálogo** – Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014, p. 309-332.

COUTO, Roberto Vinícios Lessa. **Astronomia no ensino médio: uma abordagem simplificada a partir da teoria da relatividade geral**. 2020. 177 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação, Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

CUESTA BELTRÁN, Yeison; MOSQUERA SUÁREZ, Carlos. Algunas Reflexiones en torno a las Implicaciones de la NdC en Educación en Ciencias: el caso de la Enseñanza de la Mecánica Cuántica. **Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED**, Bogotá, n. 1, 2016.

DA SILVA, João Ricardo Neves; ARENGHI, Luis Eduardo Birello; LINO, Alex. Porque inserir física moderna e contemporânea no ensino médio? Uma revisão das justificativas dos trabalhos acadêmicos. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 6, n. 1, p. 69-83, 2013.

DAMASIO, Felipe; PEDUZZI, Luiz. História e filosofia da ciência na educação científica: para quê?. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 19, p. 1–20, 2017.

DANTAS, Claudio Rejane da Silva; MASSONI, Neusa Teresinha; DOS SANTOS, Flávia Maria Teixeira. A avaliação no Ensino de Ciências Naturais nos documentos oficiais e na literatura acadêmica: Uma temática com muitas questões em aberto. **Ensaio aval. pol. públ. Educ.**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 95, p. 440-482, 2017.

DAYRELL, Juarez; CARRANO, Paulo. Diálogos com o ensino médio. 2010. Disponível em:http://www.uff.br/observatoriojovem/sites/default/files/documentos/emdialogo_relatorio_fin_al_pesquisa_para.pdf. acesso nov.2022

DAYRELL, J. CARRANO. Juventude e Ensino Médio. Quem é esse aluno que chega à escola (org.). Dayrell J.; Carrano e Maia C. **Juventude e Ensino médio: Sujeitos e Currículos em Diálogo–Belo Horizonte: Editora UFMG**, 2014.

DAYRELL, Juarez. A escola "faz" as juventudes? Reflexões em torno da socialização juvenil. **Educação & Sociedade**, v. 28, p. 1105-1128, 2007.

DAYRELL, Juarez. O jovem como sujeito social. **Revista brasileira de educação**, [s. l.], n. 24, p. 40-52, 2003.

DAYRELL, Juarez. A música entra em cena: o rap e o funk na socialização da juventude em Belo Horizonte. 2001. 412 f. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

DAYRELL, Juarez. A escola como espaço sociocultural. **Múltiplos olhares sobre educação e cultura**. Belo Horizonte: UFMG, v. 194, p. 136-162, 1996.

DAVILSON, Limberg. **Tópicos de física moderna e tecnologias educacionais: uma abordagem cultural do conceito de tempo no Ensino Médio**. 2016. 208 f. Dissertação (Mestrado em Ensino, História e Filosofia das Ciências e Matemática) Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do ABC, São Paulo, 2016.

DAWES, Lyn. Talk and learning in classroom science. **International Journal of Science Education**, London, v. 26, n. 6, p. 677-695, 2004.

DE ANDRADE PANDINI, Camila; BARTELMERBS, Roberta Chiesa; TEGON, Maria Milena Figueira. A invisibilidade das mulheres na física: um recorte nos últimos 12 anos na produção de eventos e revistas de alto impacto. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 4, n. 3, 2021.

DE BIANCHI, Silvia; CATREN, Gabriel. Introduction to the special issue Hermann Weyl and the philosophy of the 'New Physics'. **Studies in History and Philosophy of Science Part B - Studies in History and Philosophy of Modern Physics**, [s. l.], v. 61, n. 2014, p. 1-5, 2018.

DE MATOS, Jênifer Andrade; MASSONI, Neusa Teresinha. Proposta didática para apresentar conceitos do movimento de queda dos corpos no ensino fundamental através de um aporte histórico e epistemológico. **Textos de Apoio ao Professor de Física**, Porto Alegre, v. 27, n. 1, p. 1-67, 2016.

DE OLIVEIRA, Rilavia Almeida; MARTINS, André Ferrer Pinto; DA SILVA, Ana Paula Bispo. Temas de Natureza da Ciência a partir de episódios históricos: os debates sobre a natureza da luz na primeira metade do século XIX. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s. l.], v. 37, n. 1, p. 197-218, 2020.

DE OLIVEIRA, Fabio Ferreira; VIANNA, Deis Miranda; GERBASSI, Reuber Scofano. Física moderna no ensino médio: O que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007.

MARQUES, Matheus de Souza. **Uma proposta de um objeto educacional digital para a apresentação da teoria da relatividade especial**. 2021. 29 f. Monografia (Licenciatura em Física) – Universidade Federal do Pampa, Bagé.

DE SOUZA, Julio Cesar Chirichella Felicioni; VOELZKE, Marcos Rincon. O ensino de relatividade restrita e astronomia através do fenômeno dos núcleos de galáxias ativas. **Brazilian Journal of Development**, [s. l.], v. 7, n. 11, p. 105545-105553, 2021.

DEWES, Marcia Eliane; ALVES, Fábio Lopes. A escola na visão dos alunos: dilemas e desafios. **Cadernos PDE**, Paraná, v. I, p. 1-22, 2013.

DO CARMO, Alex Bellucco. **A linguagem matemática em uma aula experimental de física**. 2006. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências - Modalidade Física) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

DIAS, Penha Maria Cardoso. A (im)pertinência da História ao aprendizado da Física (um estudo de caso). **Revista Brasileira de ensino de física**, v. 23, p. 226-235, 2001.

DIDONET, Ricardo Jensen. Proposta de entropia gravitacional para métricas tipo-gödel no teleparalelismo equivalente à relatividade geral. 2020. 52 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Universidade de Brasília, 2020.

DISALLE, Robert. Absolute space and Newton's theory of relativity. **Studies in History and Philosophy of Science Part B - Studies in History and Philosophy of Modern Physics**, [s. l.], v. 71, p. 232–244, 2020.

DUARTE, Leonardo Vicente. **Dilatação temporal e doutor estranho: Uma proposta de Ensino de Física por meio de um filme do universo cinematográfico Marvel**. 2021. 59 f. Monografia (Licenciatura em Física) – Instituto Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2021.

DUARTE, João Chakrian Raphael Viana. **Efeitos da Não-comutatividade do Espaço-tempo sobre as Propriedades Termodinâmicas da Corda Negra**. 2021. 132 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Departamento de Física, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2021.

DUDA, Josué. **Aplicação e análise de uma sequência didática para abordagem de cinemática e teoria da relatividade restrita no ensino médio**. 2020. 352 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2020.

DUBET, François. **O que é uma escola justa?** A escola das oportunidades. São Paulo: Cortez, 2008.

EL-HANI, Charbel Niño; TAVARES, Eraldo José Madureira; DA ROCHA, Pedro Luis Bernando. Concepções epistemológicas de estudantes de Biologia sua transformação por uma proposta explícita de ensino sobre História e Filosofia das Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, [s. l.], v. 9, n. 3, p. 265-313, 2004.

ESPINOZA, Fernando. An analysis of the historical development of ideas about motion and its implications for teaching. **Physics Education**, v. 40, n. 2, 2005.

ERTHAL, João Paulo Casaro; LINHARES, Marília Paixão. História da Ciência em sala de aula: O que tem aparecido em nossas revistas? **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis, p. 1-10, 2009.

FEITOSA, Lindonjonson Souza. **O lúdico na Física: explicando a Física por meio de super-heróis**. 2021. 160 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

FERNÁNDEZ, Alicia. **Os idiomas do aprendente: Análise das modalidades ensinantes com famílias, escolas e meios de comunicação**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2001.

FERNANDES, Talita Barbosa; LÚCIO, Geilma Hipólito; DE SOUSA, Francisca Rozângela Lopes; DA SILVA, Francisco Anderson Mariano. Estilos de liderança de alunos do ensino médio numa escola pública da educação básica brasileira. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 8, n. 4, p. 1-11, 2019.

FERNANDEZ, Rodrigo Lipparelli. **Propagação Luminosa no Espaço-Tempo de Gödel**. 2016. 42 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2016.

FERREIRA-MARTINS, André Juan. **Gravity and its wonders: braneworlds and holography**. 2021. 223 f. Tese (Doutorado em Física) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do ABC, Santo André, 2021.

FERREIRA, Juliana Mesquita Hidalgo. Abordando a Natureza da Ciência na formação de professores de física: desafios e perspectivas. In: SILVA, Cibelle Celestino; PRESTES, Maria Elice Brzezinski (Org.). **Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas**. São Carlos: Tipographia, 2013. p. 251-264.

FERREIRA, Pedro Henrique Meert. **Simetria cilíndrica na relatividade geral**. 2017. 73 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Programa de Pós-Graduação, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

FERREIRA, Danilo Cardoso; GURGEL, Ivã. A complementaridade dos pensamentos narrativo e matemático na gestação da teoria da Relatividade Geral. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p. 745-773, 2017.

FIASCA, Angelo Bruno Andrade; BELMONTE, Valeria Nunes; TAVARES, Bernardo Matos; BATISTA, Michel Corci. A utilização de metodologia ativas no ensino de física: uma possibilidade para o ensino de relatividade restrita na educação básica. **Experiências em Ensino de Ciências**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 367-383, 2021.

FIASCA, Angelo Bruno Andrade. **Aplicando metodologias ativas e explorando tecnologias móveis em aulas de Relatividade Restrita no Ensino Médio**. 2018. 173 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

FIGUEIREDO, David Oliveira. **Gravidade análoga em metamateriais: um elo entre a física da matéria condensada, gravitação e cosmologia**. 2018. 172 f. Tese (Doutorado em Física) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

FILHO, Amâncio Gabriel Bendia. **Estratégias virtuais para a inserção do espaço e tempo relativísticos no ensino de física**. 229 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ, 2017..

FORATO, Thais Cyrino de Mello; PIETROCOLA, Maurício; MARTINS, Roberto de Andrade. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 27–59, 2011.

FOSSILE, Dieysa Kanyela. Construtivismo versus sócio-interacionismo: uma introdução às teorias cognitivas. **Revista Alpha**, n. 11, p. 105-117, 2010.

