

ORGANIZADORES

Alexander Montero Cunha

Alexsandro Pereira de Pereira

Neusa Teresinha Massoni

CADERNOS DE PESQUISA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA DA UFRGS

volume 3



ORGANIZADORES

Alexander Montero Cunha

Alexsandro Pereira de Pereira

Neusa Teresinha Massoni

CADERNOS DE PESQUISA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA DA UFRGS

volume 3



2025
pimenta
cultural
São Paulo

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

C122

Cadernos de Pesquisa do Programa de Pós-graduação em
Ensino de Física da UFRGS / Organização Alexander
Montero Cunha, Alexsandro Pereira de Pereira, Neusa
Teresinha Massoni. – São Paulo: Pimenta Cultural, 2025.

Coleção Cadernos de Pesquisa do Programa de Pós-
graduação em Ensino de Física da UFRGS. Volume 3.

Livro em PDF

ISBN 978-85-7221-512-1

DOI 10.31560/pimentacultural/978-85-7221-512-1

1. Ensino de Física. 2. Pesquisa em Ensino. 3. Metodologia
de Pesquisa. 4. Estudo empírico e teórico. I. Cunha, Alexander
Montero (Org.). II. Pereira, Alexsandro Pereira de (Org.).
III. Massoni, Neusa Teresinha (Org.). IV. Título.

CDD 530.07

Índice para catálogo sistemático:

I. Física - Estudo e ensino
Simone Sales • Bibliotecária • CRB ES-000814/0

Copyright © Pimenta Cultural, alguns direitos reservados.

Copyright do texto © 2025 os autores e as autoras.

Copyright da edição © 2025 Pimenta Cultural.

Esta obra é licenciada por uma Licença Creative Commons:
Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional - (CC BY-NC-ND 4.0).
Os termos desta licença estão disponíveis em:
<https://creativecommons.org/licenses/>.
Direitos para esta edição cedidos à Pimenta Cultural.
O conteúdo publicado não representa a posição oficial da Pimenta Cultural.

Direção editorial	Patricia Bieging Raul Inácio Busarello
Editora executiva	Patricia Bieging
Gerente editorial	Landressa Rita Schiefelbein
Assistente editorial	Júlia Marra Torres
Estagiária editorial	Ana Flávia Pivisan Kobata
Diretor de criação	Raul Inácio Busarello
Assistente de arte	Naiara Von Groll
Editoração eletrônica	Andressa Karina Voltolini
Estagiária em editoração	Stela Tiemi Hashimoto Kanada
Imagens da capa	Jcomp - Freepik.com
Tipografias	Acumin, Gobold High, Rockwell
Revisão	Milena Domingos
Organizadores	Alexander Montero Cunha Alexsandro Pereira de Pereira Neusa Teresinha Massoni

PIMENTA CULTURAL

São Paulo • SP

+55 (11) 96766 2200

livro@pimentacultural.com

www.pimentacultural.com



IBRAM
ESTUDOS CULTURAIS

CONSELHO EDITORIAL CIENTÍFICO

Doutores e Doutoras

Adilson Cristiano Habowski
Universidade La Salle, Brasil

Adriana Flávia Neu
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Adriana Regina Vettorazzi Schmitt
Instituto Federal de Santa Catarina, Brasil

Aguimario Pimentel Silva
Instituto Federal de Alagoas, Brasil

Alaim Passos Bispo
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Alaim Souza Neto
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Alessandra Knoll
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Alessandra Regina Müller Germani
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Aline Corso
Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil

Aline Wendpap Nunes de Siqueira
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Ana Rosangela Colares Lavand
Universidade Estadual do Norte do Paraná, Brasil

André Gobbo
Universidade Federal da Paraíba, Brasil

André Tanus Cesário de Souza
Faculdade Anhanguera, Brasil

Andressa Antunes
Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil

Andressa Wiebusch
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Andreza Regina Lopes da Silva
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Angela Maria Farah
Universidade de São Paulo, Brasil

Anísio Batista Pereira
Universidade do Estado do Amapá, Brasil

Antonio Edson Alves da Silva
Universidade Estadual do Ceará, Brasil

Antonio Henrique Coutelo de Moraes
Universidade Federal de Rondonópolis, Brasil

Arthur Vianna Ferreira
Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Ary Albuquerque Cavalcanti Junior
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Asterlindo Bandeira de Oliveira Júnior
Universidade Federal da Bahia, Brasil

Bárbara Amaral da Silva
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

Bernadette Beber
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Bruna Carolina de Lima Siqueira dos Santos
Universidade do Vale do Itajaí, Brasil

Bruno Rafael Silva Nogueira Barbosa
Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Caio Cesar Portella Santos
Instituto Municipal de Ensino Superior de São Manuel, Brasil

Carla Wanessa do Amaral Caffagni
Universidade de São Paulo, Brasil

Carlos Adriano Martins
Universidade Cruzeiro do Sul, Brasil

Carlos Jordan Lapa Alves
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brasil

Caroline Chioqueta Lorenetz
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Cassia Cordeiro Furtado
Universidade Federal do Maranhão, Brasil

Cássio Michel dos Santos Camargo
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Cecília Machado Henriques
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Christiano Martino Otero Avila
Universidade Federal de Pelotas, Brasil

Cláudia Samuel Kessler
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Cristiana Barcelos da Silva
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

Cristiane Silva Fontes
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

Daniela Susana Segre Guertzenstein
Universidade de São Paulo, Brasil

Daniele Cristine Rodrigues
Universidade de São Paulo, Brasil

Dayse Centurion da Silva
Universidade Anhanguera, Brasil

Dayse Sampaio Lopes Borges
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brasil

Deilson do Carmo Trindade
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Brasil

Diego Pizarro
Instituto Federal de Brasília, Brasil

Dorama de Miranda Carvalho
Escola Superior de Propaganda e Marketing, Brasil

Edilson de Araújo dos Santos
Universidade de São Paulo, Brasil

Edson da Silva
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

- Elena Maria Mallmann**
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil
- Eleonora das Neves Simões**
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
- Eliane Silva Souza**
Universidade do Estado da Bahia, Brasil
- Elvira Rodrigues de Santana**
Universidade Federal da Bahia, Brasil
- Estevão Schultz Campos**
Centro Universitário Adventista de São Paulo, Brasil
- Éverly Pegoraro**
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil
- Fábio Santos de Andrade**
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
- Fábricia Lopes Pinheiro**
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
- Fauston Negreiros**
Universidade de Brasília, Brasil
- Felipe Henrique Monteiro Oliveira**
Universidade Federal da Bahia, Brasil
- Fernando Vieira da Cruz**
Universidade Estadual de Campinas, Brasil
- Flávia Fernanda Santos Silva**
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
- Gabriela Moysés Pereira**
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil
- Gabriella Eldereti Machado**
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil
- Germano Ehler Pollnow**
Universidade Federal de Pelotas, Brasil
- Geuciane Felipe Guerim Fernandes**
Universidade Federal do Pará, Brasil
- Geymesson Brito da Silva**
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
- Giovanna Ofretorio de Oliveira Martin Franchi**
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
- Handherson Leylton Costa Damasceno**
Universidade Federal da Bahia, Brasil
- Hebert Elias Lobo Sosa**
Universidad de Los Andes, Venezuela
- Helciclever Barros da Silva Sales**
Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, Brasil
- Helena Azevedo Paulo de Almeida**
Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil
- Hendy Barbosa Santos**
Faculdade de Artes do Paraná, Brasil
- Humberto Costa**
Universidade Federal do Paraná, Brasil
- Igor Alexandre Barcelos Graciano Borges**
Universidade de Brasília, Brasil
- Inara Antunes Vieira Willelding**
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
- Jaziel Vasconcelos Dorneles**
Universidade de Coimbra, Portugal
- Jean Carlos Gonçalves**
Universidade Federal do Paraná, Brasil
- Joao Adalberto Campato Junior**
Universidade Brasil, Brasil
- Jocimara Rodrigues de Sousa**
Universidade de São Paulo, Brasil
- Joelson Alves Onofre**
Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil
- Jónata Ferreira de Moura**
Universidade São Francisco, Brasil
- Jonathan Machado Domingues**
Universidade Federal de São Paulo, Brasil
- Jorge Eschriqui Vieira Pinto**
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil
- Jorge Luís de Oliveira Pinto Filho**
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
- Juliana de Oliveira Vicentini**
Universidade de São Paulo, Brasil
- Juliano Milton Kruger**
Instituto Federal do Amazonas, Brasil
- Julianno Pizzano Ayoub**
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil
- Julierme Sebastião Morais Souza**
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
- Junior César Ferreira de Castro**
Universidade de Brasília, Brasil
- Katia Bruginski Mulik**
Universidade de São Paulo, Brasil
- Laionel Vieira da Silva**
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
- Lauro Sérgio Machado Pereira**
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Brasil
- Leonardo Freire Marino**
Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
- Leonardo Pinheiro Mozdzenski**
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
- Letícia Cristina Alcântara Rodrigues**
Faculdade de Artes do Paraná, Brasil
- Lucila Romano Tragtenberg**
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brasil
- Lucimara Rett**
Universidade Metodista de São Paulo, Brasil
- Luiz Eduardo Neves dos Santos**
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
- Maikei Pons Giralt**
Universidade de Santa Cruz do Sul, Brasil
- Manoel Augusto Polastreli Barbosa**
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil
- Marcelo Nicomedes dos Reis Silva Filho**
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

- Márcia Alves da Silva**
Universidade Federal de Pelotas, Brasil
- Marcio Bernardino Sírino**
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
- Marcos Pereira dos Santos**
Universidad Internacional Iberoamericana del Mexico, México
- Marcos Uzel Pereira da Silva**
Universidade Federal da Bahia, Brasil
- Marcus Fernando da Silva Praxedes**
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil
- Maria Aparecida da Silva Santadel**
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil
- Maria Cristina Giorgi**
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Brasil
- Maria Edith Maroca de Avelar**
Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil
- Marina Bezerra da Silva**
Instituto Federal do Piauí, Brasil
- Marines Rute de Oliveira**
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
- Mauricio José de Souza Neto**
Universidade Federal da Bahia, Brasil
- Michele Marcelo Silva Bortolai**
Universidade de São Paulo, Brasil
- Mônica Tavares Orsini**
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil
- Nara Oliveira Salles**
Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
- Neide Araujo Castilho Teno**
Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil
- Neli Maria Mengalli**
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brasil
- Patricia Biegling**
Universidade de São Paulo, Brasil
- Patrícia Flavia Mota**
Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
- Patrícia Helena dos Santos Carneiro**
Universidade Federal de Rondônia, Brasil
- Rainei Rodrigues Jadejiski**
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil
- Raul Inácio Busarello**
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
- Raymundo Carlos Machado Ferreira Filho**
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
- Ricardo Luiz de Bittencourt**
Universidade do Extremo Sul Catarinense, Brasil
- Roberta Rodrigues Ponciano**
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
- Robson Teles Gomes**
Universidade Católica de Pernambuco, Brasil
- Rodiney Marcelo Braga dos Santos**
Universidade Federal de Roraima, Brasil
- Rodrigo Amancio de Assis**
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
- Rodrigo Sarruge Molina**
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil
- Rogério Rauber**
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil
- Rosane de Fatima Antunes Obregon**
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
- Samuel André Pompeo**
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil
- Sebastião Silva Soares**
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
- Silmar José Spinardi Franchi**
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
- Simone Alves de Carvalho**
Universidade de São Paulo, Brasil
- Simoni Urnau Bonfiglio**
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
- Stela Maris Vaucher Farias**
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
- Tadeu João Ribeiro Baptista**
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
- Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno**
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
- Taíza da Silva Gama**
Universidade de São Paulo, Brasil
- Tania Micheline Miorando**
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil
- Tarcísio Vanzin**
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
- Tascieli Fetrin**
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil
- Tatiana da Costa Jansen**
Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial, Brasil
- Tayson Ribeiro Teles**
Universidade Federal do Acre, Brasil
- Thiago Barbosa Soares**
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
- Thiago Camargo Iwamoto**
Universidade Estadual de Goiás, Brasil
- Thiago Medeiros Barros**
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
- Tiago Mendes de Oliveira**
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
- Vanessa de Sales Marruche**
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
- Vanessa Elísabete Raue Rodrigues**
Universidade Estadual do Centro Oeste, Brasil
- Vania Ribas Ulbricht**
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
- Vinicius da Silva Freitas**
Centro Universitário Vale do Cricaré, Brasil

Wellington Furtado Ramos
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

Wellton da Silva de Fátima
Instituto Federal de Alagoas, Brasil

Wenis Vargas de Carvalho
Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

Yan Masetto Nicolai
Universidade Federal de São Carlos, Brasil

PARECERISTAS E REVISORES(AS) POR PARES

Avaliadores e avaliadoras Ad-Hoc

Alcidinei Dias Alves
Logos University International, Estados Unidos

Alessandra Figueiró Thornton
Universidade Luterana do Brasil, Brasil

Alexandre João Appio
Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil

Artur Pires de Camargos Júnior
Universidade do Vale do Sapucaí, Brasil

Bianka de Abreu Severo
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Carlos Eduardo B. Alves
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Brasil

Carlos Eduardo Damian Leite
Universidade de São Paulo, Brasil

Catarina Prestes de Carvalho
Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, Brasil

Davi Fernandes Costa
Secretaria Municipal de Educação de São Paulo, Brasil

Denilson Marques dos Santos
Universidade do Estado do Pará, Brasil

Domingos Aparecido dos Reis
Must University, Estados Unidos

Edson Vieira da Silva de Camargos
Logos University International, Estados Unidos

Edwins de Moura Ramires
Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial, Brasil

Elisiene Borges Leal
Universidade Federal do Piauí, Brasil

Elizabete de Paula Pacheco
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

Elton Simomukay
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil

Francisco Geová Goveia Silva Júnior
Universidade Potiguar, Brasil

Indiamaris Pereira
Universidade do Vale do Itajaí, Brasil

Jacqueline de Castro Rimá
Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Jonas Lacchini
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Brasil

Lucimar Romeu Fernandes
Instituto Politécnico de Bragança, Brasil

Marcos de Souza Machado
Universidade Federal da Bahia, Brasil

Michele de Oliveira Sampaio
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Nívea Consuelo Carvalho dos Santos
Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial, Brasil

Pedro Augusto Paula do Carmo
Universidade Paulista, Brasil

Rayner do Nascimento Souza
Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial, Brasil

Samara Castro da Silva
Universidade de Caxias do Sul, Brasil

Sidney Pereira Da Silva
Stockholm University, Suécia

Suélén Rodrigues de Freitas Costa
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Thais Karina Souza do Nascimento
Instituto de Ciências das Artes, Brasil

Viviane Gil da Silva Oliveira
Universidade Federal do Amazonas, Brasil

Walmir Fernandes Pereira
Miami University of Science and Technology, Estados Unidos

Weyber Rodrigues de Souza
Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Brasil

William Roslindo Paranhos
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Parecer e revisão por pares

Os textos que compõem esta obra foram submetidos para avaliação do Conselho Editorial da Pimenta Cultural, bem como revisados por pares, sendo indicados para a publicação.