FREIRE, Joseil Carvalho. **Evolução de conceitos de mundo: uma proposta para inserção da teoria da relatividade no ensino médio**. 2015. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

FREIRE JÚNIOR, David Guimarães. **Uma sequência didática para a abordagem da relatividade especial na educação básica com a utilização da instrução pelos colegas**.

2018. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2018.

FREIRE, Paulo. **Ação cultural para a liberdade e outros escritos**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1968.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da esperança: um reencontro com a pedagogia do oprimido**. 4. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 25. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2002.

FRENCH, Steven. Toying with the Toolbox: How Metaphysics Can Still Make a Contribution. **Journal for General Philosophy of Science**, [s. l.], v. 49, n. 2, p. 211–230, 2018.

FRIZO, Diego Augusto. **Soluções da eletrodinâmica generalizada em espaços-tempo curvos**. 2019. 97 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Programa de Pós-Graduação em Física, Universidade Federal de Alfenas, Minas Gerais, 2019.

FRÓES, André Luís Delvas. **Modificações vetoriais na Relatividade Geral: Aplicações cosmológicas e no Sistema Solar**. 2013. 109 f. Tese (Doutorado em Física) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

FUCHS, Eduardo Ismael. **Teoria da Relatividade Restrita: Uma introdução histórico-epistemológica e conceitual voltada ao ensino médio**. 2016. 337 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

GALVÃO, Idmaura Calderaro Martins; SPAZZIANI, Maria de Lourdes; MONTEIRO, Isabel Cristina de Castro. Argumentação de alunos da primeira série do Ensino Médio sobre o tema “Energia”: discussões numa perspectiva de Educação Ambiental. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 24, n. 4, p. 979-991, 2018.

GATTI, Bernardete Angelina. Grupo focal na pesquisa em ciências sociais e humanas. In: **Grupo focal na pesquisa em ciências sociais e humanas**. 2005. p. 77-77.

GERMANI, Felipe Tolentino Lopes. **Simulações de Dinâmica Molecular em um Gás Relativista**. 2014. 79 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro, 2014.

GIL, Carmem Zeli Vargas; SEFFNER, Fernando. Dois monólogos não fazem um diálogo: jovens e ensino médio. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 41, n. 1, p. 175-192, 2016.

GOBBI, Luiz Henrique. **Teoria da Relatividade Restrita: uma sequência didática investigativa, com a utilização de uma ferramenta computacional como facilitadora do processo de ensino/aprendizagem da contração espacial de Lorentz**. 2016. 122 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós-graduação, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.

GODINHO, Emmanuel Zullo; MARTINS, Claudineia de Oliveira; PARISOTO, Mara Fernanda; LEONEL, André Ary. Análise dos conhecimentos de estudantes no Ensino Médio acerca da Teoria da Relatividade. **Educere - Revista da Educação da UNIPAR**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 71-90, 2021.

GODOI, Willian dos Santos. O problema das ideias de natureza simples para a geometria não-euclidiana e para a física não-newtoniana a partir da análise de Gastón Bachelard. **Griot: Revista de Filosofia**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 268-288, 2015.

GOMES, Emerson Ferreira. **O Romance e a Teoria da Relatividade: A interface entre Literatura e Ciência no Ensino de Física através do discurso e da estrutura da ficção**. 2011. 152 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Programa de Pós-Graduação Interinidades em Ensino de Ciências, Universidade São Paulo, São Paulo, 2018.

GOMES, Fernando Oliveira Silva. **Teoria da gravidade escalar geométrica interpretada sob a perspectiva do modelo de dimensões extras**. 2018. 48 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

GOMES NETO, Artur Alberto. **Teoria da Relatividade Geral: Uma proposta em Ensino não formal**. 2020. 146 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2020.

GONÇALO, Fernanda Battú; TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. Pesquisas sobre o Ensino da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: Caracterização dos estudos recentes publicados em periódicos nacionais. **Pesquisa em Ensino de Física 2**, [s. l.], p. 32-42, 2017.

GONZÁLEZ, Hailleen Gisell Varela. **Uso do Einstein Toolkit na Gravidade Teleparalela**. 2016. 84 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Instituto de Física, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

GORODETSKAYA, Yulia. **Estudo de noção de transporte paralelo sobre uma superfície dinâmica com aplicações na Relatividade Geral**. 2015. 52 f. Dissertação (Mestrado em Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Matemática, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2015.

GOULART, Guilherme Salgueiro. **Proposição de uma UEPS para o ensino de FMC: Uma alternativa aos desafios enfrentados por professores de física em escolas estaduais de Uruguaiana-RS**. 2020. 237 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Ensino de Física, Universidade Federal de Santa Maria, 2020.

GOULART, Guilherme Salgueiro; LEONEL, André Ary. Revisão da literatura sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino médio: potencialidades a partir da aprendizagem significativa. **Revista Dynamis**, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 192, 2020.

GRUNER, Stefan; BARTELMANN, Matthias. The notion of “aether”: Hegel versus contemporary physics. **Cosmos and History**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 41-68, 2015.

GUERRA, Andreia; BRAGA, Marco; REIS, José Cláudio. Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, p. 575-583, 2007.

GUIMARÃES, Ricardo Rangel; MASSONI, Neusa Teresinha. Argumentação e pensamento crítico na educação científica: análise de estudos de casos e problematizações conceituais. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 13, n. 2, p. 320-344, 2020.

GUIMARÃES, Ricardo Rangel; MASSONI, Neusa Teresinha. O uso do modelo padrão de argumentação de Stephen Toulmin no ensino de ciências no âmbito da disciplina de Física: alguns resultados de pesquisa e reflexões a partir de debates em sala de aula. **Investigações em Ensino de Ciências**, vol. 25 (3), pp. 487-502, 2020b.
<http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n3p487>

GURGEL, Ivã; PIETROCOLA, Mauricio; WATANABE, Graciella. The role of cultural identity as a learning factor in physics: a discussion through the role of science in Brazil. **Cultural Studies of Science Education**, [s. l.], v. 11, n. 2, p. 349-370, 2016.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

HOERNIG, André Felipe. **Física quântica e história e filosofia da ciência: conceitos, vida, crenças e religiosidade como motivadores na aprendizagem de Física**. 2020. 300 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

HOERNIG, André Felipe; MASSONI, Neusa Teresinha; HADJIMICHEF, Dimiter. Física Quântica na Escola Básica: investigações para a promoção de uma Aprendizagem Conceitual, Histórica e Epistemológica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 43, 2021.

HOERNIG, André Felipe Hoernig; MASSONI, Neusa Teresinha; HADJIMICHEF, Dimiter. Ciência e Religião: possibilidades para o Ensino de Física com um viés Histórico e Epistemológico em um contexto de Introdução de Física Quântica no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 39, n. 2, p. 551-583, ago. 2022.

HOROKHOV, Serhii; ZHUKOVA, Galina. Contemporary Cosmological Paradigms and their Impact on Educational Research. **Philosophy and Cosmology**, [s. l.], v. 21, p. 14–20, 2018.

INFORSATO, Edson do Carmo. O ofício de aluno. **Caderno de Formação: formação de professores didática geral**, São Paulo, v.9, p. 59-65, 2011.

JANUÁRIO, Maria Derlandia de Araújo. **Estudando a relatividade restrita com folhetos de cordel científicos em formato de história em quadrinhos através de uma sequência de ensino à luz da neurociência educacional**. 2020. 151 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) Programa de Pós-Graduação, Universidade Regional do Cariri, Juazeiro do Norte, 2020.

JANUÁRIO, Maria Derlandia Araújo; GONZÁLEZ, Greivin Antonio Núñez; MASSONI, Neusa Teresinha; MORIGGI, Andressa Varriale. Reflexões sobre a Educação em Ciências à luz da Epistemologia de Humberto Maturana. **Temporalidades – Revista de História**, v. 14, n. 1, p. 514-534, 2022.

JANUÁRIO, Maria Derlandia de Araújo+; HOERNIG, André Felipe; MASSONI, Neusa Teresinha. Tendências atuais sobre o Ensino de Física Moderna: uma revisão de literatura. **Revista Educar Mais**, v. 8, p. 1-22, 2024.

JANUÁRIO, Maria Derlandia de Araújo; MASSONI, Neusa Teresinha. 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.

JANUÁRIO, Maria Derlandia de Araújo; MASSONI, Neusa Teresinha. O uso da argumentação na acepção de Stephen Toulmin articulado à abordagem histórico-epistemológica com enfoque no aluno: um caminho possível para construção da aprendizagem em relatividade. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, Passo Fundo, v. 4, n. 3, p. 1268-1286, 2021.

JANUÁRIO, Maria Derlandia de Araújo; NOBRE, Francisco Augusto Silva. Estudando a Relatividade restrita com folhetos de cordel científicos em formato de história em quadrinhos, através de uma sequência de ensino à luz da neurociência educacional. **Textos de Apoio ao Professor de Física**, Porto Alegre: UFRGS, v. 30 n. 1, p. 1-90, 2019.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, Maria Pilar. et al. Epistemic practices: an analytical framework for science classrooms. In: Annual Meeting Of The American Educational Research Association, 2008, New York. **Proceedings...** Washington: AERA, 2008.

JORGE, Leticia. **Um expo(r)-(po)sições art(Sci)culado**: as transformações da ciência que perpassam pelas artes visuais e se materializam na forma de quadrinhos para a formação de licenciandos(as) e bacharelados(as) em física. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Educação Científica e Tnológica. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.

KARPENKO, Ivan A. The Concept of the Space Interpretation Problem in Some of the Modern Physics Multiverse Hypotheses. **SSRN Electronic Journal**, p. 1-20, 2015.

KIKUCHI, Ligia Ayumi; ORTIZ, Adriano José; BATISTA, Irinéa de Lourdes. Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: uma análise do que se tem discutido a respeito do assunto. **IX ENPEC**, Águas de Lindoia, SP, p. 1–8, 2013.

KRAGH, Helge; NIELSEN, Kristian Hvidtfelt. Spreading the gospel: A Popular book on the Bohr atom in its historical context. **Annals of Science**, [s. l.], v. 70, n. 2, p. 257-283, 2013.

KUHN, Thomas. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. 5. ed. São Paulo: Perspectiva, 1997.

LACERDA, Andreson Lopes. Design Instrucional e o ensino de Relatividade Restrita. **XIV EPEF**, Maresias, SP, p. 1-9, 2012.

LAUTESSE, Philippe; BERNARD, Claude; VALLS, Adrien Vila; FERLIN, Fabrice; HERAUD, Jean-Loup. Teaching Quantum Physics in Upper Secondary School in France: ‘Quanton’ Versus ‘Wave–Particle’ Duality, Two Approaches of the Problem of Reference. **Science & Education**, v. 24, p. 937-955, 2015.

LARROSA, Jorge. **Esperando não se sabe o quê: sobre o ofício de professor**. Autêntica, 2018.

LAVAL, Christian. **A Escola não é uma Empresa**. 1. ed. São Paulo: Boitempo Editorial, 2019.

LIMA, Andreza Maria; MACHADO, Laêda Bezerra. Um estudo sobre o “bom aluno” na perspectiva das representações sociais. **EccoS – Revista Científica**, [s. l.], n. 28, p. 171-189, 2012.

LIMA, Gabriella da Conceição. **A Ficcionalização da Ciência como recurso didático no Ensino Médio: Investigando tópicos de Relatividade do Delorean à USS Discovery**. 2019. 123 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

LIMA, Geogenes Melo. **Uma unidade de ensino potencialmente significativa com o aplicativo TRE Einstein para ensinar a relatividade especial**. 2018. 131 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

LIMA, Pablo William Rodrigues. **Cálculos newtoniano e relativístico da deflexão da luz e a contribuição da constante cosmológica**. 2019. 54 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

LIMA, Lorena Reis. **Delineamentos discursivos em podcasts de divulgação científica com a temática relatividade**. 2021. 90 f. - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, [s. l.], 2021.

LIMA, Nathan; CAVALCANTI, Cláudio; OSTERMANN, Fernanda. Concepções de Dualidade Onda-Partícula: Uma proposta didática construída a partir de trechos de fontes primárias da Teoria Quântica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 43, 2021.

LIMA, Geogenes Melo; MEDEIROS, Deusdedit Monteiro. Usando o aplicativo TreEinstein como ferramenta educacional no ensino da teoria da relatividade especial. **A Física na Escola**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 118-122, 2021.

LIMA, José Ademir Sales; SANTOS, Rose Clívia. 100 anos da cosmologia relativística (1917-2017). Parte I: Das origens à descoberta da expansão universal (1929). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 40, n. 1, p. 1- 15, 2018.

LIN, Pi-Jen. The Development of Students’ Mathematical Argumentation in a Primary Classroom TT - O Desenvolvimento da Argumentação Matemática por Estudantes de uma Turma do Ensino Fundamental. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 43, n. 3, p. 1171-1192, 2018.

LINHARES GATTI, Marcelo. **Introdução ao estudo da teoria da relatividade restrita via paradoxo dos gêmeos: uma proposta para o ensino médio.** 2018. 133 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, 2018.

LINS, Aline Nascimento. **Short distance tests of General Relativity From Astronomy.** 2021. 83 f. Tese (Doutorado em Física) - Departamento de Física Teórica e Experimental, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2021.

LOBO, Iarley Pereira. **Singularidades do espaço-tempo em variedades de Weyl.** 2013. 88 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

LOCH, Juliana; GARCIA, NMD. Física moderna e contemporânea na sala de aula do ensino médio. **VII ENPEC**, Florianópolis, 2009.

LOPES, Wilton de Carvalho. **A produção de um telejornal como ferramenta de ensino- aprendizagem: abordando a relatividade no 1º ano do ensino médio.** 2018. 109 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Estadual do Ceará, 2018.

LOPES, Elcio de Souza; SASSERON, Lucia Helena. Trabalhando com fontes históricas primárias no Ensino Médio: O caso do elétron segundo Jj Thomson, [s. l.], p. 1-8, 2017.

LORENZETTI, Cristina Spolti; DAMASIO, Felipe; RAICIK, Anabel. O episódio histórico do centenário do eclipse de Sobral e suas implicações para o Ensino de Física por meio da divulgação científica. **Revista Educar Mais**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 294-307, 2020.

MACENA, Josué Junior Gonçalves. **Sobre a quantização do universo de Gödel.** 2020. 69 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

MACHADO, Sílvio Nei da Silva; FRISTCH, Rosângela; PASINATO, Darciel. Abandono escolar no contexto da pandemia: desejos, angústias e anseios na fala dos estudantes da Escola Estadual de Ensino Médio Olindo Flores da Silva. **Revista Labor**, Fortaleza, v. 2, n. 26, p. 220-241, 2021.

MAGRI, Angell Mayara Maroco. **Teoria da relatividade e logica temporal.** 2019. 108 f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) - Programa de Pós-graduação em Filosofia, Universidade Federal de Santa Catarina. 2019.

MAMCHUR, Elena. The Destiny of Atomism in the Modern Science and the Structural Realism. **Social Epistemology**, [s. l.], v. 31, n. 1, p. 93-104, 2016.

MARCON, Lucca Fazza. **Modelos Cosmológicos Não Comutativos em Relatividade Geral.** 2020. 86 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação em Física, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2020.

MARTINS, Roberto de Andrade. A maçã de Newton: História, lendas e tolices. *In: ESTUDOS DE HISTÓRIA E FILOSOFIA DAS CIÊNCIAS*. [S. l.: s. n.], 2006. p. 167–189.

MARTINS, Claudinéia de Oliveira. **Desenvolvimento e análise de uma unidade de ensino potencialmente significativa para o ensino da teoria da relatividade restrita**. 2019. 240 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2019.

MASSMAN, Débora. Por uma história da argumentação: das rupturas de sentido(s) no século XX. **Estudos Linguísticos**, [s. l.], v. 44, n. 2, p. 681-694, 2015.

MASSONI, Neusa Teresinha; ALVES-BRITO, Alan; CUNHA, Alexander Montero. Referencial curricular gaúcho para o Ensino Médio de 2021: contexto de produção, ciências da natureza e questões étnico-raciais. **Revista Educar Mais**. Pelotas, RS. Vol. 5, n. 3 (2021), p. 583-605, 2021.

MASSONI, Neusa Teresinha. Atividades de “Prática como Componente Curricular” em uma disciplina de primeiro semestre da Licenciatura em Física de uma universidade pública: análises e perspectivas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 39, n. 2, p. 493-517, 2022.

MASSONI, Neusa Teresinha. **A epistemologia contemporânea e suas contribuições em diferentes níveis de ensino de Física: a questão da mudança epistemológica**. 2010. 412 f. Tese de Doutorado em Física. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

MASSONI, Neusa Teresinha; ALVES-BRITO, Alan; CUNHA, Alexander Montero. Referencial curricular gaúcho para o Ensino Médio de 2021: contexto de produção, ciências da natureza e questões étnico-raciais. **Revista Educar Mais**, v. 5, n. 3, p. 583-605, 2021.

MASSONI, Neusa Teresinha; DE ARAÚJO, Felipe Carvalho. Caminhos para a inserção da Natureza da Ciência na Educação Básica: alguns resultados de pesquisa a partir de uma disciplina na Licenciatura de Física. **Revista de Estudios y Experiencias en Educación**, [s. l.], v. 21, n. 45, p. 183-208, 2022.

MASSONI, Neusa Teresinha; MOREIRA, Marco Antonio. Uma análise cruzada de três estudos de caso com professores de Física: a influência de concepções sobre a natureza da ciência nas práticas didáticas. **Ciência & Educação**, Bauru, SP, v. 20, n. 3, p. 595-616, 2014.

MATTHEWS, Michael R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: A Tendência Atual de Reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MAURO FILHO, Sebastião. **Método perturbativo aplicado a gravidade de quarta ordem e a Relatividade Geral corrigida pelo grupo de renormalização**. 2017. 89 f. Tese (Doutorado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2017.

MAYKOT, Felipe. **Estudo da matéria estelar no contexto de um modelo hadrônico relativístico incluindo a interação gravitacional**. 2014. 54 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

MEDEIROS, Deivid. **A relatividade através do teatro**. [s. l.], p. 1–6, 2019.

MENDES, Thales Cerqueira; FILHO, Moacir Souza. Dificuldades dos docentes na implementação de novos conceitos de Física no Ensino Médio. **V CONAPESC**, [s. l.], p. 1-16, 2020.

MENDONÇA, Marcos de Oliveira. **Proposta de construção de uma sequência didática abordando tópicos de cosmologia no ensino médio**. 2018. 180 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

MELO, Luísa Ferreira; RODRIGUES, Diego Figueiredo; DE CASTRO, Robson Costa; FERREIRA, Caio Jordão; FARIAS, Ananda Neves; DE OLIVEIRA, Clariana de Farias; ALVEZ, Thais Stéfany. A utilização do filme Interestelar para o Ensino de Física Moderna no Ensino Médio. **XXII SNEF**, São Carlos, SP, p. 1-7, 2017.

MENEGOTTO, José Carlos; DA ROCHA FILHO, João Bernardes. Atitudes de estudantes do ensino médio em relação à disciplina de Física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, n. 2, p. 298-312, 2008.

MESQUITA, Lucas Azevedo. **Investigando os elementos estruturantes de sequências didáticas de física moderna para o ensino superior**. 2019. 219 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2019.

MEUCCI, Shiva. Physics has evolved beyond the physical: A reply to valid criticisms of the crisis in physics. **Cosmos and History**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 452–465, 2020.

MIRANDA, Marília Gouveia. O processo de socialização na escola: a evolução da condição social da criança. In: LANE, S. T. M. e CODO, W. org. **Psicologia & Sociedade**; 14 (1): 69-86; jan./jun.2002 8 5 gia Social: o homem em movimento. 8. ed. São Paulo, Brasiliense, 1989, p. 125-135.

MIYAHARA, Ricardo Yoshimitsu *et al.* Instrumentação Para O Ensino De Física Moderna E Sua Inserção Em Escolas De Ensino Médio : Corpo Negro , Dualidade Onda-Partícula , Efeito Fotoelétrico , Laser , Instrumentation for Modern Physics Teaching and Its Integration in High Schools : Black Body. [s. l.], p. 1–9, 2012.