SUMÁRIO

Apresentação	12
CAPÍTULO 1	
<i>Marco Aurélio Torres Rodrigues</i>	
<i>Neusa Teresinha Massoni</i>	
A formação continuada de docentes	
dos anos iniciais do ensino fundamental:	
um caminho para a introdução de conceitos de física	
através do ensino por investigação.....	22
CAPÍTULO 2	
<i>Ramon Goulart da Silva</i>	
<i>Fernanda Ostermann</i>	
<i>Claudio J. H. Cavalcanti</i>	
Quem estamos formando?	
A educação básica brasileira e o perfil	
de sujeito na era da globalização	54
CAPÍTULO 3	
<i>Letícia Tasca Pigosso</i>	
<i>Leonardo Albuquerque Heidemann</i>	
<i>Eliane Angela Veit</i>	
Modelar para medir:	
um olhar do ensino de física	
para a epistemologia da medição.....	81
CAPÍTULO 4	
<i>Luiz Felipe de Moura da Rosa</i>	
<i>Alexsandro Pereira de Pereira</i>	
Negociando novos níveis	
de intersubjetividade na zona	
de desenvolvimento proximal:	
um exemplo envolvendo o ensino	
de física quântica na educação básica.....	110

CAPÍTULO 5

Fernando Shinoske Tagawa de Lemos Pires

Nathan Willig Lima

**Construindo narrativas para politizar
o ensino de física a partir dos estudos
da ciência e tecnologia.....138**

CAPÍTULO 6

Júlio César Lucero

Alexander Montero Cunha

Fábio Ramos Barbosa Filho

Um gesto de leitura em análise de discurso:

*"a tradição experimental na educação em ciências como
base da escola democrática e laica"* 158

CAPÍTULO 7

Marina Brondani

Marcelo de Moura Cabral

Matheus Monteiro Nascimento

Discursos em conflito:

*persuasão em temas sociocientíficos e a construção
social do negacionismo das mudanças climáticas.....185*

CAPÍTULO 8

Guilherme Rodrigues Weihmann

Eliane Angela Veit

Ives Solano Araújo

**Formação de identidades
em espaços não formais:**

*a construção de um instrumento de pesquisa à luz
da Teoria Social da Aprendizagem de Wenger* 209

CAPÍTULO 9

Daniel Farias Mega

Ives Solano Araujo

Eliane Angela Veit

Entre o sonho e a realidade:

desafios da constituição de uma comunidade

de prática no ensino médio 230

CAPÍTULO 10

Ana Amélia Petter

Tobias Espinosa

Ives Solano Araujo

Fatores que influenciam a mudança

instrucional no ensino de Física 258

CAPÍTULO 11

Matheus Barros

Alan Alves-Brito

O ensino e a divulgação científica:

as fronteiras da astronomia e da física no século 21 282

CAPÍTULO 12

Fellype Souza de Oliveira

Dioni Paulo Pastorio

A cointeligência na prática docente:

colaboração humano-IA e o fomento à curiosidade

epistêmica no ensino de ciências 303

Sobre os organizadores 323

Sobre os autores e as autoras 324

Índice Remissivo 333

APRESENTAÇÃO

O Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) é um dos pioneiros na área, existindo como área de concentração desde a década de 1960, tendo suas raízes em um dos primeiros grupos brasileiros de pesquisa em Ensino de Física, fundado e liderado pelo prof. Marco Antonio Moreira. Ainda como área de concentração, o “mestrado em Ensino de Física” teve concluída a primeira dissertação em 1972, essa que foi também a primeira dissertação do Brasil em Ensino de Física. Na década de 1990 a pós-graduação em Física, com área de concentração em Ensino de Física, foi estendida ao doutorado. As duas primeiras teses em Ensino de Física na UFRGS foram defendidas em 2000.

Em 2002, o Instituto de Física da UFRGS protagonizou novamente, ao propor o primeiro mestrado profissional em Ensino de Física do País. A partir disso, foi criado o Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPGEnFis), desvinculado, então, da Pós-Graduação em Física. Em 2006, foi criado o mestrado acadêmico e em 2008, o PPGEnFis passou a abrigar também o doutorado em Ensino de Física, sendo atualmente o único programa de Pós-Graduação do País que oferece mestrado e doutorado em Ensino de Física.

O PPGEnFis busca contribuir para a Educação em Ciências no País, direcionando esforços de investigação à educação básica, ao ensino superior, à formação docente, bem como a espaços não formais. À luz de referenciais filosóficos, históricos, sociológicos, epistemológicos, teóricos e metodológicos consistentes, as pesquisas desenvolvidas preocupam-se com temas vastos como: ensino-aprendizagem, currículo, políticas públicas, formação de professores, contextos social e escolar, avaliação, papel na história e epistemologia e metodologias inovadoras no ensino de Física e de Ciências.



Servindo de inspiração para a criação, em 2013, do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), vinculado à Sociedade Brasileira de Física (SBF), o Mestrado Profissional em Ensino de Física da UFRGS formou 111 mestres até 2018, quando foi encerrado, tendo disponibilizado mais de uma centena de produtos educacionais, na forma de textos de apoio ao professor de Física, hipermídias e vídeos. Nos cursos acadêmicos, até o momento (agosto/2025), formamos 65 mestres e 47 doutores. Teses do PPGEnFis obtiveram reconhecimento da CAPES (um prêmio de melhor tese e três menções honrosas) e duas teses premiadas pela Sociedade Brasileira de Física (SBF). Na última avaliação realizada pela CAPES, correspondendo ao quadriênio 2017-2020, o PPGEnFis obteve o conceito 6, mantendo a avaliação da última quadrienal. Em termos de orientadores, o programa atualmente conta com 12 docentes permanentes e 2 colaboradores, reconhecidos na comunidade acadêmica pela formação de pesquisadores e por sua produção intelectual qualificada.

O presente livro foi organizado com o objetivo de compartilhar produções realizadas por discentes e docentes do programa. Este é o terceiro volume de uma série que vem sendo organizada anualmente.

O primeiro capítulo apresenta um estudo realizado com docentes atuantes e discute a formação continuada de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental como forma de capacitar-los ao ensino de Ciências, em particular de conceitos físicos e atividades investigativas, visando desenvolver nas crianças uma motivação saudável para aceder ao conhecimento. Assume-se que a formação continuada também auxilia a construir uma interpretação crítico, reflexiva de documentos públicos educacionais, como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), e fomenta a autonomia docente na busca do desenvolvimento de um professor reflexivo, na acepção de Contreras (2002), cujas ideias são tomadas como referencial teórico. Como estratégia pedagógica, a formação continuada fundamentou-se na noção de alfabetização científica e na metodologia de



ensino por investigação, na perspectiva de Sasseron (2008). O texto apresenta uma análise e falas que revelam o importante papel que a formação continuada desempenha para suprir lacunas de conteúdos de Ciências, para oferecer segurança didática e prover novas estratégias de ensino a docentes dos anos iniciais. Buscou-se (re)escutar alguns professores, passados três anos da formação oferecida, o que permite compreender como ela contribuiu para transformar suas práticas didáticas.

O segundo capítulo problematiza os efeitos das políticas educacionais sobre os sujeitos em formação. Para isso, percorremos uma breve trajetória que vai da elaboração dos Parâmetros Curriculares Nacionais, na década de 1990, até a formulação da Base Nacional Comum Curricular, em 2018. A análise apresenta que essas políticas se articulam a princípios globais de formação e que o perfil de sujeito se transforma ao longo dos anos, de acordo com padrões internacionais que orientam quais características devem ser priorizadas. Se antes o ensino e a aprendizagem estavam vinculados às perspectivas do fordismo e do taylorismo, centradas na disciplina e na especialização técnica, a partir dos anos 1990 o foco desloca-se para a constituição de um sujeito pautado no desempenho e na autonomia, sendo capaz de se atualizar continuamente em função das demandas globais. Nesse processo, a valorização do ensino concentra-se no desenvolvimento de competências e habilidades para a atuação econômica, ao passo que o trabalho docente passa a ser condicionado pelas mudanças curriculares para que ensinem o que é considerado legítimo, assegurando assim resultados em um sistema cada vez mais orientado pela autorresponsabilização e pelo cumprimento de metas mensuradas por avaliações de larga escala.

O capítulo terceiro trata da medição, que é frequentemente apresentada no ensino de Física de forma restrita, focando apenas em procedimentos técnicos e normas. No entanto, compreender o que significa medir envolve também dimensões filosóficas e epistemológicas, capazes de enriquecer nossa compreensão sobre a



natureza da ciência e proporcionar uma interpretação crítica dos dados que circulam em nosso cotidiano. Neste capítulo, os autores discutem a epistemologia da medição articulada à metrologia contemporânea, analisando documentos normativos internacionais, como o Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM) e o Guia para Expressão de Incertezas (GUM). Destacam também como esses textos recentes incorporam uma perspectiva baseada em modelos, rompendo com a visão realista tradicional que supõe a existência de um “valor verdadeiro” a ser descoberto. Por fim, os autores argumentam que medir consiste em atribuir valores coerentes com modelos teóricos e estatísticos, permeados por idealizações e convenções. Ao relacionar essas transformações conceituais a debates filosóficos atuais, defendem que a modelagem deve ocupar papel central no ensino de Física, favorecendo uma abordagem crítica e superando práticas puramente procedimentais. Essa visão permite compreender melhor as incertezas e o papel dos modelos na construção do conhecimento científico.

No quarto capítulo é realizada uma análise de interações discursivas de estudantes da educação básica em uma atividade de ensino mediada por um interferômetro virtual de Mach-Zehnder. O objetivo é investigar como os estudantes, trabalhando em grupos, negociam novos níveis de intersubjetividade conforme eles respondem a questões conceituais de um roteiro de atividades fornecido pelo professor. O referencial teórico que fundamenta o presente estudo é a abordagem sociocultural de James V. Wertsch, em particular a sua interpretação da teoria de Lev S. Vygotsky com ênfase na sua extensão do conceito de zona de desenvolvimento proximal. A metodologia consiste na análise microgenética de negociações que ocorrem nos pequenos grupos conforme eles avançam na atividade. Os resultados mostram que essas negociações podem, ou não, levar os estudantes a redefinir a situação em sentido a estabelecer uma intersubjetividade, podendo ocorrer com base na persuasão, autoridade e até estratégias de resistência.



O capítulo cinco realiza uma síntese da dissertação de mestrado de Fernando Pires, que consistiu em uma investigação ampla do processo de estabilização da Iniciativa Quântica dos Estados Unidos a partir dos referenciais teórico-metodológicos de Bruno Latour e Sheila Jasanoff. Os autores teceram o capítulo iniciando com uma lista de problemas contemporâneos defendendo a multiplicidade de suas dimensões (científica, política, discursiva etc.) e assim como tais problemas, as Tecnologias Quânticas desta nova revolução quântica também apresentam múltiplas dimensões. Na seção seguinte apresentam de modo enxuto os principais conceitos da Teoria Ator-Rede (ator-rede, mediação e translação) e o significado de coprodução, ciência regulatória e acadêmica. Na terceira seção relatam em linhas gerais o processo metodológico da pesquisa, desde o encontro com os documentos até o processo de descrição que salientou a recorrência de uma reivindicação: a necessidade de um ecossistema quântico de inovação. Na seção seguinte, portanto, resumem a narrativa ator-rede do ecossistema quântico. Por último, nas conclusões, resgatam a problemática inicial conectando com as reivindicações do atual turno sociopolítico da Educação em Ciências, defendendo o ensino politizado de mecânica quântica e vislumbrando implicações para o desenvolvimento de um programa brasileiro de pesquisa em Tecnologias Quânticas.

O sexto capítulo trata da abertura que a análise de discurso materialista, enquanto fundamento teórico-metodológico, pode possibilitar em trabalhos da área de Educação em Ciências. Inicialmente, os autores situam o que é leitura dentro da perspectiva da análise de discurso materialista, em contraponto a um outro tipo de leitura: a leitura empirista, a leitura da simples tomada de informação. Em seguida, para materializar a discussão, realizam a leitura de um texto: o resumo da mesa redonda "A tradição experimental na educação em ciências como base da escola democrática e laica", realizada na 75^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência



(SBPC)¹, em 2023. Ao fazer essa leitura tendo como base a análise de discurso materialista, o que é posto em jogo é a possibilidade de abertura para novos questionamentos que vão sendo colocados ao texto conforme a leitura do mesmo, como a tensão entre posições discursivas opositivas, os cientistas (*nós*) e os professores (*eles*), sobre o uso das práticas experimentais na educação em ciências e a estrutura sintática que situa a relação do ensino experimental no ensino de física. Longe de oferecer conclusões acabadas, o presente capítulo traz encaminhamentos para uma importante reflexão sobre a leitura e o papel do ensino experimental na educação em ciências, enquanto objeto de leitura.

No sétimo capítulo analisa-se o negacionismo científico como fenômeno social e comunicacional que ultrapassa a falta de informação, envolvendo disputas simbólicas, interesses políticos e disposições sociais. Na primeira seção, os autores discutem a relação entre ciência e religião, com foco no Criacionismo Científico e na Teoria do Design Inteligente. Posteriormente, examinam como estratégias de persuasão baseadas na autoridade da fonte, no uso de linguagem técnica e na aparência de neutralidade podem levar estudantes de cursos científicos a aceitar argumentos que se apresentam como científicos, mas sustentam visões teológicas. Na segunda seção, abordam o negacionismo climático sob perspectiva sociológica, mobilizando os conceitos de *habitus* e capital. Os autores utilizam a Análise de Correspondência Múltipla para investigar como capitais econômico e cultural, bem como disposições de classe, se relacionam com a aceitação ou rejeição do consenso científico sobre as mudanças climáticas. Ao articular as dimensões comunicacionais e sociais do negacionismo, argumentam que a rejeição da ciência não pode ser reduzida a um déficit cognitivo, mas deve ser compreendida como resultado de estratégias de persuasão e de estruturas sociais

1 Coordenada pela prof.^a Dra. Eliane Brígida Morais Falcão (UFRJ), a mesa redonda foi realizada em julho de 2023. Disponível em: <https://eventos.galoa.com.br/sbpc-2023/calendar/activity/8297>. Acesso em: 8 de agosto de 2025.



que moldam a recepção do conhecimento científico. Por fim, concluem que enfrentar o negacionismo exige práticas de comunicação e educação científica que considerem crenças, valores e disposições sociais, sobretudo em contextos de crise ambiental, social e política.

O capítulo oitavo apresenta e discute a construção de um instrumento de pesquisa destinado a investigar processos de formação identitária em espaços não formais de ensino, tomando como caso o Centro de Tecnologia Acadêmica Júnior (CTA Jr.), vinculado à UFRGS. O texto apresenta o CTA Jr. como alternativa inovadora para superar limitações do ensino tradicional de Física na educação básica, articulando extensão, pesquisa e protagonismo estudantil. Um aspecto relevante é o retorno espontâneo de ex-alunos como monitores voluntários, fenômeno que motivou a elaboração de uma entrevista semiestruturada apoiada na teoria social da aprendizagem de Wenger. Essa teoria concebe a aprendizagem como participação em comunidades de prática, articulando prática, identidade, significado, comunidade e aprendizagem, mediados por três modos de afiliação: compromisso, imaginação e alinhamento. O protocolo da entrevista foi estruturado com base em indicadores de comunidades de prática e buscou captar trajetórias, práticas, relações interpessoais e valores. Ao final, os autores destacam a relevância metodológica do instrumento e sua aplicabilidade em outros contextos educativos, formais ou não formais, preservando o vínculo entre teoria, questões de pesquisa e especificidades locais.