MONTEIRO, Maria Amélia; NARDI, Roberto; BASTOS FILHO, Jenner Barretto. Física Moderna e Contemporânea no ensino médio e a formação de professores desencontros com a ação comunicativa e a ação dialógica emancipatória. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 1-14, 2013.

MONTEIRO, Midiã; MARTINS, André Ferrer Pinto. História da ciência na sala de aula: Uma sequência didática sobre o conceito de inércia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 37, n. 4, p. 1-9, 2015.

MONTON, Bradley. McTaggart and modern physics. **Philosophia**, [s. l.], v. 38, n. 2, p. 257-264, 2010.

MORAIS, Angelita; GUERRA, Andreia. História e a filosofia da ciência: Caminhos para a inserção de temas física moderna no estudo de energia na primeira série do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 35, n. 1, 2013.

MOREIRA, Marco Antonio; MASSONI, Teresinha Neusa. **Noções básicas de epistemologias e teorias de aprendizagem como subsídios para a organização de sequências de ensino-aprendizagem em ciências/física**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

MOREIRA, Marco Antonio. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Instituto de Física: UFRGS, p. 1-27, 2010.

MOREIRA, Marco Antonio; MASSONI, Neusa Teresinha; OSTERMANN, Fernanda. “História e epistemologia da física” na licenciatura em Física: Uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da Ciência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 29, n. 1, p. 127-134, 2007.

MOREIRA, Marco Antonio; MASSONI, Neusa Teresinha. **Epistemologias do Século XX**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 2011.

MORIGGI, Andressa Variale. **Matéria escura e energia escura no ensino médio: um tema de Física moderna e contemporânea epistemologicamente efervescente**. 2023. 243 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023.

MORTIMER, Eduardo; SCOTT, Phil. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.

MORTIMER, Eduardo. **Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais**. 1994. 292 f. Tese (Doutorado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade de São Paulo, 1994.

MORTIMER, Eduardo. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1996.

MORTIMER, Eduardo. Conceptual change or conceptual profile change? **Science & Education**, v. 4, n. 3, p. 265-287, 1995.

MORTIMER, Eduardo. Pressupostos epistemológicos para uma metodologia de ensino de Química: Mudança conceitual e perfil epistemológico. **Química Nova**, v. 13, n. 3, p. 242-249, 1992.

MORICONI, Lucimara Valdambri. **Pertencimento e identidade**. 2014. 52 f. Monografia (Graduação em Pedagogia) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2014.

MORIGGI, Andressa Variale. **Matéria escura e energia escura no ensino médio: um tema de Física moderna e contemporânea epistemologicamente efervescente.** 2023. 243 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023.

MOTA, Clésio Evangelista. **Funções de onda clássicas para grávitons em espaços-tempo curvos sem torção.** 2017. 66 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2017.

MOURÃO, Matheus Fernandes. **A influência da metodologia PCMA na aquisição de conceitos de física moderna: um estudo de caso com alunos do ensino médio no IFCE.** 2018. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Programa de Pós-Graduação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 2018.

NASCIMENTO, Lucas Albuquerque. **Reflexões sobre Ciência e Ensino: O Eclipse Solar de 1919.** 2020. 117 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, 2020.

NASCIMENTO, Matheus Monteiro; OSTERMANN, Fernanda; CAVALCANTI, Cláudio. Análises multidimensional e Bakhtiniana do discurso de trabalhos de conclusão desenvolvidos no âmbito de um mestrado profissional em ensino de Física. **Ciência & Educação**, Bauru, SP, v. 23, n. 1, p. 181-196, 2017.

NASCIMENTO, Sylvania Sousa; VIEIRA, Rodrigo Drumond. Contribuições e limites do padrão de argumento de Toulmin aplicado em situações argumentativas de sala de aula de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 1–20, 2008.

NEGRI, Antonio. **Biocapitalismo: entre Spinoza e a constituição política do presente.** 1ª ed.ed. São Paulo: [s. n.], 2015.

NERY, Eliel Cleberson da Silva. **A motivação como fator interferente nas aulas de educação física: um recorte do Norte do Amapá.** 2012. 67 f. Monografia (Licenciatura em Educação Física) - Universidade de Brasília, Macapá, 2012.

NEVES, Jefferson Adriano. **Interações Discursivas, Práticas e Movimentos Epistêmicos no Ensino de Relatividade.** 2020. 305 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de São Carlos, 2020.

NICOLAU JUNIOR, Jorge Luiz. **Estrutura didática baseada em Fluxo: Relatividade Restrita para o Ensino Médio.** 2014. 265 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade de São Paulo, 2014.

NOGUEIRA, Maria Alice; NOGUEIRA, Cláudio Martins. **Bourdieu & a Educação.** 4. ed. 2ª reimp. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2017.

NORONHA, André Batista. **Interpretando a relatividade especial: discutindo o debate realismo e antirrealismo científicos no ensino de ciências.** 2014. 381 f. Dissertação

(Mestrado em Ensino de Ciências) - Programa de Pós-Graduação, Universidade de São Paulo, 2014.

NUNES, Ricardo Capiberibe. **Um estudo histórico-social das contribuições de Henri Poincaré à Teoria da Relatividade:** subsídios para o ensino de física. 2020. 344 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. 2020.

NUNES, Ricardo Capiberibe; MARCIEL, Wivirkins Nogueira; DE QUEIRÓS, Wellington Pereira; GENOVESE, Luiz Gonzaga Roversi; DA CUNHA, Jefferson Adriany Ribeiro. Uma Análise Histórica do Filme Einstein e Eddington: Possíveis Contribuições para o Ensino de Física. **História da Ciência e ensino: construindo interfaces**, [s. l.], v. 22, n. 2009, p. 162-185, 2020.

NUNES, Ricardo Capiberibe; DE QUEIRÓS, Wellington Pereira; DA CUNHA, Jefferson Adriany Ribeiro. Análise Histórica do Conteúdo de Relatividade Especial nos Livros Didáticos de Física do PNLD 2018. **História da Ciência e ensino: construindo interfaces**, [s. l.], v. 24, 2021, p. 112-153, 2021.

NUNES, Ricardo Capiberibe; DE QUEIRÓS, Wellington Pereira. Imagens deformadas sobre a natureza da ciência no conteúdo de Relatividade Especial nos livros didáticos do PNLD-2018. **XII ENPEC**, Natal, p. 1–7, 2019.

NUNES, Ricardo Capiberibe; DE QUEIRÓS, Wellington Pereira. Doze mitos sobre a Teoria da Relatividade que precisamos superar. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s. l.], v. 37, n. 2, p. 531–573, 2020.

NUNES, Ricardo Capiberibe; DE QUEIRÓS, Wellington Pereira; DA CUNHA, Jefferson Adriany Ribeiro. A aparência visual da contração relativística nos livros de física aprovados no Programa Nacional do Livro Didático-2018, **Revista de Enseñanza de La Física**, [s. l.], v. 33, n. 3, p. 101-113, 2021.

NUNES, Guilherme Emerim; DAMASIO, Felipe; DOS SANTOS, Israel Muller. Relatividade Geral e buracos de minhoca: uma proposta de ensino e divulgação científica por meio do super-herói Thor. **Nuevos sistemas de comunicación e información**, [s. l.], p. 2013-2015, 2021.

O'RAIFEARTAIGH, Cormac *et al.* One hundred years of the cosmological constant: from “superfluous stunt” to dark energy. **European Physical Journal H**, [s. l.], v. 43, n. 1, p. 73–117, 2018.

OLIVEIRA, Wanderson Costa. **Estudo dos Relógios Quânticos por meio de Analogias com Relógios em um Campo Gravitacional.** 2021. 120 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Estadual de Campinas, 2021.

OLIVEIRA, Adriano Mesquita. **Objetos astrofísicos compactos:** um teste para as teorias alternativas da gravitação. 2016. 121 f. Tese (Doutorado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Espírito Santo, 2016.

OLIVEIRA, Érik Rocha. **Quiz com aplicativo Socrative para o desenvolvimento dos conceitos de Física Moderna**. 2020. 123 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Acre, 2020.

OLIVEIRA JUNIOR, Celso de Araujo. **Dramaticamente inviável: corpo e espaço-tempo na tele-peça ...até parecer as nuvens...**, de Samuel Beckett. 2013. 166 f. Tese (Doutorado em Artes Cênicas) - Programa de Pós-Graduação em Artes Cênicas, Escola de Teatro, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

OLIVEIRA, Daniel Rodrigues. **O olhar de estudantes do ensino médio sobre a Disciplina de Física**. 2020. 65 f. Monografia (Licenciatura em Física), Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2020.

ORTIZ, Adriano. **História da ciência e construção do conhecimento pedagógico do conteúdo relatividade na formação de professores de Física**. 2014. 146 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Estadual de Londrina, 2014.

ORTIZ, Adriano; BATISTA, Irinéa de Lourdes. Percepções de docentes formadores quanto ao Conhecimento Pedagógico do Conteúdo em uma sequência didática para abordagens metodológicas para o ensino de Relatividade com enfoque Histórico. **X ENPEC**, Águas de Lindoia, p. 1-8, 2015.

OSORIO, Iran Ferreira. **Histórias em quadrinhos e metodologias ativas para a aprendizagem de relatividade restrita no ensino médio**. 2019. 140 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, 2019.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antonio. Uma Revisão Bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". **Investigações em Ensino de Ciências**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 23–48, 2000.

OSTERMANN, Fernanda; RICCI, Trieste dos Santos Freire. Relatividade restrita no ensino médio: os conceitos de massa relativística e de equivalência massa-energia em livros didáticos de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 1, p. 83-102, 2004.

PAIS, José Machado. Paradigmas sociológicos na análise da vida quotidiana. **Análise social**, p. 7-57, 1986.

PAGLIARINI, Cassiano Rezende; DE ALMEIDA, Maria José. Leituras por alunos do Ensino Médio de textos de cientistas sobre o início da Física Quântica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 22, n. 2, p. 299-317, 2016.

PAGLIARINI, Cassiano Rezende; DE ALMEIDA, Maria José. Sentidos produzidos por estudantes do Ensino Médio na leitura de um texto de cientista do início da Física Quântica. **X ENPEC**, Águas de Lindoia, SP, p. 1–8, 2015.

PARK, Wonyong; YANG, Seungran; SONG, Jinwoong. When Modern Physics Meets Nature of Science: The Representation of Nature of Science in General Relativity in New

Korean Physics Textbooks. **Science and Education**, [s. l.], v. 28, n. 9-10, p. 1055–1083, 2019.

PASSERO, Taimara. **O experimento de Michelson-Morley na transição da Física Clássica para a Física Relativística: leituras filosóficas e historiográficas**. 2014. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ensino) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do ABC, 2014.

PAZ, Fernanda; SCHEFFER, Fabricio. Teoria da Relatividade Restrita. **5º salão de pesquisa, extensão e ensino**, Bento Gonçalves, v. 6, p. 78-93, 2020.

PEDUZZI, Luis Orlando. Q.; RAICIK, Anabel Cardoso. Sobre a natureza da ciência: asserções comentadas para uma articulação com a história da ciência. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 25, n. 2, p. 19-55, ago.2020. Disponível em: <<https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/1606/0>>. Acesso em: 3 jul. 2024.

PEDUZZI, Luiz. **Evolução dos conceitos da Física**. Florianópolis: UFSC/EAD/CED/CFM, 2011. 130p.

PENA, Fábio Luís Alves. **Uma entrevista com os parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio (PCNEM) passados dez anos da sua publicação**. 2016. [s. l.], p. 1-12, 2016.

PENTEADO, Marianna Loureiro. **As estruturas necessárias à Teoria da Relatividade Restrita: um estudo a partir da epistemologia genética**. 2018. 97 f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2018.

PEREIRA, Alexandre Barbosa. **A maior zoeira: experiências juvenis na periferia de São Paulo**. 2010. 262 f. Tese (Doutorado em Antropologia Social) , Programa de Pós-Graduação, Universidade de São Paulo, 2010.

PEREIRA, Felipe Prado Corrêa. **A Ótica dos corpos em movimento sob a visão do Realismo Estrutural: Questões não consensuais de Natureza da Ciência na Formação de Professores**. 2021. 297 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade de São Paulo, 2021.

PEREIRA, Patrícia do Nascimento. **Análise de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea em livros didáticos de Física do Ensino médio da rede pública estadual de São Luís - MA**. 2019. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Maranhão, 2019.

PEREIRA, David Christian de Oliveira. **Ensinar e aprender gramática no Ensino Médio: a visão dos estudantes**. **Holos**, [s. l.], v. 6, n. 35, p. 1-23, 2019.

PEREIRA, Juliana de Souza; BUENO, Wilian; BITENCOURT, Lucas Wesley; FREITAS, Ana Carolina; REZENDE, Deborah da Silva. **Dificuldades encontradas ao ensinar Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**. **XII ENPEC**, Natal, p. 1-7, 2019.

PEREIRA, Aldo Aoyagui Gomes; DE ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro. Atividades com o documentário a caverna dos sonhos esquecidos na formação inicial de professores. **XXII SNEF**, São Carlos, SP, p. 1-8, 2017.

PEREIRA, Beatriz Prado; LOPES, Roseli Esquerdo. Por que ir à Escola? Os sentidos atribuídos pelos jovens do ensino médio. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 41, n. 1, p. 193-216, 2016.

PERRENOUD, Pierre. **Ofício de Aluno e Sentido do Trabalho Escolar**. Lisboa: D. Quixote, 1995.

PESSANHA, Marlon; PIETROCOLA, Maurício. Obstáculos epistemológicos e didáticos no estudo de conceitos de Física Moderna e Contemporânea. **XX SNEF**, São Paulo, p. 1-8, 2013.

PETRÔNIO, Rodolfo. Epistemologia da matéria: Algumas reflexões sobre sua representação e estatuto ontológico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 4, p. 1-11, 2014.

PETTERSEN, José Alexandre Maron. **A arte como elemento facilitador na aprendizagem da relatividade**. 2017. 137 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Instituto Federal Fluminense, 2017.

PIETROCOLA, Maurício. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno brasileiro de ensino de física**, v. 19, n. 1, p. 93-114, 2002.

PIETROCOLA, Maurício; ZYLBERSZTAJN, Arden. O uso do princípio de relatividade na interpretação de fenômenos por alunos de graduação em física. **V ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA**, Águas de Lindóia- SP, anais p 1-10, 1996.

PINHEIRO, Lisiane Araujo; MASSONI, Neusa Teresinha. Traçando um perfil para o professor de Física da Educação Básica: o que preconiza a legislação brasileira? **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 4, n. 1, p. 430-457, 2021.

PINTO, Solano Pereira; BALTHAZAR, Wagner Franklin. Vídeo para ensinar os postulados da Relatividade Restrita na sala de aula a partir do interferômetro de Michelson. **XVIII EPEF**, Florianópolis, p. 257-263, 2020.

PONTES, Luis Eduardo de Oliveira. **Utilização de um e-book como ferramenta educacional para o ensino da Teoria da Relatividade Especial**. 2020. 110 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade do Rio de Janeiro, 2020.

PREDIGER, Thaísa Laiara. **Spinoza, universo e ensino de ciências: análise crítica dialética da concepção spinozista da natureza na abordagem do surgimento do universo para o Ensino de Ciências**. 2018. 105 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Programa de Pós-Graduação, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2018.

RAFAEL, Romário Felinto. **A teoria da relatividade especial no episódio 8 (oito) do documentário cosmos: possibilidades e limitações como texto de divulgação científica.** 2019. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Estadual da Paraíba, 2019.

RAICIK, Anabel Cardoso. Nos embalos da HFC: discussões sobre a experimentação e aspectos relativos à NdC em UEPS. **Experiências em Ensino de Ciências**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 164-197, 2020.

RAICIK, Anabel Cardoso; PEDUZZI, Luiz. Um resgate histórico e filosófico dos estudos de Stephen Gray. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 109-128, 2016.

RAMOS, Eros dos Santos. **Física, arte e os conceitos de espaço e tempo.** 2017. 73 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade do Rio de Janeiro, 2017.

RAMOS, João Eduardo Fernandes; PIASSI, Luís Paulo. O insólito e a Física Moderna: interfaces didáticas do conto fantástico. **Ciênc. Educ.**, Bauru, v. 23, n. 1, p. 163-180, 2017.

REBEQUE, Paulo Vinicius dos Santos. **Políticas públicas de formação continuada de professores: investigações sobre o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.** 2017. 200 f. Tese (Doutorado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017.

RIBEIRO-DE-SOUSA, Celeste. “Pertencimento/não pertencimento” Franz Kafka: um exemplo a ser lembrado. **Estudos Avançados**, v. 35, n. 103, p. 63-80, 2021.

REINERT, José Edson. **Unidade de ensino potencialmente significativo para o ensino da relatividade especial no ensino médio: uma abordagem com auxílio de recursos digitais.** 2020. 161 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, 2020.

REIS, Ueslei Vieira dos. **Os conceitos de espaço e tempo no ensino de física: uma possibilidade de atuação em sala de aula.** 2015. 221 f. Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Educação) - Programa de Pós-Graduação, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2015.

REIS, Jakelyne Lima. **Uma história da relatividade restrita e cubismo: circulação de ideias na transição dos séculos XIX e XX.** 2019. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal da Bahia, 2019.

REIS, Jakelyne Lima. **Uma proposta didática para o ensino de relatividade restrita através do cubismo no ensino médio: aproximando duas culturas.** 2016. 109 f. Monografia (Licenciatura em Física) - Universidade Estadual de Feira de Santana, 2016.

RIBEIRO, Leandro Fabricio. **A Relatividade de Galileu a Einstein**. 2018. 86 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, 2018.

RIBEIRO, Marcio. **Relatividade Especial em HQ**. 2018. 74 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, 2018.

RIBEIRO, Maria Luísa Santos. **História da educação brasileira: a organização escolar**. Autores Associados, 2021.

RIBOLDI, Bruno. **A construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para ensinar relatividade utilizando animações e o game a slower speed of light**. 2015. 145 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de São Carlos, SP, 2015.

RIBOLDI, Bruno; STUDART, Nelson. A construção de uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS) para ensinar relatividade utilizando animações e o game a slower speed of light. **XXII SNEF**, São Carlos, SP, p. 1-9, 2017.

RICARDO, Elio. Competências, Interdisciplinaridade e Contextualização: dos Parâmetros Curriculares Nacionais a uma compreensão para o ensino das ciências. 2005. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2005.

ROCHA, Thiago Braga Teles. A internacionalização de sobral é um fato incontestante?: os padres-historiadores sobralenses e as narrativas sobre o eclipse de 1919. **31º Simpósio Nacional de História - RJ**, [s. l.], p. 5-24, 2021.

ROCHA, Diego Marcelli; RICARDO, Elio Carlos. As crenças de autoeficácia e o ensino de Física Moderna e Contemporânea. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s. l.], v. 33, n. 1, p. 223, 2016.

RODRIGUES, Carla Moraes; SAUERWEIN, Inés Prieto Schmidt; SAUERWEIN, Ricardo Andreas. Uma proposta de inserção da teoria da relatividade restrita no Ensino Médio via estudo do GPS. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 36, n. 1, p. 1-7, 2014.

RODRIGUES, Joyce Mota. **Entre telescópios e potes de barro**. 1. ed. Appris Editora, 2019

RODRIGUES, Marco Aurélio Torres; MASSONI, Neusa Teresinha. Formação Continuada para Educadores dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental: a BNCC e a busca da autonomia docente para construir os currículos de Ciências. *Revista Dynamis*, v. 28, n. 1, p. 186 - 208, 2022.

ROSA, Milena Teixeira da. **Um guia ilustrado, como material potencialmente significativo, para ensinar a teoria da relatividade restrita**. 2020a. 94 f. Produto Educacional - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2020a.

ROSA, Milena Teixeira da. **Um guia ilustrado, como material potencialmente significativo, para ensinar a teoria da relatividade restrita.** 2020b. 284 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2020b.

ROSA, Ramon Junio Gonçalves; DICKMAN, Adriana Gomes. Física moderna no ensino médio: experimento e simulação para abordar o efeito fotoelétrico. **X ENPEC**, Águas de Lindoia, p. 1–8, 2015.