O nono capítulo analisa as potencialidades e limites da constituição de uma Comunidade de Prática (CoP) no contexto do Ensino Médio Integrado (EMI), a partir do estudo narrativo do Núcleo de Tecnologias Livres (NTL) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – *Campus Rio Grande*. Fundamentados na teoria social da aprendizagem de Wenger, os autores investigam como condições institucionais impactaram o processo de consolidação do grupo. A pesquisa, de caráter qualitativo e narrativo, utilizou entrevistas com docentes e estudantes,



observações e análise documental. Os resultados apontam que o NTL reunia elementos favoráveis à configuração de uma CoP, como um domínio de interesse compartilhado, intencionalidade pedagógica e abertura à interdisciplinaridade. Contudo, barreiras estruturais, como ausência de espaço físico, desvalorização da extensão e fragmentação curricular dos cursos técnicos integrados, limitaram a articulação entre saberes técnicos e científicos preconizada pelo EMI. Tais entraves restringiram a emergência de práticas colaborativas e o fortalecimento de vínculos entre participantes. Por fim, os autores concluem que a consolidação de iniciativas como o NTL depende da criação de condições institucionais que sustentem a aprendizagem coletiva, como espaços de convivência, planejamento docente integrado e reconhecimento formal de projetos interdisciplinares. O estudo reforça a pertinência do conceito de CoP para compreender experiências formativas na educação profissional e tecnológica.

O capítulo décimo aborda as transformações necessárias para qualificar o ensino de Física, que têm sido tema recorrente nas pesquisas em Educação em Ciências. Apesar do acúmulo de evidências sobre a efetividade de estratégias didáticas, como métodos ativos de ensino, sua adoção no ensino superior ainda enfrenta desafios. Este capítulo apresenta uma revisão exploratória de 19 estudos publicados em periódicos e anais da área, com o objetivo de identificar e organizar fatores que dificultam ou favorecem a mudança instrucional. A síntese indica um processo multifatorial, influenciado por dimensões sociais, institucionais e individuais. Entre as barreiras recorrentes, destaca-se a desvalorização da docência frente à pesquisa, a rigidez curricular e a resistência discente. Como facilitadores, sobressaem o apoio institucional e de pares, programas de desenvolvimento docente e crenças favoráveis ao ensino ativo. O capítulo propõe uma taxonomia de barreiras e facilitadores e discute implicações para prática docente. Ao final, os autores concluem que remover barreiras é necessário, mas insuficiente; o apoio percebido pelo docente, seja material, simbólico ou organizacional, é condição central para iniciar, ampliar e sustentar mudanças instrucionais no ensino de Física.



O décimo primeiro capítulo discute as relações entre o ensino e a divulgação científica, no que tange sobretudo as questões de fronteira da Astronomia e da Física no século 21 — Astronomia e Física moderna e contemporânea na formação docente; relações universidade-escola-museu; e educação e divulgação das ciências físicas para as relações étnico-raciais. Os autores defendem que essas relações carecem de aprofundamento nos processos de ensino, educação e divulgação ao apresentar algumas reflexões e apontamentos qualitativos que visam a sistematização de ideias sobre os desafios e as oportunidades que estão colocados para pesquisadores, professores e divulgadores de ciências rumo à democratização do conhecimento científico. Defendem também que explorar as interfaces entre o ensino e a divulgação, nos distintos campos da Astronomia e da Física, é crucial para ajudar a construir outras narrativas sobre a produção e a divulgação do conhecimento científico no ocidente, principalmente se abarcando as grandes questões sociais do Brasil profundo no presente século.

O último capítulo investiga como a integração crítica da cointeligência, entendida como colaboração entre humanos e Inteligência Artificial Generativa (IAG), pode fomentar a curiosidade epistêmica no ensino de Ciências. Articulando as contribuições de Ethan Mollick sobre cointeligência, de Susan Engel sobre a curiosidade e de Andrew Feenberg sobre a teoria crítica da tecnologia, argumenta-se que a IAG, utilizada como colaboradora dialógica, pode deslocar práticas pedagógicas do modelo de *knowledge telling* (conhecimento reproduzido) para o de *knowledge transforming* (conhecimento transformado). No modelo de conhecimento transformado, a Inteligência Artificial (IA) atua como provocadora de questionamentos, facilitadora de investigações e estimuladora de processos criativos, permitindo que os alunos se concentrem em aspectos mais complexos e investigativos da aprendizagem científica. São discutidas potencialidades e limitações desse paradigma para o ensino de Ciências, bem como desafios éticos

relacionados a vieses algorítmicos, preservação da agência crítica discente, postura questionadora, privacidade e dependência tecnológica. Baseados dos referenciais teóricos adotados e na literatura subjacente, são apresentados dois modelos paradigmáticos de ensino pautados na cointeligência e no fomento à curiosidade epistêmica, destacando o papel da IAG, os objetivos de sua utilização, o fomento à curiosidade, as funções dos estudantes e professores e os potenciais resultados de sua implementação. Os autores defendem que a implementação efetiva requer educadores preparados para mediar criticamente o uso da IAG, criando ambientes que valorizem a agência e a reflexão. Por fim, concluem que um paradigma educacional baseado na cointeligência demanda mudanças sistêmicas na cultura escolar e nos sistemas de avaliação, promovendo a construção ativa do conhecimento e formando estudantes capazes de questionar, investigar e inovar.

*Alexander Montero Cunha
Alexsandro Pereira de Pereira
Neusa Teresinha Massoni*

1

Marco Aurélio Torres Rodrigues
Neusa Teresinha Massoni

A FORMAÇÃO CONTINUADA DE DOCENTES DOS ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL:

UM CAMINHO PARA A INTRODUÇÃO DE CONCEITOS
DE FÍSICA ATRAVÉS DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A percepção da importância de introduzir conceitos de Física já nos anos iniciais do Ensino Fundamental (EF) não é recente. Schroeder (2007) apontou que é relevante ter aulas de física desde os primeiros anos do ensino escolar mais como uma forma de auxiliar o desenvolvimento da autoestima, da capacidade de se expressar de forma clara, de desenvolver uma motivação saudável de aceder ao conhecimento pelas crianças, do que preparar os estudantes para os conteúdos do ensino médio. Apresentar conceitos físicos e discutir fenômenos da natureza nos anos iniciais é importante também para evitar que o componente curricular Ciências, especialmente em escolas públicas, assuma um enfoque centrado apenas em temas das ciências biológicas (Campos *et al.*, 2012). Uma pesquisa mais recente indica que é possível desenvolver a curiosidade epistêmica até mesmo em crianças menores, da educação infantil, entre 4 e 6 anos (Florêncio *et al.*, 2025).

Apesar disso, revisões de literatura recentes (e.g. Souza, Lanfranco, Fortunato, 2020) mostram que pouca pesquisa é feita sobre o tema do ensino de Física nos anos iniciais e que há uma lacuna na formação de professores para o ensino de Ciências, de Física, para os primeiros anos do ensino fundamental, quer na formação inicial ou continuada. Com base nesta última perspectiva, este texto sintetiza alguns achados e apresenta uma pesquisa, que se converteu em tese de doutorado (Rodrigues, 2022), que se ocupou da formação continuada de professores de Ciências dos anos iniciais, sob dois olhares: de um lado, a compreensão crítica do principal documento da legislação educacional recente – a Base Nacional Comum Curricular, BNCC (Brasil, 2018) – que busca diluir conteúdos de Física desde os primeiros anos do EF, visando a formação do professor reflexivo, à luz das ideias de José Contreras (2002); de outro, a capacitação em Ciências (em particular de temas de Física) de



professores dos anos iniciais do ensino fundamental, sob o enfoque da alfabetização científica e do ensino por investigação, na acepção de Lúcia Helena Sasseron (2008; 2018).

Na pesquisa de doutorado, essa formação continuada foi oferecida a professores que não tinham iniciação em Física, isto é, suas formações eram generalistas, e ocorreu em duas etapas, nos anos de 2019 e 2021, alcançando um grupo de docentes do município de Santana do Livramento, no Estado do Rio Grande do Sul. Em 2025, passados alguns anos após essa formação, foram retomados contatos com a Secretaria Municipal de Santana do Livramento e, realizadas entrevistas com quatro desses docentes para compreender a percepção atual dessa vivência e das eventuais implicações da formação continuada recebida, à época, nas suas práticas didáticas cotidianas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO

A investigação tomou como referencial teórico ideias de José Contreras e de Lúcia Helena Sasseron. A lente teórica de Contreras (2002) ajudou a compreender e a discutir a proletarização dos professores, as dimensões da profissionalidade, os tipos de professores e a autonomia que cada tipo de professor poderá atingir.

Contreras (2002) diz que o processo de proletarização é um fenômeno que evidencia uma “paulatina perda por parte dos professores daquelas qualidades que faziam deles profissionais, ou, ainda, a deterioração daquelas condições de trabalho nas quais depositavam suas esperanças de alcançar tal *status*” (ibid., 2002, p. 33). O fenômeno decorre da lógica racionalizadora empresarial, que tomava como central garantir o controle do processo produtivo,



a divisão de tarefas, e o aumento dos lucros, e teve no fordismo seu maior expoente, até a década de 1970. Para Contreras, o Estado, acumulador de capital, introduziu a “gestão científica”, que implicou determinações a respeito de conteúdos, da organização e controle do trabalho dos professores; as escolas começaram a ampliar sua organização, adotando critérios de sequência e hierarquia. À medida que a racionalização do ensino foi crescendo, o controle sobre o trabalho dos professores também cresceu, pois eles ficaram cada vez mais dependentes das decisões de especialistas e da administração. Em outras palavras, os professores deixaram de decidir e planejar o ensino para apenas “aplicar” programas e pacotes curriculares vindos de cima, ao que Contreras chama de tecnologização do ensino – o professor como um racionalista técnico. Este fenômeno acarretou para os professores: i) mais tarefas para cumprir, ii) rotinização do trabalho; iii) diminuição do exercício reflexivo e iv) individualismo.

Uma consequência desse processo foi a resistência e organização dos professores, o que os aproximou da classe operária, pois ambas sofreram um processo de desqualificação. Isso transformou os professores numa categoria com interesses e procedimentos de resistência equivalente ao proletariado. No Brasil essa perspectiva mundial também se fez presente e foi se reconfigurando, especialmente porque a escola teve um importante papel para o desenvolvimento e manutenção da industrialização em nosso país, desde as primeiras décadas do século passado. A União passou a determinar os currículos, os programas e as metodologias. Por essa razão, nossos educadores de longa data estiveram inseridos num processo de proletarização (ou profissionalização) técnica e ideológica, “passando por tempos difíceis, de desprestígio social, de salários aviltantes, com péssimas condições de trabalho, a profissão de professor já não atrai as juventudes...” (Libâneo; Oliveira; Toschi, 2012, p. 282). Saviani (2010, p. 748), no entanto, alerta que:



Nas condições atuais, não é mais suficiente alertar contra os perigos da racionalidade técnica, advogando-se uma formação centrada numa cultura de base humanística voltada para a filosofia, literatura, artes e ciências humanas à revelia do desenvolvimento das chamadas "ciências duras".

Para Contreras, a concepção de autonomia profissional para os professores, a partir da própria natureza educativa do trabalho docente, descarta as estratégias ideológicas da profissionalização, e caminha no sentido de construir a ideia de profissionalidade docente, que tem três dimensões: profissional técnico, profissional reflexivo e intelectual crítico (Contreras, 2002). Para o autor, a profissionalidade docente refere-se a dimensões do seu fazer profissional em que se definem aspirações com respeito à forma de conceber e viver o trabalho de professor (Contreras, 2002), lembrando que a prática docente é um fenômeno social, daí a importância da autonomia e reflexão dos professores, assim como de alguma dose do componente artístico, como improvisação, tentativa, intuição, criatividade para resolver problemas educacionais locais, que se afasta da racionalidade técnica.

Na pesquisa assumiu-se, alinhados a Contreras, que o modelo de profissional reflexivo resgata, em boa medida, habilidades humanas que são descartadas pelo especialista técnico. O profissional reflexivo precisa de avaliação da ação, aperfeiçoamento profissional, e desenvolvimento do valor ético da educação, em busca de uma prática educativa igualitária, inclusiva e libertadora.

Contreras (2002) coloca algumas críticas ao modelo de profissional reflexivo e propõe o modelo, inspirado em Giroux, de professor enquanto intelectual crítico, que assume uma educação emancipatória, voltada à transformação social. Para o autor, o intelectual crítico é um profissional que participa ativamente do esforço de descobrir o oculto, para desentranhar a origem histórica e social do que se apresenta como "natural", para, assim, conseguir captar e mostrar os processos pelos quais a prática do ensino fica presa a pretensões, relações e experiências de duvidoso valor educativo (Contreras, 2002).



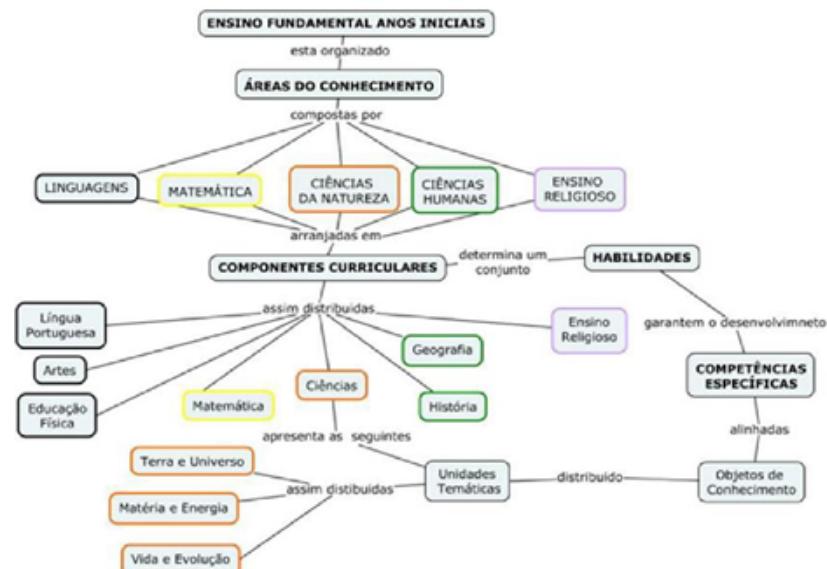
Destaca-se que, para os objetivos da pesquisa, consideramos que era ousado buscar desenvolver o modelo de intelectual crítico. Objetivou-se avançar e discutir elementos do modelo de profissional reflexivo, visando a que os professores dos anos iniciais alcançassem maior autonomia em sala de aula, confiança e capacidade de resolver situações-problema, e incrementassem a autoconfiança para tentar novas estratégias no ensino de Ciências.

Nesse sentido, assumiu-se a noção de alfabetização científica segundo a proposta de Sasseron (2008), que foi utilizada como metodologia na formação continuada para discutir e introduzir o ensino por investigação, enquanto estratégia viável em sala de aula. Reconhecemos que existe uma vasta discussão na literatura em ensino de Ciências (Bertoldi, 2020; Cunha, 2017; Sasseron, 2008; Sasseron; Carvalho, 2011) sobre os sentidos da alfabetização científica, do letramento científico e da enculturação científica. A utilização da alfabetização científica proposta por Sasseron foi, assim, uma escolha, assumindo que alfabetizar cientificamente os alunos significa oferecer condições para que possam tomar decisões conscientes sobre problemas de sua vida e da sociedade relacionados a conhecimentos científicos (Sasseron, 2013). Para a autora, a alfabetização científica tem três eixos: i) a compreensão básica de termos e conceitos científicos fundamentais; ii) a compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circulam sua prática; e iii) o entendimento das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente. Levou-se em conta esses três eixos, como sendo relevantes para a colocação de conceitos físicos nos anos iniciais, bem como para desenvolver nas crianças o desejo de um futuro sustentável para a sociedade e o planeta. O “ensino por investigação” foi trabalhado enquanto uma alternativa viável para o planejamento e execução de aulas capazes de engajar os alunos na resolução situações-problema, além tornar claro aos professores quais “objetos de conhecimento” propostos pela BNCC poderiam ser trabalhados.