ROSA, Cleci Teresinha Werner; ROZA DA SILVA, Júpiter Cirílio da; DARROZ, Luiz Marcelo. Acidente nuclear de Goiânia nos livros didáticos de física. **Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 51–62, 2019.

SÁ, Marcos Ribeiro Rabelo. **Teoria da relatividade restrita e geral ao longo do 1º ano do Ensino Médio: uma proposta de inserção.** 2015. 317 f. **Dissertação (Mestrado em Física)** - Programa de Pós-Graduação, Universidade de Brasília, 2015.

SACRISTÁN, José Gimeno. **O aluno como invenção.** Porto Alegre: Artmed, 2005.

SACRISTÁN, José Gimeno. **Educar por Competências: o que há de novo?** Porto Alegre: Artmed, 2011.

SANTOS, Andrios Bemfica dos. **A teoria da relatividade restrita em uma sequência de ensino potencialmente significativa com o uso de histórias em quadrinhos.** 2019. 194 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019.

SANTOS, Esdras Barbosa dos. **Correções em Relatividade Geral advindas de modelos com violação espontânea da simetria de Lorentz por um campo bumblebee.** 2016. 55 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Maranhão, 2016.

SANTOS, Edison Cesar de Oliveira. **Espaços-Tempos Estáticos e Esfericamente Simétricos na Teoria de Rastall com Campo Escalar.** 2016. 79 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.

SANTOS, Lucca Lopes Dias et al. Conceitos de Relatividade Geral—Uma abordagem para o ensino de Física no Ensino Médio. **Revista do Professor de Física**, v. 6, n. Especial, p. 201-210, 2022.

SANTOS, Felipe de Melo. **Fluidos ideais em Relatividade Geral e Cosmologia.** 2016. 74 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Espírito Santo, 2016.

SANTOS, Fernanda Marsaro dos. Resenha Análise de conteúdo: A visão de Laurence Bardin. **Revista Eletrônica de Educação - Resenhas**, v. 6, n. 1, p. 383-387, 2012.

SANTOS, Gabriela Martins dos; ALVES, Tiago Rafael de Almeida; CORREIA, Marcos João. A teoria da relatividade presente na ficção científica. [s. l.], 2020.

SANTOS JUNIOR, Samuel Isidoro. **Teorias alternativas à relatividade geral aplicadas a objetos compactos**. 2019. 67 f. Tese (Doutorado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2019.

SANTOS, Loeci Costa dos. **Histórias em quadrinhos no ensino de Ciências: o olhar dos professores de escolas públicas do litoral norte, RS**. 2020. 49 f. Monografia (Licenciatura em Educação do Campo: Ciências da Natureza) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tramandaí, 2020.

SANTOS, Lucio José Braga. A inserção da teoria da relatividade geral aplicada em filmes de ficção científica. [s. l.], 2020.

SANTOS, Marcelo Gomes dos. **Objetos de aprendizagem no ensino de Física Moderna: Uma proposta de ensino por investigação**. 2021. 93f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2021.

SANTANA, Ian Lima; DOS SANTOS, Ramon Alves; TAKIYA, Carlos. Conceitos da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein em livros didáticos. **Recital - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 54-76, 2021.

SAMPSON, Almeida del C. **Transitividade e Movimento em Relatividade de Sitter**. 2013. 75 f. Tese (Doutorado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Estadual Paulista, 2013.

SAMPAIO, Wilton Souza; Antônio Nunes de Oliveira; Marcos Cirineu Aguiar Siqueira; George Frederick Tavares da Silva. Uma abordagem de tópicos de Relatividade Geral através da construção de experimentos de baixo custo para a facilitação da transposição didática. **Cadernos de Educação Básica**, [s. l.], v. 6, n. 3, 2021.

SAMPSON, Kristin. Conceptions of Temporality: Reconsidering Time in an Age of Impending Emergency. **Theoria (Sweden)**, [s. l.], p. 769-782, 2020.

SARAIVA, Igor Souza. **Simetria e invariância na física: Uma análise do significado filosófico dos princípios de relatividade**. 2018. 116 f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Goiás, 2018.

SASSERON, Lucia Helena.; CARVALHO, Anna Maria Pessoa. Uma análise de referenciais teóricos sobre a estrutura do argumento para estudos de argumentação no ensino de ciências. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 243-262, 2011.

SEIDEL, Paola Terezinha Zanolla. **Aplicações da aproximação quase-newtoniana da Relatividade Geral a problemas em astrofísica**. 2018. 94 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal da Integração Latino-Americana, 2018.

SEPULVEDA, Claudia; MORTIMER, Eduardo Fleury; EL-HANI, Charbel Niño. Construção de um perfil conceitual de adaptação: implicações metodológicas para o

programa de pesquisa sobre perfis conceituais e o ensino de evolução. **Investigações em Ensino de Ciências**, [s. l.], v. 18, n. 2, p. 439-479, 2013.

SIEROKA, Norman; MIELKE, Eckehard W. Holography as a principle in quantum gravity?-Some historical and systematic observations. **Studies in History and Philosophy of Science Part B - Studies in History and Philosophy of Modern Physics**, [s. l.], v. 46, n. 1, p. 170–178, 2014.

SILVA, Alanah Garcia da. **Uma discussão histórico-epistemológica da teoria da relatividade restrita em tirinhas**. 2018. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Programa de Pós-Graduação, Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2018.

SILVA, Alanah Garcia da; ERROBIDART, Nádia Cristina Guimaraes. Ensino da teoria da relatividade restrita: artigo de revisão. **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, v. 11, p. 1-10, 2017.

SILVA, André Coelho. Um questionário conceitual sobre radiações: processo de elaboração e análise dos distratores. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 63-79, 2019.

SILVA, Amanda Soares. Sentimentos de pertencimento e identidade no ambiente escolar. **Revista Brasileira de Educação em Geografia**, v. 8, n. 16, p. 130-141, 2018.

SILVA, André Coelho. Um Questionário Conceitual sobre Radiações: Processo de Elaboração e Análise dos Distratores. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 63–79, 2019.

SILVA, Anderson de Souza. **Relatividade Especial no Ensino Médio em um contexto de Aprendizagem Significativa**. 2019. 105 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, 2019.

SILVA, Camila Brito Collares da. Feiras de Ciências como caminho para a formação de estudantes e professores: desafios, potencialidades e tendências nos documentos e na voz de professores orientadores. **Tese de Doutorado**. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. UFRGS, 2023.

SILVA, Cibelle Celestino; MOURA, Breno Arsioli. A natureza da ciência por meio do estudo de episódios históricos: o caso da popularização da óptica newtoniana. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, p.1-10, 2008.

SILVA, Círio Samuel Cardoso da. Vamos viajar além do cosmos, por que não? Sobre cartas pedagógicas e séries de divulgação científica no Ensino de Ciências. [s. l.], 2020.

SILVA, Isadora dos Santos da, JANUÁRIO, Maria Derlandia de Araújo, ALAN-BRITO, Alves. Condições favoráveis à vida: uma proposta de sequência didática sobre exoplanetas utilizando os três momentos pedagógicos. **VII EIMAT I EIEF**, [s. l.], p. 49-59, 2021.

SILVA, Isadora Santos da; MASSONI, Neusa Teresinha; ALVES-BRITO, Alan. História e Conhecimento Experiencial de pessoas negras na Física e nas ciências: uma revisão da literatura. **Investigações em Ensino de Ciências IENCI**, v. 29, n.1, p. 272-290, 2024.

SILVA, Isadora Santos da. **Raça e gênero na física: trajetórias acadêmicas de mulheres negras**. 2023. 200 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2023.

SILVA, Ítallo Barbosa; ALMEIDA, Aline Alves. A utilização de plataformas digitais para popularização da ciência. **VII Congresso Nacional de Educação**, [s. l.], p. 1-12, 2020.

SILVA, Izabelly Karine da. **Mudanças na noção de tempo relativístico em licenciandos de física, através de uma intervenção baseada na teoria dos construtos pessoais**. 2015. 141 f. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

SILVA, Franciele Manoel da. **Estudo da solução das equações de Einstein considerando a métrica de Weyl e discos**. 2015. 104 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

SILVA, José Ricardo Pereira da. **Um olhar da filosofia da ciência no ensino de física: a perspectiva feyerabendiana da astronomia de Galileu**. 2020. 166 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2020.

SILVA JUNIOR, Hamilton Victor da. **Um estudo de caso usando objetos de aprendizagem digitais para o ensino da relatividade especial**. 2016. 134 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Estadual do Ceará, 2016.

SILVA, Leandro Londero da. **O funcionamento de imagens e a produção de sentidos na leitura da relatividade restrita**. 2013. 237 f. Tese (Doutorado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Estadual de Campinas, 2013.

SILVA, Lucas Rodrigues. **Espaço-tempo em mecânicas crítica a abordagem usual dos livros didáticos e uma proposta de UEPS para o ensino médio**. 2020. 114 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade de Brasília, 2020.

SILVA, Luciano Campos; MATOS, Daniel Abud Seabra. As percepções dos estudantes mineiros sobre a incidência de comportamentos de indisciplina em sala de aula: um estudo baseado nos dados do SIMAVE/PROEB 2007. **Revista Brasileira de Educação**, v. 19, p. 713-729, 2014.

SILVA NETO, Cláudio Marques da; CARVALHO, Marília Pinto de. Indisciplina na sala de aula e suas nuances de gênero. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, v. 52, p. 1-19, 2022.

SILVA, Nelson. Uma ligação entre a nanotecnologia e a física moderna e contemporânea. A link between nanotechnology and modern and contemporary physics. Resumo. [s. l.], p. 1-6, 2019.

SILVA, Paulo Jose Ferreira Porfiro da. **Teorias Modificadas da Gravitação e a Violação de Causalidade**. 2017. 110 f. Tese (Doutorado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

SILVA, Plínio Giorgio Arruda da. **Física Moderna para o ensino médio**: relato de uma experiência. 2015. 79 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2015.