A análise das falas e reflexões dos professores, sujeitos de pesquisa, foram interpretadas a partir da técnica de Análise Textual Discursiva (ATD), segundo Moraes e Galiazzi (2007). Buscou-se chegar a categorias e proposições explicativas dos fatos no cenário educacional de formação continuada de educadores dos anos iniciais do EF.

A Figura 1 apresenta um panorama dos componentes curriculares curriculares dos anos iniciais, e de como, segundo BNCC, as unidades temáticas propostas se articulam com o ensino de Ciências nessa etapa da educação.

Figura 1 – Esquema que apresenta os componentes curriculares da área de Ciências da Natureza, segundo a BNCC



Fonte: Rodrigues, 2022.

No texto da tese (Rodrigues, 2022) foram discutidas as competências específicas de Ciências e as habilidades, associadas aos objetos de conhecimento, que se espera construir nos estudantes, vislumbrando como algumas temáticas de Física e Astronomia aparecem nos anos iniciais do ensino fundamental.

3. REVISÃO DA LITERATURA: RELAÇÕES ENTRE BNCC, CURRÍCULO E EDUCADORES QUE TRABALHAM COM CIÊNCIAS DOS ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL

Foram feitas buscas, para fins da revisão de literatura, e se selecionou artigos que, ao mesmo tempo, discutissem a BNCC, os currículos do ensino fundamental e a formação de professores dessa etapa escolar, privilegiando revistas da área, de Qualis A1 e A2. Assumiu-se que é indispensável que os educadores estejam cientes dos processos que envolveram a construção da BNCC, discutindo não apenas o que está no documento, mas o que esteve por trás desse movimento, buscando reflexão e uma assunção não ingênua das políticas públicas educacionais.

Em uma síntese da revisão, obteve-se que: i) o discurso da BNCC de aumentar a qualidade e promover a equidade da educação é refutado por vários autores (e.g., Branco *et al.*, 2019; Ponce; Araújo, 2019; Tarlau; Moeller, 2020; Gonçalves; Machado; Correia, 2020), pois apenas reorganizar o currículo é insuficiente, visto que há demandas históricas como ampliação e melhor distribuição de recursos, qualificação e formação docente, melhoria dos salários dos docentes e das condições de trabalho, além de apontarem um lastro técnico e financeiro de fundações privadas na produção da BNCC; ii) a meta da escola, frente a esse normativo, deixa de ser a formação integral e o aprofundamento dos conteúdos, bem como o enfoque das questões sociais, pois a BNCC passa a priorizar o desenvolvimento de habilidades e competências, que valorizam o método em detrimento dos conteúdos, o que pode, numa análise crítica, levar à valorização do individualismo, e acentuar desigualdades sociais uma vez que surge o dualismo escola pública-privada, com o resultado da precarização da educação pública (Pereira; Pinheiro; Feitosa, 2019); iii) o ensino



por competências exposto na BNCC interfere na formação docente, dado que os currículos da formação inicial teriam por referência a Base Nacional Comum Curricular, o que fragiliza a formação, ofusca a discussão de questões curriculares, como, por exemplo, a formação básica e a parte diversificada do currículo escolar, e desconsidera a diversidade cultural (Sarmento; Menegat, 2020; Vieira; Piloto; Ramos, 2020); e iv) o documento da BNCC enfoca o ensino investigativo, numa perspectiva da alfabetização científica, mas é pouco claro em explicações que possam auxiliar os professores, especialmente dos anos iniciais do EF (Cabral; Jordão, 2020).

Cabral e Jordão (2020) apontam que o uso expressivo de verbos na categoria aprendizagem de procedimentos, indica uma preocupação da BNCC com o desenvolvimento da alfabetização científica. Concorda-se em parte com tal interpretação, visto que procedimentos de investigação são importantes, mas talvez não suficientes para caracterizar a alfabetização científica.

Nesse sentido, alinhamo-nos aos princípios da investigação conduzida por Sasseron (2018), que pretendeu responder ao seguinte questionamento: que elementos precisam ser considerados na BNCC para que os estudantes possam desenvolver sua autonomia intelectual quando estamos trabalhando com o ensino de Ciências? Para tentar respondê-lo, a autora construiu um panorama da atividade científica e analisou, tomando como norte da promoção da alfabetização científica, o papel das práticas científicas e epistêmicas. A partir da visão sociológica de ciência e de como ocorrem as práticas na atividade científica, Sasseron trabalhou novas formas de como olhar as práticas e o ensino de Ciências.

A autora assume que a BNCC é currículo, e propõe que toda disciplina de ensino, independente da área, tem um conjunto de práticas que caracterizam a disciplina. Essas práticas são classificadas em dois grandes grupos: práticas científicas e práticas epistêmicas. Trazendo a discussão para o âmbito do ensino de Ciência, tais práticas seriam

assim identificadas: investigação, avaliação e o desenvolvimento de explicações (Sasseron, 2018). O artigo trouxe valiosas contribuições para pesquisa, pois trabalhamos com a formação docente dos anos iniciais do EF, na área de Ciências da Natureza, que tem o componente curricular Ciências, que é constituído, segundo a BNCC, por três unidades temáticas: matéria e energia, terra e universo, vida e evolução. Cada unidade temática é formada por Objetos de Conhecimento (OC) e a cada objeto de conhecimento é atribuída uma habilidade. Com base nessas ideias, e com o olhar focado em estratégias viáveis para desenvolver esses objetos de conhecimento de Ciências, é que avançamos para a formação continuada, que será objeto da próxima seção.

4. FORMAÇÃO CONTINUADA A PROFESSORES DE CIÊNCIAS DOS ANOS INICIAIS: DOCENTES DA REDE PÚBLICA DE SANTANA DO LIVRAMENTO, RS

ESTUDO I

Ao estabelecermos os primeiros encontros com grupos de docentes da rede municipal de Santana do Livramento, RS, em 2018 e 2019, foi perceptível que eles desconheciam a BNCC, as Unidades Temáticas (UT) de Ciências, bem como os Objetos de Conhecimento (OC), que são componentes essenciais da BNCC (Brasil, 2018). Além disso, quando alguns OC eram trazidos à discussão, surgia um enorme desconformo nos professores. Eles revelavam que suas formações iniciais não lhes tinham oportunizado conhecimentos específicos de Ciências, em particular de Física, e tinham dificuldades de construir o currículo segundo o novo normativo, em implementação à época.



Além disso, tinham uma compreensão de senso comum sobre o papel da BNCC, e demonstravam dúvidas e apreensão sobre como ela seria implementada, indicavam uma escassez de formação continuada, o que revelou a importância de problematizar e (re)significar esse documento público.

Algumas falas dos docentes mostram este aspecto.

Prof.^a A: *Ficou para a escola o fazer pedagógico, ela (referindo-se à BNCC) aponta o que deveremos fazer, mas nós precisamos saber como fazer. Os assuntos já estão determinados, mas como nós vamos fazer? Quais metodologias, como vamos contemplar as necessidades da comunidade? Teremos competência para adotar a base? (...)*

Prof.^a B: *Muitos de nós professores não temos conhecimentos para trabalhar com a BNCC. Temos que ter uma formação maior do que está acontecendo nas escolas. As mantenedoras não nos orientam, querem nossa contribuição. Quem deveria estar nos orientando não está. Quem se vira para saber? Nós professores. (...) (grifo nosso)*

Assim, no Estudo I da investigação, que ocorreu entre 06/08/2019 e 17/12/2019, trabalhamos com a leitura, discussão e interpretação da BNCC, e complementarmente a leitura e discussão de artigos críticos sobre o processo de construção desse normativo, além de introduzirmos como a área de Ciências da Natureza é proposta na BNCC. Participaram 22 professores, oriundos de quatro escolas da rede pública municipal, sendo que nenhum deles tinha formação em Ciências da Natureza. A maioria tinha formação em Pedagogia e Letras. A interação se deu através de um projeto de extensão (intitulado: *Desvendando a BNCC, em busca da autonomia para construir os currículos de Ciências dos Anos Iniciais*), que esteve vinculado à Unidade Universitária da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) de Santana do Livramento, onde o primeiro autor trabalhava, e envolveu 12 encontros, totalizando 60 horas.



Um dos achados, que emergiu da interação, foi que o papel do professor, frente à essa nova política pública e à proposta de (re)planejamento curricular, é o de um profissional estudioso que busca a atualização, mas que na maioria das vezes, empreende uma busca solitária, individual, sem o apoio da mantenedora. Ficou claro também a importância da formação continuada para discutir conteúdos de Ciências, dado que a maioria dos docentes dessa etapa da educação básica no município pesquisado não tinha formação na área (Ciências Naturais, Física, Química). Ficou evidente também que a elevada carga horária dos docentes se torna um complicador à formação continuada, e que ela é oferecida pela mantenedora de forma esparsa e sem um aprofundamento adequado em relação aos conteúdos e às metodologias.

ESTUDO II

O Estudo II foi elaborado a partir dos resultados do Estudo I, isto é, do levantamento da necessidade de formação continuada em Ciências para professores dos anos iniciais do EF do município de Santana do Livramento, RS. Enfocamos, alinhados ao referencial teórico de Contreras (2002), na autonomia de professores, e na alfabetização científica e no ensino por investigação, na visão de Sasseron (2008, 2018). Ouvimos, no Estudo II, as demandas de um novo grupo de professores, dado que houve mudanças no corpo docente do município, em função da realização de concurso público. A formação ocorreu entre as datas 02/06/2021 até 24/11/2021, já no período da pandemia da Covid-19, e envolveu um grupo de 24 docentes, sendo que 16 foram até o final. A formação continuada se deu através de um projeto de extensão, aprovado pela Secretaria Municipal de Educação (SME) de Santana do Livramento, RS, e cobriu um total de 100 horas, assim distribuídas: 46 horas de atividades síncronas; 46 horas de atividades assíncronas e 8 horas presenciais.



Apresentam-se algumas falas que indicam como os professores entendiam o papel e a utilização dos livros didáticos; e pontuavam a falta de conhecimento específico, especialmente na unidade temática “matéria e energia” (da BNCC), e uma ausência de familiarização com respeito à alfabetização científica.

Prof.^a F: *Eu mesmo só utilizo livro didático; já está tudo organizado, basta seguir a sequência do livro. Tudo já está organizado conforme a BNCC. Uso o livro para todas as disciplinas, é bem prático. Os livros nos proporcionam tudo o que a gente precisa seguir. Bás! Foi um presente!*

Prof.^a D: *O livro é um recurso que nós e os alunos temos. Não mando eles copiarem, apenas colocarem as respostas.*

Prof.^a C: *Professor, tenho muita dificuldade com a unidade temática matéria e energia; vida e universo é mais tranquilo.*

Prof.^a E: *Mesmo eu sendo professora de Ciências, as unidades apresentadas geraram muito estudo e pesquisa para aprendermos, e só depois ensinar aos alunos.*

Prof.^a A: *É óbvio se temos **dificuldades com temas como matéria e energia**, que teremos dificuldade em analisar e propor habilidades destes temas.*

Prof.^a B: *Estudei estes temas apenas no magistério. Nós decorávamos as leis e aplicávamos nos problemas.*

Prof.^a G: *Sinceramente, se trabalho com alfabetização científica, faço sem saber que estou fazendo. Pelos seus questionamentos (referindo-se às perguntas feitas pelo pesquisador), acho que proponho alguma coisa neste sentido.*

Prof. H: *Realmente nunca trabalhei com alfabetização científica até porque ingressei no magistério este ano. Preciso estudar este assunto.* (grifo nosso)

Foi necessário também retomar a leitura, estudo e ressignificação da BNCC, bem como sua pretensa neutralidade, visando construir uma visão mais crítica e reflexiva nos docentes. Algumas falas dos docentes em formação mostram esse avanço.



Prof.^a G: *Hoje eu não vejo a Base com neutralidade, pois a forma como olhamos ela através de um olhar investigativo nos faz refletir, ela possui intencionalidade.*

Prof. H: *Ficou bem claro nos debates que a Base não é neutra. Alguns escreveram. Como escreveram? Existem pontos como a transposição da 2^a para 3^a versão que precisam maior aprofundamento. Acho que a BNCC deveria ser um documento em trânsito, revista, reinterpretada, readaptada, ajustada anualmente.*

Prof.^a D: *Precisa sentar e analisar a Base. No papel é muito bonita, mas na hora da prática é difícil contemplar os objetos de conhecimento, as habilidades e a nossa realidade.*

Para começar a introdução de temas de Ciências, sugerimos atividades com a utilização de um tubo de PVC, um retalho de cobertor de lã e pequenos pedaços de papéis, e propusemos o seguinte problema para os professores: é possível, mesmo estes papéis não possuindo assas, voarem na direção do cano? Solicitamos que levantassem hipóteses para a solução do desafio. Observamos que pela primeira vez na formação os professores assumiram uma atitude de estudantes: vários falavam ao mesmo tempo, outros trocavam mensagens pelo WhatsApp etc. Depois de se acalmarem, solicitamos que registrassem as hipóteses levantadas, e perguntamos como seria possível testar as hipóteses. Procedemos, então, à demonstração experimental e propusemos algumas questões sobre o assunto, que foram discutidas posteriormente, de forma assíncrona.

Esse ponto foi retomado em outros encontros, em que se questionou se era possível movimentar um filete de água utilizando um bastão de PVC atritado. O propósito ainda não era o de construir uma sequência didática, e sim mostrar a importância de começar uma aula Ciências a partir de uma situação-problema. A ideia era incentivar os professores a replicarem estas e outras atividades e demonstrações nas suas próprias aulas, imprimindo aos alunos curiosidade, engajando-os na proposição e teste de hipóteses na direção de uma alfabetização científica (Sasseron; Carvalho, 2008).



Em encontros posteriores discutimos um artigo, intitulado *Almejando alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo* (Sasseron; Carvalho, 2008), e solicitamos que os professores construíssem uma resenha sobre o artigo. O debate se estabeleceu em torno dos pontos por eles levantados: i) a alfabetização científica não é algo novo, ou seja, está sendo discutida há muito tempo; ii) possibilidade de ainda no ensino fundamental o próprio educando “fazer ciência” a partir da proposição, investigação e solução de problemas de forma crítica; iii) elencar indicadores de alfabetização científica.

Passamos, em encontros posteriores, a discutir com os professores o que seria uma sequência de ensino investigativa (Carvalho, 2010), sendo que as discussões eram acompanhadas de um problema experimental investigativo (ou demonstração investigativa) como, por exemplo, o ovo que flutua – consistia em levantar hipóteses, testar e sistematizar os conhecimentos.

Discutimos também o papel do professor em aulas investigativas. Algumas falas dos docentes mostram esse avanço.

Prof.^a A: *Trabalhar a partir de um problema, de uma pergunta, que trouxemos para os alunos, pois a partir dali conseguimos instigá-los, eles começam a ter mais interesse, eles se envolvem, todo o processo fica melhor.*

Prof.^a E: *Um dos papéis dos professores é instigar o pensar dos alunos, para isso vimos que a professora começou propondo um problema e ficou atenta a todo o movimento dos alunos.*

Prof.^a F: *Os problemas são fundamentais, pois geram dúvidas, que por sua vez puxa o interesse deles, eles vão avançando. A simples exposição não mantém o interesse, e é difícil de aprender. O professor precisa saber escolher o problema e os materiais concretos que serão utilizados. Não adianta um excelente problema, se os materiais não dão condições dos alunos resolveram. Ficou claro que precisamos selecionar os materiais.*



Foi solicitado o planejamento de sequências didáticas; depois as sequências foram discutidas, assim como se olhou quais objetos de conhecimento do ano em que trabalhavam (e.g., 3º e 4º anos do EF), que enfocavam tipos de energia e suas transformações. Algumas das sequências propostas, concluíram os professores, poderiam ser desenvolvidas em várias aulas, ou até mesmo ao longo de um trimestre. No processo de formação, alguns docentes fizeram uso de sequências didáticas por eles construídas (em formação), transpondo-as em suas turmas, através de adequações necessárias.

A análise do material – aulas gravadas, falas e sequências produzidas – permitiu construir as seguintes quatro categorias: 1) Diálogo com a realidade dos professores; 2) Qualidade das interações entre os professores; 3) Eixos estruturantes da alfabetização científica como referencial para analisar planos de ensino; 4) Ensino por investigação como abordagem didática, uma possibilidade potencial no chão da sala de aula e agente de transformação das práticas pedagógicas.

Foi possível perceber que a formação pareceu ter suprido lacunas de formação dos docentes em relação a Ciências, o que sugere a importância de estendê-la a outros contextos. A dinâmica e a abordagem utilizada na formação pareceu ter sido um fator importante para garantir a qualidade da interação entre os professores, pois estavam sempre procurando argumentos para construir explicações na tentativa de resolver as situações-problema relativas a conhecimentos específicos de Ciências, e de como ensiná-los em sala de aula.

Prof.^a A: *O importante das perguntas, minhas e dos colegas, é que conseguíamos avançar em relação ao senso comum, aprendíamos e nossas explicações eram lapidadas. Nós, professores, sempre nos preocupamos com as explicações, mas nesta abordagem elas são construídas coletivamente, não vêm prontas, não são dadas. Vamos construindo os saberes, pois a proposta didática nos investiga procurar argumentos para construir explicações.*



Foi perceptível que os eixos estruturantes da alfabetização científica se constituíram num referencial para o planejamento e avaliação de sequências de ensino investigativas. A partir do referencial teórico-metodológico assumido, foram três os eixos discutidos: i) a compreensão básica de termos e conceitos científicos fundamentais (conceitos-chave dos conteúdos curriculares da Ciência); ii) a compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circulam sua prática (ciência como um processo em construção); iii) o entendimento das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente (ciência como um processo não salvacionista, e que envolve aspectos sociais). Algumas falas dos professores em formação podem ser reveladoras da compreensão e aplicação desses eixos estruturantes da alfabetização científica nas tarefas que marcaram a formação continuada.

Prof.^a E: Apresentar a proposta para os colegas era importante, principalmente porque todos eles buscavam identificar os eixos estruturantes da alfabetização científica. Algumas perguntas eram recorrentes: onde está o segundo eixo? Além de apresentar a proposta precisávamos indicar em quais atividade estavam os eixos. Quando os colegas diziam que trabalhariam de outra forma, ou que tinham lido algo a respeito, mas que ainda não tinham aplicado, traziam visões que contribuíam.

Prof.^a A: Sentia orgulho em apresentar a proposta investigativa, era a minha proposta. Era o momento de mostrar para os colegas como articulamos os eixos estruturantes. Todos os apontamentos ou as tentativas de apontamentos levavam em consideração um referencial teórico.

Ao final, infere-se das falas e/ou de sequências didáticas discutidas o quanto vários elementos de uma abordagem didática investigativa estiveram presentes nas aulas de Ciências dos professores participantes, assim como demonstraram ter ocorrido transformações nas suas práticas didáticas. Tivemos vários indicativos de que a formação continuada transformou o dia a dia do professor



com relação às práticas relacionadas ao ensino de Ciências, e levou o ensino por investigação para o chão de suas salas de aula. Desta forma, uma vez mais, destacamos a importância da formação continuada como condição para que conceitos de Física possam ser, efetivamente, discutidos e introduzidos nos anos iniciais do ensino fundamental, através de um ensino por investigação que faça sentido aos alunos.

A formação continuada também propicia momentos de reflexão sobre a prática, prepara para assumir posições mais firmes em relação às políticas públicas educacionais, ajuda a identificar e suprir lacunas de formação em conteúdos de Ciências, e descontina novas maneiras e novos olhares sobre como ensiná-los. Em vários momentos foi possível perceber que e como se manifestava a autonomia, a reflexão dos professores, assim como surgia alguma dose do componente artístico, como improvisação, tentativa, intuição, criatividade, adaptação (Contreras, 2002).

Utilizando palavras de Larrosa (2018, p. 19), "um curso é um trabalho coletivo, público, feito com os outros e diante dos outros, e não há leitura ou escrita que não envolva a escuta, o comentário, o contágio e o estímulo mútuo". Foi assim que percebemos a formação, pois participamos, experimentamos, vivenciamos, dialogamos, discutimos, construímos, desconstruímos, sempre mediados pelo "ensino por investigação", enquanto abordagem didática viável, como assumida na investigação de Sasseron (2008, 2018).

5. COMPREENDENDO A PERCEPÇÃO DE DOCENTES DE CIÊNCIAS DOS ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL SOBRE A FORMAÇÃO CONTINUADA: O QUE DIZEM TRÊS ANOS DEPOIS?

Passados três anos desde a aplicação da formação continuada que introduziu o ensino por investigação e conceitos da alfabetização científica a um grupo de docentes que lecionam Ciências nos anos iniciais do EF em Santana do Livramento, RS, retomamos os contatos e realizamos entrevista com quatro desses docentes. O objetivo foi compreender a percepção atual dessa vivência e as implicações da formação continuada oferecida. As perguntas foram organizadas por eixos temáticos: i) Impacto da formação continuada; ii) Ensino por Investigação e alfabetização científica; iii) Objetos de Conhecimento da BNCC e suas abordagens; iv) Condições de trabalho e desafios e, v) Avaliações e Sugestões. Participaram das entrevistas três professoras (Prof.^a W, Prof.^a Y e Prof.^a Z) e um professor (Prof. X).

EIXO 1 – IMPACTO DA FORMAÇÃO CONTINUADA

Sob olhar do impacto da formação continuada, a prof.^a W – hoje integrante da Coordenação Pedagógica da Secretaria Municipal de Educação – compartilhou, em entrevista realizada em julho/2025, percepções que evidenciam efeitos duradouros da proposta, especialmente em relação à segurança no ensino de Ciências e à consolidação de práticas investigativas, ao afirmar que “o que mais me marcou foi a possibilidade de trabalhar com o Ensino de Ciências com segurança”. Além do fortalecimento da confiança parece ter havido



uma ampliação dos repertórios pedagógicos que permitiram reorganizar o planejamento didático. Prof.^a W: *“conseguimos organizar melhor o planejamento, seja ele de cunho investigativo ou não. Além disso, todo o planejamento pode iniciar a partir de uma investigação científica e utilizá-lo para o ensino da disciplina”*.

A fala da prof.^a Z permite inferir transformações em sua prática docente, uma vez que ela reconhece que antes da formação continuada, ela que atua nos anos iniciais do EF, mantinha centralidade nas áreas de Língua Portuguesa e Matemática. Prof.^a Z: *A gente que trabalha com a alfabetização nos anos iniciais, trabalha muito com a questão da escrita e da Matemática, parece que não precisava trabalhar, aprofundar outras disciplinas como Ciências*.

Trata-se de uma percepção comum dos docentes dos anos iniciais, de que Ciências muitas vezes é negligenciada em função das pressões por resultados nas áreas consideradas “prioritárias” (Português e Matemática). A professora relata que passou a adotar “outra visão que a formação nos trouxe”, a de incluir sistematicamente o ensino de Ciências na rotina pedagógica, e acrescenta que isto trouxe efeitos positivos nas demais áreas, gerando mais engajamento dos estudantes. Prof.^a Z: *“Fiquei surpresa que ao trabalhar Ciências na proposta da formação [referindo-se à formação continuada] até o trabalho com as outras disciplinas renderam mais”*.

Outro ponto marcante de sua fala é a mudança no seu próprio papel como professora. Reconhece que antes da formação adotava uma postura tradicional (“...eu era muito tradicional”), mas que, com o tempo, passou a desenvolver atividades que valorizam a autonomia e a curiosidade dos alunos: *“agora até eles mesmos trazem problemas que desejam resolver”*. A escuta ativa e a valorização das perguntas dos estudantes são características centrais do ensino por investigação, *“agora eu consigo ter este outro olhar, trabalhar a partir da investigação e como marca para os estudantes isso...”*.



A prof.^a Y revela na entrevista uma apropriação significativa da proposta de ensino por investigação, o que gerou uma transformação visível em sua prática pedagógica. Ao rememorar sua experiência na formação, relata com entusiasmo que “*O que me marcou é o quanto é prazeroso aprender Ciências a partir do ensino por investigação*”.

Ao trabalhar com crianças pequenas, ela disse que percebeu que era possível aplicar a metodologia mesmo em contextos iniciais, para abordar temas como “características dos materiais”, previsto na BNCC para o 1º ano. Prof.^a Y: “*Como exemplo, um dia eles precisaram descobrir quem era a professora que estava fantasiada de Cuca. Levantaram hipóteses a partir das características que visualizavam até chegarem a uma conclusão*”

A formação continuada também representou um marco em seu desenvolvimento profissional: “*meu primeiro contato com ensino por investigação foi durante a formação continuada*”, o que ampliou significativamente seus conhecimentos nas unidades temáticas Matéria e Energia e Terra e Universo. Prof.^a Y: “*Aprendi até mesmo acompanhando o meu desenvolvimento e das demais professoras e professor, o quanto crescemos em termos de conhecimento*”.

O prof. X destacou a descoberta e valorização do ensino por investigação como a principal marca da formação continuada recebida. Percebeu também a viabilidade dessa abordagem nos anos iniciais, ajudando a superar uma concepção tradicional de ensino. Prof. X: “É possível de maneira prazerosa tanto para o educador quanto para o educando aprender Ciências a partir deste tipo de movimentação didática”.

O professor evidenciou ter incorporado diversas estratégias investigativas à sua prática docente: “*utilizo muito o laboratório investigativo, a demonstração investigativa e a leitura investigativa*”. Seu relato sugere que a formação continuada lhe ofereceu subsídios concretos para reorganizar sua metodologia e ampliar o repertório de recursos utilizados em sala de aula, promovendo maior



protagonismo dos alunos: *"não sabia que o ensino por investigação poderia auxiliar na promoção da alfabetização científica que está contemplada na BNCC"*.

Em suma, todos os docentes entrevistados indicaram impactos positivos e duradouros da formação continuada, especialmente oferecendo segurança e os instrumentalizando para tratar de temas de Ciências em suas aulas, para além de Português e Matemática.

EIXO 2 – ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

A compreensão do "ensino por investigação" foi ponto central na fala da prof.^a W, ao afirmar que *"passou a fazer parte do meu planejamento corriqueiramente desde a formação"*. Ela descreve a abordagem didática como um processo que, *"Começa pelo conhecimento popular que os estudantes trazem na sua bagagem e, a partir disso, o professor consegue mediar e aprofundar a investigação, trazendo elementos científicos"*.

Relatou também que se sentiu mais preparada para propor situações investigativas. Prof.^a W: *"Os eixos estruturantes da alfabetização científica auxiliam o professor a propor situações de investigação científica e, além disso, o próprio professor, a partir da investigação com os alunos, pode descobrir e aprender simultaneamente"*.

Disse que passou a utilizar o "laboratório investigativo", complementado em certas ocasiões, pela *"demonstração investigativa, conforme a natureza do problema"*.

A prof.^a Y afirmou que o ensino por investigação se tornou parte estruturante de seu trabalho docente: *"vejo o ensino por investigação como uma realidade no meu fazer pedagógico"*. Além disso, demonstrou flexibilidade metodológica ao relatar que adaptou a



abordagem: *“com a devida adequação também utilizei para promover a alfabetização matemática”*.

Sobre a alfabetização científica, destacou que antes de avaliar seus alunos, precisou refletir sobre sua própria formação: *“primeiro precisei aprender o que significa alfabetização científica para avaliar se sou alfabetizada”*. Ela enxerga esse processo como contínuo e centrado na argumentação. Prof.^a Y: *“Estou construindo minha alfabetização científica a partir do entendimento que a argumentação é o fator principal neste processo”*.

Mesmo atuando com crianças pequenas, percebe que seus estudantes *“conseguem ir construindo seus posicionamentos no desenvolvimento das atividades investigativas”*.

O prof. X demonstrou uma compreensão refinada do ensino por investigação, ampliando-o para além da disciplina de Ciências. Prof. X: *“Compreendo o ensino por investigação como mobilizador fundamental da minha prática pedagógica não somente em ciências como em Matemática, História...”*

Em sua prática, ele descreve o uso sistemático de estratégias como *“laboratório investigativo, demonstração investigativa e leitura investigativa”*, sempre iniciando com uma questão-problema. Esta forma de estruturar as aulas indica alinhamento com os princípios da alfabetização científica, especialmente no que diz respeito ao desenvolvimento do pensamento crítico e da argumentação. Prof. X: *“A maior manifestação que um educando está sendo alfabetizado cientificamente é sua capacidade de construir argumentação. Isso eu verifico e me deixa realizado”*.

Essa percepção está em consonância às ideias de Sasseron e Carvalho (2008), que apontam a capacidade argumentativa como um dos principais marcadores da alfabetização científica.

EIXO 3 - OBJETOS DE CONHECIMENTO DA BNCC E SUAS ABORDAGENS

A prof.^a W informou ter trabalhado, a partir da formação, com objetos de conhecimento contidos nas unidades temáticas “Terra e Universo” e “Matéria e Energia”, da BNCC para os anos iniciais. Ela descreve a experiência como “única, cativante tanto para mim quanto professora quanto para os alunos. Eles se envolviam muito nas atividades”.

Embora tenha relatado dificuldades anteriores com o conteúdo de Física, avalia que “os temas ficaram mais leves de serem abordados”. Considera que “a formação foi um divisor de águas nas aulas, principalmente no ensino de Ciências”.

A prof.^a Y relatou que trabalha frequentemente com as unidades temáticas da BNCC, especialmente “Matéria e Energia”, e que “os resultados são excelentes e prazerosos” quando a abordagem investigativa é utilizada.

Em relação ao ensino de Física nos anos iniciais, apontou que seu conhecimento prévio era reduzido, mas que a formação foi determinante. Prof.^a Y: “Comecei a superar as dificuldades durante a formação, percebendo que eu não precisava saber tudo, mas que precisava saber muito bem o que eu iria me propor a trabalhar”.

O ensino por investigação auxiliou em sua aprendizagem: “me ajudou a aprender Física”.

Ao tratar os conteúdos previstos na BNCC, o prof. X relatou uma mudança importante na forma de trabalhar unidades temáticas como “Terra e Universo” e “Matéria e Energia”. Prof. X: “Aprendi realmente como trabalhar o ensino por investigação e aprendo sobre os objetos de conhecimento apresentados na BNCC realizando o ‘meu próprio’ ensino por investigação”.

A fala revela um movimento autoral e de apropriação ativa dos conteúdos curriculares, fruto da formação recebida.

EIXO 4 - CONDIÇÕES DE TRABALHO E DESAFIOS

Apesar do avanço em suas práticas pedagógicas, a prof.^a W mencionou obstáculos institucionais e estruturais que dificultam a plena adoção da abordagem investigativa. Prof.^a W: *"Uma dificuldade encontrada é referente à falta de materiais para trabalhar com o laboratório investigativo, o que faz muitas vezes migrar para demonstração investigativa"*.

Outro desafio apontado foi a resistência de algumas equipes gestoras: *"por vezes, ao verem o movimento dos estudantes, entendem como 'perda de tempo', enquanto deveriam estar estudando"*.