SILVA, Samuel de Sousa. **O olhar que distorce o tempo e o espaço**: mitocrítica do discurso científico na teoria da relatividade. 2014. 91 f. Dissertação (Mestrado em Letras) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Goiás, 2014

SILVA, Washington Luiz Raposo da. **Ciência e arte em um contexto histórico-cultural**: a cultura da quarta dimensão no início do século XX e as amplas possibilidades de diálogo entre arte e ciência em uma disciplina na licenciatura em física. 2021. 296 f. Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Educação) - Programa de Pós-Graduação, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2021.

SILVEIRA, Fernando Lang da; PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro. Três episódios de descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história. **Caderno catarinense de ensino de física**, v. 1. 23, n. 1, p. 27-55, 2006.

SIQUEIRA, Adriana Barreto de Oliveira. **Física moderna e contemporânea**: intervenção didática por meio de unidades de ensino potencialmente significativas (UEPS) no ensino médio. 2017. 264 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, 2017.

SMEENK, Chris. Some reflections on the structure of cosmological knowledge. **Studies in History and Philosophy of Science Part B - Studies in History and Philosophy of Modern Physics**, [s. l.], v. 71, p. 220-231, 2020.

SOBRAL, Eranildo da Conceição. **Teoria da Relatividade Restrita**: Proposição de ensino na construção do conceito de dilatação do tempo para alunos com retinose pigmentar. 2019. 85 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, 2019.

SOUZA, Adão José de; ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de. A produção de raios X contextualizada por meio do enfoque CTS: um caminho para introduzir tópicos de FMC no ensino médio. **Educar em Revista**, [s. l.], n. 37, p. 191-209, 2010.

STAKE, Robert. **The Art of Case Study Research**. Thousand Oaks - CA: SAGE, 1995

STAKE, Robert E. **Pesquisa qualitativa**: estudando como as coisas funcionam. Porto Alegre: Penso, 2011.

SOLBES, Jordi; SINARCAS, Vicent. Utilizando la historia de la ciencia en la enseñanza de los conceptos claves de la física cuántica. **Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales**, [s. l.], v. 151, n. 23, p. 123-151, 2009.

SOUZA, Fábio Prá da Silva de. **Conceitos de Simultaneidade, da Antiguidade a Relatividade: Um Módulo de Ensino Contextualizado**. 2016. 290 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

SOUZA, Felipe José Lacerda de. **Equivalência conforme de espaços-tempos**. 2019. 175 f. Tese (Doutorado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2019.

SOUZA, Daniel Santos de. **Teoria da relatividade restrita: uma sequência didática para o ensino médio abordando os conceitos de aberração da luz, contração espacial de Lorentz efeitos doppler, Terrell e Penrose**. 2019. 184 f. Dissertação (Mestrado em Ensino na Educação Básica) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Espírito Santo, 2019.

SOUZA, Diego Rodrigues de. **Uma construção didática do conceito de espaço-tempo da teoria da relatividade restrita visando alfabetização científica no ensino médio**. 2019. 159 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Acre, 2019.

SOUZA, LL.; BRACELLOS, M.; GUERRA, A. Relatividade Restrita no Ensino Médio: existem subsídios para o professor? **IX ENPEC**, [s. l.], p. 1–8, 2013.

SOUZA, Janaína Moreira Pacheco; SENNA, Luiz Antonio Gomes. Lugar de aluno é na escola que desenvolva conhecimentos. **Revista Exitus**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 269-288, 2017.

SOUZA, Maira Giovana de; SERRANO, Agostinho. Fomentando a construção de simulações mentais por meio da utilização de slides para o ensino de relatividade especial. [s. l.], p. 159-182, 2020.

TANAJURA, Gustavo da Silva; SENISE JUNIOR, Carlos Roberto. Construção de conceitos físicos no curso de relatividade na formação inicial de professores de ciências. **XXIV SNEF**, São Carlos, SP, p. 1-8, 2021.

TEIXEIRA, Cidália; FLORES, Maria Assunção. Experiências escolares de alunos do ensino secundário: resultados de um estudo em curso. **Educ. Soc., Campinas**, [s. l.], p. 113-133, 2010.

TEREKHOVICH, Vladislav. Metaphysics of the principle of least action. **Studies in History and Philosophy of Science Part B - Studies in History and Philosophy of Modern Physics**, [s. l.], v. 62, p. 189-201, 2018.

TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino de Física na escola de 2º grau. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s. l.], v. 9, n. 3, p. 209-214, 1992.

TIMBONI, Karina dos Santos. **Elaboração de uma unidade de aprendizagem sobre relatividade geral para o ensino de física no primeiro ano do ensino médio**. 2016. 144 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

TOULMIN, Stephen E. **La comprensión humana: El uso colectivo y la evolución de los conceptos.** Alianzaed. [S. l.: s. n.], 1977.

TOULMIN, Stephen E. **“Os usos do argumento. Tradução de Reinaldo Guarany.”** Martins Foed. São Paulo: [s. n.], 2006.

TRUGILLO, Daniel; FONTES, Martins. A Física Moderna e Contemporânea nas perspectivas CTSA e História da Ciência nos livros didáticos de Física. **Revista Eletrônica Pesquiseduca**, [s. l.], n. 2010, 2019.

VAN LUNTEREN, Frans H.; HOLLESTELLE, Marijn J. Paul ehrenfest and the dilemmas of modernity. **Isis**, [s. l.], v. 104, n. 3, p. 504-536, 2013.

VASCONCELOS, Agenildo Alves. **Proposta de uma sequência didática para o estudo do movimento orbital.** 2020. 131 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2020.

VIEIRA, Pedro Sérgio Ribeiro. **Uma visada epistemológica das singularidades na teoria da relatividade geral.** 2014. 106 f. Dissertação (Mestrado em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia) - Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

VIEIRA, Rodrigo Drumond; NASCIMENTO, Silvania Sousa do. Argumentação no ensino de ciências: tendências, práticas e metodologia de análise. Curitiba: Appris, 2013.

VILAR, Robson Cesar Costa. **Uma Estratégia de Ensino Diferenciada para o Estudo de Tópicos de Física Moderna.** 2020. 117 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2020.

VOLKMER, Guilherme Lorenzatto. **Um objeto compacto exótico na Relatividade Geral Pseudo-Complexa.** 2018. 90 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

WEINHEIMER, Gicele; WANDERER, Fernanda. O (novo) Ensino Médio na visão dos alunos: rastros da racionalidade neoliberal. **Práxis Educacional**, Vitória da Conquista, v. 17, n. 48, p. 517-535, 2021.

XAVIER, Roberta Meschese. **Conexões afins e a teoria de Cartan-Einstein.** 2016. 81 f. Dissertação (Mestrado em Matemática) - Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Espírito Santo, 2016.

YAMASHITA, Fábio Kazuyuki de Souza. **Sequência didática para o ensino da cinemática relativística por meio das TICs.** 2020.70 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Instituto Federal do Amazonas, Manaus, 2020.

ZAGO, Leticia. Situações didáticas no ensino da relatividade geral: análise do engajamento dos alunos. 2018. 215 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Programa de Pós-Graduação, Universidade de São Paulo, 2018.

ZAMBON, Luciana Bagolin; TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. Livros Didáticos de Física e sua (sub)utilização no Ensino Médio. **Revista Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 19, p. 1-22, 2017.

ZOLLMAN, Dean. Oersted Lecture 2014: Physics education research and teaching modern Modern Physics. **American Journal of Physics**, [s. l.], v. 84, n. 8, p. 573-580, 2016.

КАРПЕНКО, И. А. ВТОРОЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ В КОНТЕКСТЕ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ - The Second Law Of Thermodynamics In The Context Of Contemporary Physical Research. **Эпистемология и философия науки**, [s. l.], v. 57(3), p. 142-159, 2020.

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Prezado estudante, você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa intitulada *Ensino de um tópico de Física Moderna (FM) articulado à História e Filosofia da Ciência: a construção de diálogo entre universidade, escola básica, aluno e professor atuante*, conduzida pela pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a doutoranda Maria Derlandia de Araújo Januário, sob orientação da Professora Dra. Neusa Teresinha Massoni¹, docente do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Esta pesquisa culminará na tese de doutorado acadêmico da estudante de doutorado.

A pesquisa assume uma perspectiva de colocar a universidade como protagonista no diálogo com a Escola Básica e seu contexto, com vistas a uma educação científica com significado para os estudantes e voltada para a formação cidadã. Reconhece a importância de introduzir na educação científica tópicos de Física Moderna articulados à História e Filosofia da Ciência. Dessa forma, a pesquisa se dará por meio de dois Estudos. O Estudo I) é teórico e já foi concluído, consistiu em uma profunda revisão da produção acadêmica da última década; através dele obtivemos a nossa escolha do tópico de Física Moderna a ser abordado na Educação Básica – a Teoria da Relatividade.

O Estudo II) será mais propositivo, procurará responder às seguintes questões: *De que forma o uso da argumentação, na acepção de Toulmin (2006), pode auxiliar os estudantes a elaborar e compreender um tópico de FM, por meio de uma abordagem histórico-epistemológica e conceitual?*

Além do uso de atividades de argumentação, colocaremos nesse Estudo II) o aluno como sujeito fundamental no processo ensino-aprendizagem. Assim, faremos uma escuta cuidadosa e diálogos com algumas turmas na escola para saber: *O que dizem e pensam os estudantes sobre o processo de educação científica? O que significa para eles ser aluno, estar na escola, ser objeto da escolarização? O que pensam e dizem os seus professores?* Assim, trata-se de uma pesquisa qualitativa, através de um estudo de caso, por meio de debates, grupos focais, com os alunos e professores(as) e direção da escola. Os registros serão armazenados nas dependências do Instituto de Física/UFRGS, sob a guarda da pesquisadora.

Nesse contexto, informamos que:

- sua participação é inteiramente voluntária;
- não haverá despesas para sua participação nesta pesquisa, assim como você não será remunerado(a) para tal;
- as informações coletadas serão utilizadas apenas e estritamente para a pesquisa acadêmica, podendo ser divulgadas em eventos e publicações científicas, porém sem trazer sua identificação explícita;
- a pesquisa oferece riscos mínimos aos participantes, como algum constrangimento pelas perguntas realizadas.
- Para evitar esses riscos, buscaremos sempre manter seu anonimato e você poderá se recusar a responder qualquer pergunta da entrevista, ou qualquer outra solicitação que lhe seja feita;

Os benefícios dos conhecimentos produzidos nessa pesquisa poderão contribuir com uma reflexão sobre a importância de ter um olhar direcionado também à escuta ao aluno, ao diálogo, e à compreensão de seu lugar na história, na cultura, na escola. Particularmente,

pretendemos compreender as formas por eles utilizadas para construir argumentos científicos de um tópico de FM, e as possíveis contribuições da articulação com a História e Filosofia da Ciência.

Desta forma, uma vez tendo lido e entendido tais esclarecimentos e, por estar de pleno acordo com o teor do mesmo, eu _____, CPF __, dato e assino este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Porto Alegre, de ____ de 2023.

Assinatura do(a) Participante

Assinatura doutoranda, Maria Derlandia de Araújo Januário

Assinatura da orientadora, Dra. Neusa Teresinha Massoni

1E-mail de contato da pesquisadora responsável: neusa.massoni@ufrgs.br

ANEXO A – Trabalho extra dos alunos

a) Alunos - Turma A

Ponto referencial: (Ponto de referência)

O ponto referencial é o que está sendo observado pelo observador, numa situação ou no ponto de vista de cada um, sendo assim, para determinar precisamos logo do ponto referencial, no qual com dito antes, precisamos ter imagens ou um exemplo com várias coisas (sendo humanos ou objetos pelo caminho) Vamos neste exemplo:



Nesse exemplo já podemos dizer que temos dois pontos referenciais, nos quais, podemos determinar que a conclusão dos dois são totalmente diferentes. Um sendo uma pessoa de carro dirigindo e outro do lado de fora do carro só o observando. Se pegarmos o (ponto de vista/ponto referencial) veremos que na visão do motorista do carro que está dirigindo ele está parado, mas como sua visão é para a janela vemos que a pessoa que está lá fora pra ele parece estar se movendo, porém ela está parada (isso acontecendo por conta do movimento do carro).

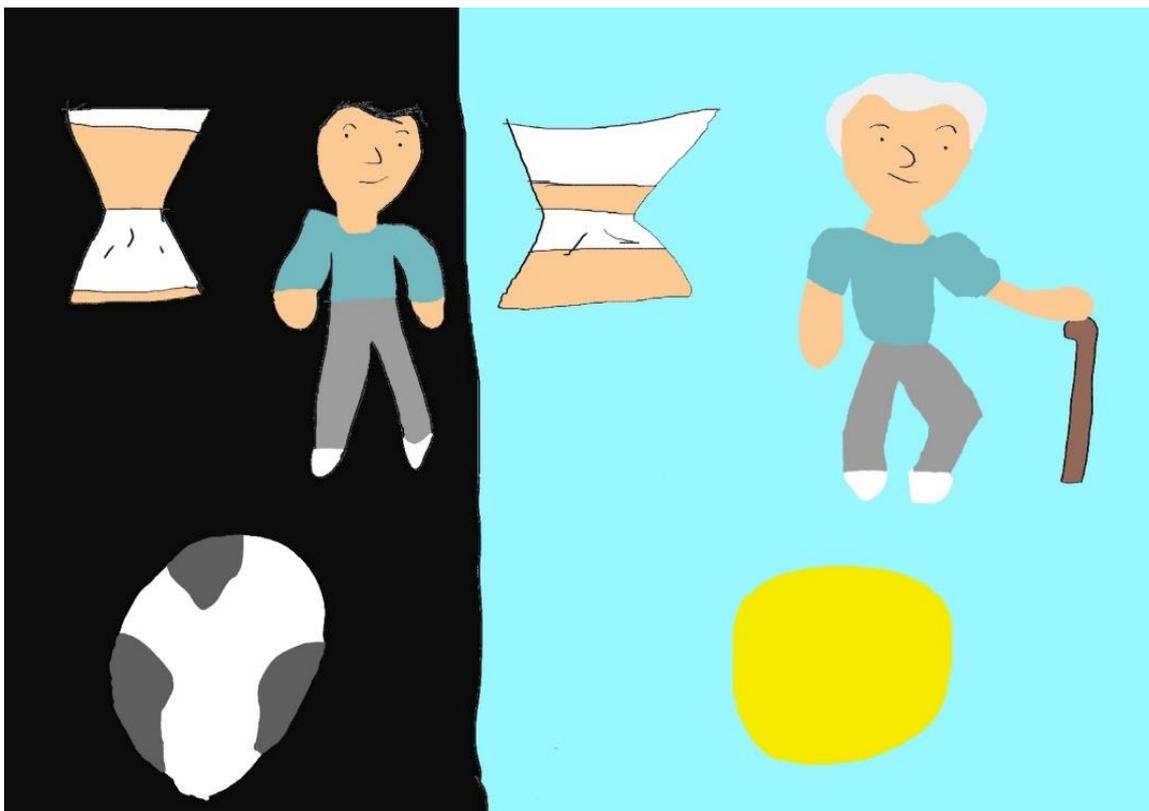
Já com a visão da pessoa que está lá fora ela enxerga que ela está parada, porém, o motorista está se movendo. Sendo assim, concluímos que tudo depende do ponto referencial.

Espaço e tempo

Antigamente se dizia espaço é espaço e tempo é tempo, mas com o passar do tempo foi descoberto que espaço e tempo estão lado a lado, com que algo que aconteceu os dois estão estavam relacionados. Se pegarmos o exemplo do porquê o tempo passa mais rápido no espaço do que na terra. Podemos logo dizer e explicar com esse exemplo: se eu viajar com um avião na terra com velocidade de 170 km fica como está com sua qualidade não alterada, já se for no espaço veremos sua qualidade diminuída(mesmo nada sendo alterado) Isso acontece por causa que o espaço e a terra tem espaços diferentes, sendo o espaço do espaço maior do que o da terra, por isso a qualidade é alterada. Concluindo que 170 km passando no espaço não é o suficiente porque o espaço é muito maior comparado ao da terra.

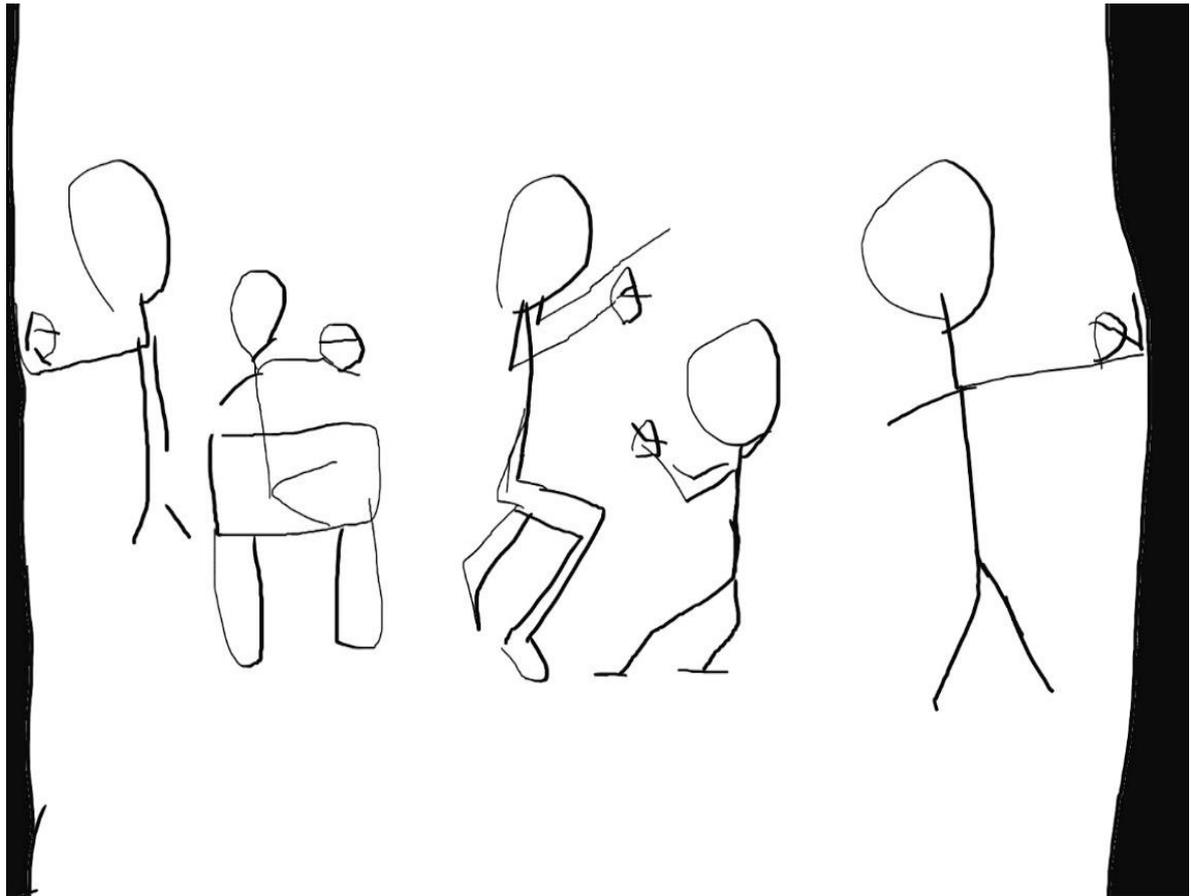
Sendo assim, por isso também, podemos explicar o porquê de o tempo passar mais lento no espaço e mais rápido na terra.





E temos o exemplo de duas pessoas no mesmo espaço e tempo, a diferença é que um está parado e outro vai correr assim que as duas pessoas apertar no botão do cronômetro, o que está correndo coloca a mão na parede e volta e o que está parado vai cronometrar a ida e a volta do que está correndo quando colocar na parede ele clica volta e outro também faz isso.

A pergunta que fica é: O tempo das duas vai ser igual mesmo estando no mesmo espaço e cronometrando a ida e a volta em posições opostas? **Não, porque a que corre o tempo vai passar mais rápido para ela, já a que está parada o tempo estará mais lento, sendo assim, haverá diferença comparando os dois cronômetros lado a lado.**



HQ Com Cordel

b) Alunas Turma A