Contudo, destacou a importância da formação continuada frente ao seu atual cargo na Secretaria Municipal de Educação, como espaço de proposição de mudanças.

Prof.^a W: *Tive a oportunidade de participar da construção do Documento Orientador das Escolas Integrais em Tempo Integral do município e propor a alfabetização científica na grade curricular semanalmente desde o 1º ao 9º ano do ensino fundamental.*

Prof.^a Y: *Não precisei de apoio da gestão, pois não solicitei. Apenas comecei a implantar o que estava discutindo e aprendendo na formação continuada.*

O professor Y reconheceu que muitas das estratégias que já aplicava se aproximavam do ensino por investigação, embora não as nomeasse assim à época. Apontou como desafios, principalmente, a escassez de recursos materiais: *"ter acesso a recursos materiais em número suficiente para que eu não fique gastando o meu salário"*. Acrescentou que, em alguns casos, a proposta gerou estranhamento

entre os pais: "alguns pais vieram à escola para buscar entender o que as crianças estavam fazendo, mas aceitaram a proposta".

O prof. X foi bem-humorado e crítico ao falar sobre o apoio de gestão "*o grande apoio foi que a gestão não atrapalhou*". A fala sintetiza uma realidade enfrentada por muitos docentes, isto é, não encontrar obstáculos por parte da gestão já é considerado um tipo de apoio. Tal percepção revela o quanto a autonomia docente é fundamental, mas também o quanto ela poderia ser fortalecida com/por políticas institucionais mais proativas. Ele também apontou a falta de materiais concretos como uma dificuldade. Prof. X: "Às vezes me falta material concreto em número suficiente para propor o laboratório investigativo. Daí tenho que optar pela demonstração investigativa".

A diferença entre essas estratégias é destacada de maneira crítica, pois enquanto na demonstração investigativa o professor manipula os objetos, no laboratório investigativo "*os educandos manuseiam, se envolvem*". Esse comentário explicita o desejo do professor por uma prática mais centrada nos alunos, em que o protagonismo discente seja efetivamente garantido.

EIXO 5 - AVALIAÇÕES E SUGESTÕES

Ao avaliar a formação recebida, a prof.^a W sugeriu melhorias no formato dos encontros: "*que todos os encontros pudessem ter sido presenciais. Seria mais produtivo ainda*". Apontou a necessidade de uma nova edição da formação, considerando a entrada de novos professores na rede municipal de Santana do Livramento: "*foi realizado concurso e nomearam muitos professores novos que não tiveram a oportunidade de participar*". Prof.^a W: "Sim, inclusive porque *foi proposto no Documento Orientador da Escola Integral em Tempo Integral do município o compromisso com a Alfabetização Científica (AC)*" (grifo nosso).



A prof.^a W revela, assim, uma trajetória de apropriação crítica da formação recebida, além do compromisso com a ampliação da alfabetização científica nas políticas educacionais locais.

Ao refletir sobre a formação continuada recebida, a prof.^a Y retomou uma sugestão compartilhada por seus colegas, a de ter “(...) *mais encontros presenciais*”. Também manifestou seu crescente interesse por Ciências: “*acabei me encantando por Ciências. Quem sabe mais formações nesta área*”.

Em sua avaliação da formação continuada, o prof. X validou falas de seus colegas: “*faltou mais encontros presenciais. Isso não é uma crítica, apenas uma constatação pois na época estávamos saindo de um período pandêmico*”. Sua fala demonstra sensibilidade com o contexto vivido à época, mas também reforça a importância do contato direto e da troca presencial entre educadores em processos formativos.

Quanto aos temas que gostaria de ver abordados em futuras formações, mencionou o desejo de ter aprofundamento da abordagem investigativa, a associando à capacidade de resolver problemas reais do cotidiano escolar. Ele exemplificou com uma situação concreta: “*o corredor da nossa escola é muito escuro embora tenhamos mais de 12 lâmpadas funcionando*”. Ao propor que esse problema poderia ser abordado pedagogicamente, o professor revela uma visão integrada entre Ciência, espaço escolar e resolução de problemas contextuais, o que sugere uma apropriação da abordagem investigativa mais crítica e contextualizada.

Por fim, ele enfatizou a importância da continuidade da formação, “*na minha escola somos vários educadores que entraram no último concurso e apenas eu fiz formação nesta área*”. Sua fala chama a atenção para a necessidade de ofertas sistemáticas e regulares de formação continuada, de modo que possa haver aprofundamento e que mais docentes possam aplicar abordagens, como o ensino por investigação, em sua prática pedagógica.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As entrevistas recentes realizadas com quatro docentes que participaram da formação continuada oferecida em 2021, objeto do Estudo II desenvolvido junto a professores da rede municipal de Santana do Livramento/RS, permitem compreender melhor os efeitos daquela proposta formativa, implementada em um contexto pós-pandêmico, ainda marcado pelo ensino remoto. A formação ocorreu de forma híbrida, com encontros síncronos e assíncronos, e fundamentada por dois referenciais teóricos: a autonomia docente, segundo Contreras (2002), e o ensino por investigação como via para a alfabetização científica, conforme Sasseron (2008, 2018).

Ao triangular os dados dos cinco eixos temáticos, percebe-se que a formação gerou impactos positivos, especialmente no plano pedagógico. Um dos aspectos recorrentes nas falas dos docentes foi o fortalecimento da confiança profissional e o reposicionamento da disciplina de Ciências nos planejamentos e nas práticas pedagógicas, pois antes os professores priorizavam Português e Matemática. Depois da formação passaram a incorporar temas de Ciências, implementando abordagens investigativas.

O ensino por investigação emergiu como elemento estruturante nas falas dos entrevistados. Relataram maior segurança na mediação de situações investigativas, demonstram apropriação das estratégias discutidas durante a formação, como o uso do laboratório investigativo, da demonstração investigativa e da leitura investigativa. Tais práticas foram utilizadas para promover a curiosidade, desenvolver a argumentação e a construção de hipóteses pelos estudantes. Estes são elementos centrais no processo de alfabetização científica. A capacidade de argumentar, conforme apontado por mais de um docente, foi compreendida como um dos principais indicadores do desenvolvimento científico das crianças, resultado alinhado a Sasseron e Carvalho (2008).



A análise das falas permitiu identificar uma transformação na identidade docente. A formação oferecida no Estudo II (Rodrigues, 2022) parece ter provocado deslocamentos na forma como os professores se veem e atuam. Na visão Contreras (2002), observa-se o fortalecimento de uma postura mais autônoma e reflexiva sempre que as escolhas pedagógicas são conscientes e fundamentadas. Mesmo com limitações, materiais e institucionais, os docentes demonstraram posturas de resiliência e compromisso com a transformação de suas práticas.

Sem dúvida, as condições de trabalho são um desafio. Os entrevistados mencionaram a escassez de recursos materiais, bem como a falta de apoio por parte das equipes gestoras, como uma dificuldade. Contudo, foi revelador perceber como, em alguns casos, foi possível alcançar liberdade pedagógica para implementar as práticas investigativas sem muita interferência. Daí a importância de políticas públicas que garantam condições efetivas à autonomia e ao protagonismo docente, para além da resiliência individual.

Outro ponto positivo foi perceber a defesa da ampliação da formação, seja no sentido de haver a oferta de novas edições, alcançando docentes recém-ingressados na rede municipal, seja para a ter continuidade formativa aos que já vivenciaram a experiência inicial. Nesse sentido, houve reconhecimento da importância da formação continuada em seu papel transformador, bem como na assunção da alfabetização científica como um compromisso coletivo da rede municipal. Encontros presenciais foram valorizados por todos, o que indica o valor da interação e trocas na construção coletiva do conhecimento experencial do professor.

Foi possível reconhecer a eficácia da proposta formativa, sua capacidade de promover mudanças duradouras, sua contribuição na atualização dos saberes pedagógicos dos participantes, mas também dos saberes de Ciências, promovendo práticas mais investigativas, reflexivas e conectadas com a realidade dos estudantes.

Dessa forma, reafirma-se que investir em formação continuada, fundamentada em referenciais críticos e metodologias mobilizadoras e participativas, é essencial para o fortalecimento da educação científica nos anos iniciais do EF, para a atualização pedagógica, para a apropriação de novas estratégias didáticas no ensino de Ciências, e, com isso, para a valorização do ofício de professor, bastando que haja espaço, escuta e intencionalidade formativa.

REFERÊNCIAS

- BERTOLDI, A. Alfabetização científica versus letramento científico: um problema de denominação ou uma diferença conceitual? **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 25, p. 1-17, 2020.
- BRANCO, E. P.; BRANCO, A. B. G.; IWASSE, L. F. A.; ZANATTA, S. C. BNCC: a quem interessa o ensino de competências e habilidades? **Debates em Educação**, Maceió, v. 11, n. 25, p. 155-171, 2019.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria da Educação Básica. Conselho Nacional da Educação, 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/>. Acesso em: 09 jun. 2025.
- CABRAL, L. M.; JORDÃO, R. S. Base Nacional Comum Curricular: Ciências e Multiculturalismo. **Revista e-Curriculum**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 111-136, 2020.
- CAMPOS, B. S.; FERNANDES, S. A.; RAGNI, A. C. P. B.; SOUZA, N. F. Física para crianças: abordando conceitos físicos a partir de situações-problema. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 34, n. 1, 2012.
- CARVALHO, A. M. P. As condições de diálogo entre professor e formador para um ensino que promova a enculturação científica dos alunos. In: DALBEN, A. I. L. F.; PEREIRA, J. E. D.; LEAL, L. F. V.; SANTOS, L. L. C. P. (Orgs.). **Convergências e tensões no campo da formação e do trabalho docente**: Educação Ambiental – Educação em Ciências – Educação em espaços não-escolares – Educação Matemática. Belo Horizonte: Autêntica, 2010.
- CONTRERAS, J. **A Autonomia de Professores**. Tradução de Sandra Trabucco Valenzuela. São Paulo: Cortez, 2002.

CUNHA, R. B. Alfabetização científica ou letramento científico? Interesses envolvidos nas interpretações da noção de scientific literacy. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 68, p. 169-186, 2017.

FLORÊNCIO, P. C. S.; MELO, L. P.; BARROS, V. C. B. L.; FIREMAN, E. C. Iniciação à ciências na Educação Infantil: ar e vento em uma sequência de atividades investigativas. **REXE**, v. 24, n. 55, p. 26-42, 2025.

GONÇALVES, R. M.; MACHADO, T. M. R.; CORREIA, M. J. N. A BNCC na contramão das demandas sociais: planejamento com e planejamento para. **Revista Práxis Educacional**, Vitória da Conquista, v.16, n. 38, p. 338-351, jan./mar. 2020.

LARROSA, J. **Esperando não se sabe o quê:** sobre o ofício de professor. 1^a ed. Belo Horizonte: Editora Autêntica, 2018.

LIBÂNEO, J. C.; OLIVEIRA, J. F.; TOSCHI, M. S. 10^a ed. **Educação Escolar:** Políticas, Estrutura e Organização. São Paulo: Cortez Editora, 2012.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual discursiva.** 1^a ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2007.

PEREIRA, C. C.; PINHEIRO, J. U.; FEITOSA, F. A. R. A BNCC no descompasso entre o ideal do currículo formal e interposições do currículo real. **Debates em Educação**, Maceió, v. 11, n. 25, p. 345-364, 2019.

PONCE, B. J.; ARAÚJO, W. A justiça curricular em tempos de implementações da BNCC e de desprezo pelo PNE (2014-2024). **Revista e-Curriculum**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 1045-1074, 2019.

RODRIGUES, M. A. T. **Formação Continuada de Professores dos Anos Iniciais:** problematizando a BNCC, utilizando o ensino por investigação na abordagem da Ciência e para o desenvolvimento de intelectuais reflexivos. Tese (Doutorado em Ensino de Física). Programa de Pós-Graduação em Ensino De Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.

SARMENTO, D. F.; MENEGAT, J. O currículo como dispositivo orientador dos processos de ensino e de aprendizagem no ensino fundamental. **Interfaces da Educação**, Paranaíba, v. 11, n. 32, p. 489-514, 2020.

SASSERON, L. H. **Alfabetização Científica no Ensino Fundamental:** Estrutura e Indicadores deste processo em sala de aula. Tese (Doutorado em Educação). Programa de Pós-Graduação em Educação. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SASSERON, L. H. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

SASSERON, L. H. Ensino de Ciências por Investigação e o desenvolvimento de Práticas: uma mirada para a Base Nacional Comum Curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p. 1061-1085, 2018.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SAVIANI, D. Organização da Educação Nacional: Sistema e Conselho Nacional de Educação, Plano e Fórum Nacional de Educação. **Educ. Soc.**, Campinas, v. 31, n. 112, p. 769-787, 2010.

SCHROEDER, C. A importância da física nas quatro primeiras séries do ensino fundamental. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 89-94, 2007.

SOUZA, R. A.; LANFRANCO, A. C. P. M.; FORTUNATO, I. Ensino de Física nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental: um estado do conhecimento. **Revista Brasileira de Iniciação Científica (RBIC)**, Itapetininga, v. 7, n. 5, p. 42-57, 2020.

TARLAU, R.; MOELLER, K. O Consenso por Filantropia: Como uma fundação privada estabeleceu a BNCC no Brasil. **Currículo sem Fronteiras**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 2, p. 553-603, 2020.

VIEIRA, A. B.; PILOTO, S. S. F. H.; RAMOS, I. O. Base Nacional Comum Curricular: tensões que atravessam a Educação Básica e a Educação Especial. **Educação**, Porto Alegre, v. 42, n. 2, p. 351-360, 2019.

2

Ramon Goulart da Silva
Fernanda Ostermann
Claudio J. H. Cavalcanti

QUEM ESTAMOS FORMANDO?

A EDUCAÇÃO BÁSICA BRASILEIRA
E O PERFIL DE SUJEITO NA
ERA DA GLOBALIZAÇÃO

1. AS PREMISSAS DO SUJEITO GLOBALIZADO

A educação ocupa um lugar central na organização de qualquer sociedade, sendo não apenas um direito fundamental, mas também uma das principais ferramentas de inserção dos indivíduos no mundo do trabalho, nas relações políticas e na vida cultural.

Nesse sentido, o sistema educacional torna-se um dos pilares fundamentais para o desenvolvimento de um país, influenciando diretamente seu desempenho econômico e sua posição no cenário internacional. A maneira como é estruturada a educação diz muito sobre os interesses priorizados e o tipo de sociedade que se pretende consolidar.

Além disso, todo processo educacional tem, em sua essência, o objetivo de formar sujeitos; educar, antes de tudo, é um ato de formação. A pergunta fundamental que se impõe, então, é: qual o perfil de sujeito que o sistema educacional atual busca promover?

Responder esta questão envolve, primeiramente, considerar que a formação desse perfil não é acidental, mas resultado direto das diretrizes das políticas educacionais, que operam em conjunto para garantir sua efetivação e ampliar sua influência por meio da exigência de critérios mínimos a serem cumpridos e monitorados com um sistema de avaliações em larga escala, com diretrizes para formação docente, materiais didáticos e currículos que se alinham com esse ideal de cidadão. Assim, qualquer tentativa de ruptura ou desvio em relação a esse modelo tende a ser estigmatizada, pois encontra-se no contrafluxo do processo educacional institucionalizado.

É evidente que essa dinâmica de caráter impositivo entra em tensão direta com a noção de autonomia docente no espaço da sala de aula. Como destacam Saviani e Duarte (2010), uma



educação legítima precisa reconhecer os sujeitos como seres livres, dotados da capacidade de intervir na formação de outros indivíduos que se encontram em diferentes estágios de maturação humana. Esses outros, por sua vez, também são livres, ocupando a posição de educandos, e, portanto, podem também resistir a determinados processos formativos. Nessa perspectiva, a educação é compreendida como um processo essencialmente formativo e dialógico, sustentado pelo intercâmbio entre diferentes posições epistemológicas dos agentes envolvidos.

O perfil de sujeito pretendido pelos documentos oficiais se revela por meio das competências, habilidades e finalidades educativas que orientam as políticas curriculares. Educar, neste contexto normativo, é guiar alguém em uma direção previamente definida, pois não se ensina sem um propósito, e este carrega consigo uma intencionalidade formativa.

Intencionalidade esta que é determinante para separar conteúdos considerados “importantes” daqueles considerados “dispensáveis”. Delineia-se um modelo de cidadão a ser formado, no qual a conceitualização de “utilidade” torna-se uma construção social e política. Afinal, útil para que e para quem? As respostas a essas perguntas revelam os interesses que sustentam determinados métodos e conteúdos em detrimento de outros, e nos ajudam a compreender por que certos conhecimentos são privilegiados enquanto outros tendem a ser relegados.

No Brasil, atualmente, a BNCC é a principal política educacional em andamento. Por isso, suas orientações refletem o perfil de cidadão que se deseja formar, seguindo suas diretrizes. Com base na valorização da pedagogia das competências e na proposta de um ensino personalizado, a reforma surge como uma aparente solução para os elevados índices de evasão escolar no Ensino Médio. Sustenta-se no discurso de que a adequação do currículo às demandas individuais de cada estudante aumentaria a utilidade do que se



ensina e aprende (Costa, 2024). Nesse contexto, o documento enfatiza a formação de sujeitos autônomos, críticos e protagonistas de suas próprias trajetórias, ao mesmo tempo em que incentiva o ensino técnico e o empreendedorismo como caminhos proeminentes para a inserção em uma atividade profissional.

Dessa forma, o documento se apresenta como uma proposta de integração dos jovens ao mundo do trabalho em um contexto de elevado desemprego e acentuada desigualdade social. Aliado a uma narrativa de insatisfação generalizada com o sistema educacional e a suposta urgência de reformar a formação para a cidadania, constrói-se um discurso retoricamente eficaz que, à primeira vista, favorece a legitimação social e política da BNCC, conforme expressam os enunciados a seguir:

[...] a BNCC propõe a superação da fragmentação radicalmente disciplinar do conhecimento, o estímulo à sua aplicação na vida real, a importância do contexto para dar sentido ao que se aprende e o protagonismo do estudante em sua aprendizagem e na construção de seu projeto de vida (Brasil, 2018, p. 15).

No entanto, uma análise isolada e restrita aos enunciados formais de uma reforma educacional pouco revela sobre sua complexidade. Em geral, tais textos são construídos de modo a facilitar a adesão das escolas e dos sistemas de ensino, enfatizando benefícios e ocultando tensões e conflitos subjacentes em uma linguagem estratégica, voltada à legitimação do projeto político que sustenta a reforma. Nesse contexto, destaca-se a contribuição do pesquisador britânico Stephen Ball (Bowe; Ball; Gold, 1992; Ball, 2018; 2022), ao enfatizar a necessidade de se compreender o contexto de influência que molda as políticas educacionais. Segundo o autor, tais políticas não surgem de forma neutra, mas são atravessadas por disputas de poder envolvendo diversos atores e instituições; entre eles governos, partidos políticos, organismos internacionais, fundações privadas e organizações filantrópicas. Esses diferentes agentes competem

entre si para ocupar posições de autoridade e legitimar suas visões sobre o que deve ser a educação e, nesse espaço de disputa, se constituem os discursos hegemônicos responsáveis por orientar reformas e estruturar os demais aspectos das políticas públicas no campo educacional.

Sendo assim, analisar uma reforma educacional implica adentrar uma complexa rede de interesses, disputas e finalidades, atravessada por relações de poder que buscam moldar determinadas concepções de cidadania e de participação social (Ball, 2018). Para isso, o currículo desempenha um papel central, pois delinea o percurso educacional a ser trilhado desde os primeiros anos de escolarização até os estágios finais da formação básica, momento em que se espera que o indivíduo esteja apto a exercer seus direitos, deveres e a contribuir com o quadro social do país. O currículo mobiliza questões de elevada sensibilidade política e histórica, sendo capaz de instituir visões de mundo, produzir discursos, induzir práticas e posicionamentos, tanto em nível individual quanto coletivo, pois, dessa forma, ele se configura como um elemento estruturante da experiência social e da constituição dos sujeitos, pois:

No fundo das teorias de currículo está, pois, uma questão de "identidade" ou de "subjetividade". Se quisermos recorrer à etimologia da palavra "currículo", que vem do latim *curriculum*, "pista de corrida", podemos dizer que no curso dessa "corrida" que é o currículo acabamos por nos tornar o que somos. Nas discussões cotidianas, quando pensamos em currículo pensamos apenas em conhecimento, esquecendo-nos de que o conhecimento que constitui o currículo está inextricavelmente, centralmente, vitalmente, envolvido naquilo que somos, naquilo que nos tornamos: na nossa identidade, na nossa subjetividade (Silva, 2022, p. 15).

Uma política educacional, nesta perspectiva, é sempre a expressão das vozes de seus formuladores, de suas intenções e dos sentidos compartilhados sobre os fins da educação para com



a formação de nossos cidadãos. Assim, interrogações como: "Para que esta política foi criada? A quem ela se destina? Quais finalidades persegue? E em que concepções está fundamentada?" (Mainardes, 2018, p. 188), tornam-se indispensáveis para sua compreensão crítica.

Desta forma, entender os propósitos da BNCC envolve uma análise sobre o paradigma atual que orienta a formulação das políticas e que não envolve apenas o cenário local, pois no mundo atual vivemos em sociedades que se encontram interconectadas de tal forma que qualquer análise não consegue se limitar a uma nação isolada, sem que se considere os efeitos da globalização sobre ela.

De acordo com Libâneo, Oliveira e Toschi (2012, p. 33), a globalização pode ser definida como uma "gama de fatores econômicos, sociais e políticos que expressam o espírito da época e a etapa de desenvolvimento do capitalismo em que o mundo se encontra atualmente."

Motivada pelos avanços tecnológicos, principalmente em termos da microeletrônica, dos meios de transporte, da comunicação e da informação rápida, o processo de globalização afetou diretamente a maneira como se vive no mundo, sendo incluído neste paradigma os objetivos para a educação e para a formação de cidadãos em consonância com um determinado perfil de trabalhador.

É precisamente no conceito de globalização que:

[...] esconde-se a ideologia neoliberal, segundo a qual, para garantir seu desenvolvimento, a um país basta liberalizar a economia e suprimir formas superadas e degradadas de intervenção social, de modo que a economia por si mesma se define e seja criado, assim, um sistema mundial autorregulado (Libâneo; Oliveira; Toschi, 2012, p. 62).

Segundo os autores, o sistema capitalista tem demonstrado, ao longo da história, uma capacidade de adaptação às transformações globais de ordem econômica, que se expressa na oscilação



entre duas grandes macrotendências: o capitalismo concorrencial e o capitalismo estatizante.

O capitalismo concorrencial fundamenta-se na liberdade econômica e na autorregulação do mercado, promovendo a competitividade, a eficiência e a busca pela qualidade de serviços e produtos. Essa orientação é legitimada pela lógica da livre concorrência e pelo princípio de que o mercado, ao funcionar sem grandes interferências estatais, é capaz de garantir o bem-estar coletivo.

Em contraste, o capitalismo estatizante atribui ao Estado um papel central na formulação e condução da economia. Essa tendência pauta-se por ideais de igualitarismo social, priorizando o avanço da sociedade por meio de políticas públicas e da ampliação democrática do acesso à educação e às oportunidades, especialmente entre os grupos historicamente marginalizados.

Essas duas tendências revelam, em última instância, a presença de dois paradigmas que sustentam os diferentes projetos de modernização capitalista-liberal: o paradigma do livre mercado e o paradigma da igualdade. Ambos operam como molduras ideológicas que orientam a administração da vida social, ativando-se em momentos distintos conforme os interesses do capital.

Contudo, os autores ressaltam que, embora muitas vezes estes dois paradigmas se encontrem em posições antagônicas, eles compartilham origens comuns. Ambos derivam do Iluminismo e do liberalismo clássico, sendo o paradigma do livre mercado ancorado nas ideias mais conservadoras de John Locke e Adam Smith, articulando-se com a epistemologia positivista e ganhando força em contextos de capitalismo concorrencial. Já o paradigma da igualdade se inspira no pensamento de Rousseau e nos ideais democráticos da Revolução Francesa, emergindo em períodos de orientação estatizante do capitalismo.



Esse último paradigma orientou o capitalismo em um período entre 1945 e 1973, marcado por políticas de bem-estar social, fortalecimento dos serviços públicos e uma valorização da educação democrática. Nesse contexto, correntes como o liberalismo social, representado por autores como John Dewey, e a economia keynesiana de John Maynard Keynes.

A partir da crise do modelo keynesiano, na década de 1970, a hegemonia passou a ser assumida por um novo paradigma, o do neoliberalismo de mercado. Fundamentado nas ideias de Friedrich Hayek, esse paradigma ganhou força nos governos de Margaret Thatcher (1979–1990), no Reino Unido, e de Ronald Reagan (1981–1989), nos Estados Unidos. A tônica desse modelo é a racionalização da máquina pública, a ênfase na eficiência, a redução do papel do Estado e a expansão da lógica de mercado para todas as esferas da vida social, incluindo a educação.

Entretanto, como destaca Ball (2022, p. 42), essa tendência neoliberal não implica, necessariamente, o enfraquecimento completo do Estado:

O neoliberalismo não é simplesmente, como alguns escritores retratam-no, um processo de privatização, de individualização e de desgaste do Estado, embora sejam componentes importantes. O neoliberalismo também atua nas instituições do setor público e no Estado – de fato, o Estado é importante para o neoliberalismo como regulador e criador de mercado (Ball, 2022, p. 42).

Neste aspecto, a globalização impõe um reordenamento de mundo no paradigma da livre concorrência que se reflete em uma elaborada qualificação e capacidade de desempenho dos sujeitos diante de uma busca por resultados em um cenário de competitividade. A redução da interferência estatal também favorece a criação de uma maior responsabilização por conta destes resultados, cabendo assim aos cidadãos uma maior autonomia e empreendimento para que este se encontre sempre disponível e apto a realizar os serviços que são demandados, na qual:



Temos visto um novo individualismo, com indivíduos agora sendo considerados responsáveis por seu próprio “autocapitalizar” durante suas vidas. Menos foco tem sido dado ao bem comum e às preocupações da proteção social, e o mercado tem sido valorizado sobre o Estado, com mercado reforçado ou envolvimento do setor privado nos trabalhos do Estado (Lingard, 2009, p. 18 *apud* Ball, 2022, p. 24).

Esta lógica de individualização acaba por favorecer princípios empresariais como eficiência, qualidade, treinamento e otimização para solucionar questões políticas, inclusive aquelas relacionadas à educação. A gestão educacional se baseia em indicadores que apresentam, de um ponto de vista econômico, a definição para a qualidade de seus serviços. A busca por qualidade, nesse sentido, exige mecanismos de padronização curricular e de avaliação em larga escala¹, com vistas a monitorar, comparar e corrigir os sistemas de ensino conforme parâmetros definidos por instâncias nacionais e internacionais.

Impulsionadas por organizações multilaterais como o Banco Mundial e a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), estas reformas educacionais globais têm promovido a padronização de políticas educacionais em escala mundial, com foco na eficiência e na mensuração de resultados. De acordo com Freitas (2018), Ravitch (2011) e Verger (2012), essas reformas apresentam três características centrais: (1) a adoção de currículos prescritos baseados em competências universais, voltadas à formação de sujeitos adaptáveis à lógica global e ao mercado de trabalho; (2) a consolidação de sistemas de avaliação padronizados, que permitem mensurar e comparar desempenhos educacionais internacionalmente;

1 Precisamos também considerar que em contextos desiguais como o brasileiro, as avaliações são necessárias para revelar disparidades e negligências históricas nas políticas públicas. No entanto, o problema aqui abordado reside no uso dessas avaliações como forma de padronizar e controlar o trabalho educacional, culpabilizando professores e estudantes por falhas estruturais. A crítica necessária, portanto, não é à existência das avaliações, mas ao seu uso instrumental, em vez de voltado à transformação, sobretudo da escola pública.



e (3) a implementação de políticas de responsabilização das escolas e professores, pressionando por melhores resultados com base em metas e indicadores de desempenho.

2. A EMERGÊNCIA DOS PCN E OS PRIMEIROS SINAIS DA GLOBALIZAÇÃO EDUCACIONAL NO BRASIL

No Brasil, a aderência a este plano global de educação inicia na década de 1990, quando o País passava pelos primeiros anos de redemocratização após o regime militar e já sinalizava uma guinada em direção à padronização curricular e ao controle dos resultados educacionais. O artigo 210 da Constituição Federal de 1988, ao estabelecer uma “formação básica comum” respeitando os valores culturais e artísticos, nacionais e regionais, inaugurava uma abertura para diretrizes nacionais uniformizadas, enquanto se criavam os primeiros instrumentos de avaliação de larga escala, como o Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb).

A Conferência Mundial de Educação para Todos (1990) foi decisiva nesse processo de aderência aos padrões globais, orientando metas para países em desenvolvimento com foco na preparação dos sujeitos para o mercado de trabalho e no combate à pobreza. O Ministério da Educação passou então a definir as competências consideradas fundamentais para todos os estudantes, elaboradas no Plano Decenal de Educação para Todos (1993–2003).

Ao longo do documento, nota-se a forte ênfase na educação como ferramenta para o enfrentamento da pobreza e do analfabetismo, vinculando a escola à preparação para o mundo do trabalho

e ao desenvolvimento de habilidades que atendam às exigências do novo modelo econômico. Como se lê no Plano: "alterações correspondentes nas estruturas e modalidades de aquisição e desenvolvimento das competências humanas" (Brasil, 1993, p. 21) seriam necessárias para esse novo tempo. Além de padrões de aprendizagem, como:

[...] habilidades de comunicação e expressão oral e escrita, de cálculo e raciocínio lógico, estimulando a criatividade, a capacidade decisória, habilidade na identificação e solução de problemas e, em especial, de saber como aprender (Brasil, 1993, p. 37).

É impulsionado pelo Plano Decenal que se constituem no Brasil os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN).

A figura do aluno que se busca desenvolver nestes documentos oficiais passa a ser definida por características como a autonomia, o pensamento crítico e a capacidade de resolver problemas – habilidades compatíveis com as exigências do novo cenário produtivo e tecnológico. Como aponta Silva (2008), essa inflexão não é fruto do acaso, mas surge em um momento estratégico de reconfiguração do capitalismo, que na década de 1990 enfrenta um processo de adaptação aos avanços tecnológicos e, com isso, demanda um novo perfil de trabalhador.

Essa necessidade é reconhecida de forma explícita nos PCN, como demonstra o seguinte trecho:

Nas décadas de 60 e 70, considerando o nível de desenvolvimento da industrialização na América Latina, a política educacional vigente priorizou, como finalidade para o Ensino Médio, a formação de especialistas capazes de dominar a utilização de maquinarias ou de dirigir processos de produção [...]. Na década de 90, enfrentamos um desafio de outra ordem [...]. Não se trata de acumular conhecimentos. A formação do aluno deve ter como alvo principal a aquisição de conhecimentos básicos, a preparação científica e a capacidade de utilizar as diferentes tecnologias relativas às áreas de atuação (Brasil, 1999, p. 5).



Essa transformação ocorre no momento em que o modelo taylorista/fordista de produção, baseado na divisão rígida de tarefas e na repetição de funções simples, começa a se mostrar obsoleto diante das novas exigências do mercado. Surge o modelo de produção japonês conhecido como Toyotismo, caracterizado pela produção flexível e pela adaptação à demanda, em oposição à lógica da produção em massa.

O Toyotismo, ao incorporar tecnologias sofisticadas e propor a redução de estoques, o controle rigoroso do tempo e a personalização dos produtos, inaugura também uma nova exigência para o trabalhador: ele deve ser multifuncional, responsável, capaz de aprender continuamente.

Conforme analisa Silva (2008), o ideal de um trabalhador polivalente e adaptável à instabilidade produtiva acaba por influenciar diretamente os discursos e práticas pedagógicas, que passam a enfatizar a “educação ao longo da vida”, a capacidade de “aprender a aprender²”, e a internalização da responsabilidade individual pelo sucesso ou fracasso profissional.

Como aponta Silva (2017, p. 42), “conceitos como competência, qualidade, motivação são inerentes ao Sistema Toyota de produção e foram absorvidos pela educação nas bases ideológicas que sustentam os pilares da educação do século XXI”. A autonomia, a capacidade de comunicação, a crítica e a resolução de problemas são mobilizadas não como elementos de emancipação social, mas

2 A pedagogia do “aprender a aprender”, embora ganhe força nos documentos oficiais dos anos 1990, tem raízes no escolanovismo do Estado Novo, quando o País passava por um período de industrialização e necessitava de mão de obra mais especializada. Inspirada em correntes internacionais da psicologia e da pedagogia, a Escola Nova valorizava a Aexperiência ativa do aluno, mas conforme aponta Saviani (2008), sua implementação nas redes públicas foi limitada e desigual, resultando na precarização do ensino para as classes populares. Nos anos 1990, essa pedagogia é retomada sob nova forma, o “neoescolanovismo”, agora associada à lógica das competências e ao modelo produtivo Toyotista, visando formar trabalhadores adaptáveis para um mercado em constante atualização.



como qualificações estratégicas para atender às necessidades da economia globalizada.

A implementação dessas competências requer uma reorganização curricular, que foram ancoradas nos quatro pilares da educação propostos no Relatório Delors (1996): aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver juntos e aprender a ser. Essa estrutura insere-se em um paradigma que remonta às técnicas de ensino industrial, fazendo referência direta ao sistema de produção japonês (Silva, 2017).

A valorização do eixo “aprender a fazer”, por exemplo, reforça a centralidade da formação para o trabalho, como deixa claro Delors (1996, p. 94) ao afirmar que “a justaposição de trabalhos prescritos e parcelados deu lugar à organização em ‘coletivos de trabalho’ ou ‘grupos de projeto’ a exemplo do que se faz nas empresas japonesas: uma espécie de taylorismo ao contrário”.

Neste sentido, o apelo à interdisciplinaridade, enfatizado nos PCN, ganha contornos menos inovadores e mais funcionais. Embora apresentada como superação da fragmentação do conhecimento, ela é, na prática, instrumentalizada com o objetivo de resolver problemas concretos e de utilidade imediata para o mundo do trabalho. O que se apresenta como “ensino contextualizado” ou “adequado à realidade” esconde, na verdade, uma lógica que desvaloriza saberes não imediatamente aplicáveis, considerados “desperdício” do ponto de vista econômico.

O currículo é, assim, reorganizado por áreas do conhecimento reforçando uma abordagem que não é mais fragmentada, tal qual era a exigência de especialistas nos modelos anteriores, como o fordista. Como explicita o próprio documento: “a interdisciplinaridade tem uma função instrumental. Trata-se de recorrer a um saber diretamente útil e utilizável para responder às questões e aos problemas sociais contemporâneos” (Brasil, 1999, p. 21).



Porém, embora os PCN tenham sido elaborados para constituir uma base comum para a educação, não se tornaram diretrizes obrigatórias. A proposta de homologação foi rejeitada pelo CNE após críticas da comunidade acadêmica, optando-se por diretrizes mais gerais. Isso evidenciou a tensão entre a padronização curricular e a defesa da autonomia pedagógica, presente nos debates educacionais dos anos 1990.

Entretanto, essa mediação proposta pelo CNE não foi suficiente para conter o avanço de um projeto de centralização e tecnicização do ensino que, ao longo das décadas seguintes, ganharia força com o fortalecimento das políticas de padronização curricular, avaliação em larga escala e ensino por competências. Como observa Macedo (2014), vivia-se, naquele momento, o auge de um movimento que buscava estruturar a educação brasileira sob as diretrizes da racionalidade neoliberal, e que se aprofundaria com a promulgação da BNCC em 2018.

3. A RECONFIGURAÇÃO DA REFORMA: A BNCC E O NOVO ENSINO MÉDIO

Com a transição do governo de centro-direita (PSDB/PFL) para o Partido dos Trabalhadores (PT) no início dos anos 2000, esperava-se uma alternativa ao modelo hegemônico anterior, em um modelo mais voltado ao capitalismo estatizante. No entanto, apesar da mudança no executivo federal, este período é também marcado por uma crescente influência de atores privados e organizações não governamentais na política educacional brasileira. Esses grupos privados adaptaram suas estratégias de crescimento por meio da chamada “nova filantropia”, que adota uma lógica empresarial, trans-

formando doações em investimentos e controle sobre os recursos (Avelar e Ball, 2019).

É nesse cenário que se insere a atuação da Fundação Lemann no Brasil, cuja emergência e consolidação podem ser compreendidas à luz dessa lógica de filantropia estratégica e empresarial. Fundada em 2002 por Jorge Paulo Lemann, a instituição se mantém ancorada em diretrizes herdadas da década de 1990, especialmente no que diz respeito à gestão por resultados, à lógica avaliativa e à cultura da responsabilização.

Segundo Tarlau e Moeller (2020), a Fundação Lemann surge com a proposta de melhorar a educação pública brasileira por meio da eficiência gerencial, inovação técnica e articulação com o setor empresarial. Deste modo, é adotada uma estratégia de continuidade das reformas dos anos 1990, convidando, por exemplo, Paulo Renato Souza, ex-ministro da Educação durante o governo Fernando Henrique Cardoso e um dos principais idealizadores do modelo tecnocrático de reformas educacionais, para sua equipe. A fundação investe inicialmente em projetos de gestão, formação e avaliação, consolidando-se como um ator técnico influente no campo educacional que consistia em reduzir o protagonismo do Estado no desenho e na implementação das políticas públicas, transferindo essa responsabilidade para especialistas e organizações privadas dotadas de expertise técnica. Tal abordagem se articula com o que Ball (2018, p. 3) denomina de “mercado de soluções”, no qual “os problemas tornam-se oportunidades de lucro” e “as soluções são pagas³”.

3 Não queremos aqui atribuir uma defesa ingênua a uma instituição pública com gestão pública, ainda mais quando esta não consegue cumprir com o que se propõe. O que merece atenção é o crescimento da atuação do setor privado na proposição de soluções educacionais e, sobretudo, a forma como essas soluções são legitimadas por um sistema de avaliação que tende a valorizar resultados com base em indicadores que privilegiam estratégias gerenciais e contábeis de respostas padronizadas em detrimento da resolução de problemas que demandam respostas mais amplas e comprometidas com a equidade e a justiça social.



A principal expressão dessa articulação foi o “Movimento Todos Pela Base”, financiado por organizações como a Fundação Lemann, o Instituto Natura e o Banco Itaú, com o intuito de restabelecer no Brasil a implementação de um currículo comum. O movimento ganhou força a partir de encontros em 2013 na Universidade de Yale, que contaram com representantes do MEC e de instituições internacionais, como Susan Pimentel e Alissa Peltzman, envolvidas na elaboração do currículo norte-americano (Common Core)⁴.

Esse processo revela como o projeto da BNCC esteve imerso em uma lógica de padronização curricular inspirada em modelos internacionais e impulsionada por atores privados, sem ocorrer de forma isolada, mostrando como a agenda global se reconfigura e se fortalece institucionalmente no campo educacional.

Este processo de influência se entrelaça com transformações mais amplas no cenário político brasileiro, especialmente no contexto das disputas em torno do Plano Nacional de Educação (PNE), que foi aprovado em 2011 com significativa presença de membros do Todos pela Base (Tarlau e Moeller, 2020; Avelar e Ball, 2019) e dos embates nos governos Dilma Rousseff e Michel Temer, que levaram à aprovação da Medida Provisória nº 746/2016 sobre a aprovação da Reforma do Ensino Médio.

O Novo Ensino Médio instituiu uma divisão entre a formação geral básica, comum a todos os estudantes e alinhada à BNCC, e os chamados itinerários formativos, que deveriam oferecer percursos de

⁴ O *Common Core State Standards* (CCSS) é um conjunto de padrões nacionais norte-americanos para o ensino de língua inglesa e Matemática, lançado oficialmente em 2010. Desenvolvido sob a liderança do *National Governors Association Center for Best Practices* e do *Council of Chief State School Officers*, o CCSS teve amplo financiamento de entidades privadas, com destaque para a Fundação Bill & Melinda Gates. Sua proposta central é estabelecer critérios unificados de aprendizagem para todos os estados dos Estados Unidos, com ênfase em competências mensuráveis, desempenho em avaliações padronizadas e preparação para o mercado de trabalho. Embora tenha sido promovido como uma resposta à fragmentação curricular e à baixa qualidade do ensino, o *Common Core* também recebeu críticas por centralizar decisões educacionais, reduzir a autonomia docente e aprofundar a lógica avaliativa no campo educacional.



aprofundamento em áreas específicas do conhecimento. A proposta pretende conferir maior flexibilidade ao currículo e permitir que os estudantes escolham trajetórias de estudo mais alinhadas aos seus interesses e projetos de vida.

Aprovada em 2018, a BNCC aponta para a transformação da sociedade com base em dez competências gerais para a educação, sendo cada uma delas seguidas por habilidades que precisam ser cumpridas ao longo dos três anos do ensino médio por meio da

[...] indicação clara do que os alunos devem “saber” (considerando a constituição de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores) e, sobretudo, do que devem “saber fazer” (considerando a mobilização desses conhecimentos, habilidades, atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho), a explicitação das competências oferece referências para o fortalecimento de ações que assegurem as aprendizagens essenciais definidas na BNCC (Brasil, 2018, p. 13).

Desta forma, embora apresentada como uma mudança, este documento apresenta as mesmas percepções presente nos PCN, exaltando a necessidade de um ensino imediatamente utilizável e de saberes interdisciplinares, autonomia, habilidades de comunicação e o “aprender a aprender”, conforme apresenta o trecho a seguir sobre o sujeito que se pretende formar:

No novo cenário mundial, reconhecer-se em seu contexto histórico e cultural, comunicar-se, ser **criativo**, analítico-crítico, participativo, aberto ao novo, **colaborativo**, **resiliente**, **produtivo** e **responsável** requer muito mais do que o acúmulo de informações. Requer o desenvolvimento de **competências para aprender a aprender**, saber lidar com a informação cada vez mais disponível, atuar com discernimento e responsabilidade nos contextos das culturas digitais, **aplicar conhecimentos para resolver problemas**, ter autonomia para tomar decisões, ser proativo para identificar os dados de uma situação e



buscar soluções, conviver e aprender com as diferenças e as diversidades (Brasil, 2018, p. 14, grifo nosso).

Conforme podemos notar, as principais características descritas no documento para a formação discente são qualidades necessárias para uma adaptação que atenda às estratégias de mercado. Nesta concepção o que temos não é a construção de uma autonomia com propósitos de ascensão individual ou até mesmo social, mas sim os requisitos mínimos para as estratégias adaptativas do sistema capitalista.

Contudo, existem peculiaridades próprias deste sistema que o diferenciam em relação aos PCN. A principal talvez seja a capacidade de escolha por parte dos estudantes daquilo que se pretende estudar com os itinerários formativos. Neste sentido, Costa (2024) chama a atenção quanto à proximidade de um perfil consumidor, escolhendo tudo o que deseja e o que não lhe interessa. A noção de protagonismo estudantil tende a ser capturada por uma lógica empreendedora e individualista, que transfere ao jovem a responsabilidade exclusiva por seu sucesso ou fracasso, desconsiderando as condições materiais e sócio-históricas que moldam suas trajetórias.

Trata-se mais uma vez de uma tentativa de solucionar um problema estrutural com uma estratégia puramente economicista. Conforme apontam Cássio e Goulart (2022), a organização da nova estrutura curricular em áreas do conhecimento e itinerários formativos mostrou-se altamente variável em cada escola. A distribuição desigual de recursos provocou efeitos desiguais: enquanto algumas escolas conseguem ofertar uma diversidade de itinerários, outras, especialmente aquelas localizadas em regiões mais vulneráveis, sequer dispõem de professores qualificados ou de infraestrutura mínima para atender às novas exigências da lei.

A suposta liberdade de escolha foi, na prática, restringida pela própria realidade das redes públicas. Os estudantes são forçados a escolher entre as poucas (ou únicas) opções oferecidas por suas



escolas, anulando o princípio de protagonismo juvenil amplamente explorado pela propaganda oficial. Desta forma, continua válido a premissa basilar do consumo, na qual, embora todos tenham a liberdade de adquirir um bem (como a educação, neste caso), não são todos que de fato podem “comprá-la”.

Assim, a segunda mudança dos PCN para a BNCC, vincula-se ao conceito de autonomia. Enquanto o primeiro trata a autonomia como uma capacidade de resolução de problemas articulados e sem uma constante supervisão, a segunda, para além deste mesmo propósito, institui a responsabilidade de escolha ao próprio estudante que se sustenta em um senso comum meritocrático, no qual ao oferecer os caminhos a serem trilhados, a escola desloca para o protagonismo de cada estudante o restante de sua formação. Este é um propósito engenhoso que transforma o próprio sujeito em seu próprio explorador, na medida em que

Quem fracassa na sociedade neoliberal de desempenho, em vez de questionar a sociedade ou o sistema, considera a si mesmo como responsável e se envergonha por isso. Aí está a inteligência peculiar do regime neoliberal: não permite que emerja qualquer resistência ao sistema (Han, 2018, p. 16).

Essa visão é reforçada pela ênfase dada ao “projeto de vida” como eixo articulador do novo currículo. Ao sugerir que a realização pessoal dos estudantes depende majoritariamente de sua capacidade de planejar o futuro e fazer escolhas adequadas, a reforma desloca para o indivíduo a responsabilidade por desigualdades estruturais e omite a função social da educação pública. Como pontua Costa (2024), essa abordagem mascara os determinantes sociais do fracasso escolar e contribui para o reforço da meritocracia como valor central da formação escolar.

4. A AUTONOMIA DOCENTE NO CONTEXTO DA BNCC

É claro que ainda nos resta considerar a autonomia docente nestas circunstâncias, afinal de contas as diretrizes da BNCC precisam da aderência dos professores para de fato chegar até a sala de aula.

Para isso, cabe ressaltar que, embora a BNCC seja tomada como a principal referência para a organização curricular ao definir as competências e habilidades necessárias para a aprendizagem, ela não é o currículo em si. Neste caso, existe a autonomia docente para contrapor qualquer forma de ensino que não esteja de acordo com o que se pretende ensinar.

Porém, mais uma vez este problema não pode ser considerado de maneira isolada; é preciso considerar que no Brasil a educação pública enfrenta problemas como baixos salários e falta de professores, sendo o ensino de Física um caso agravante nesse cenário.

Kuenzer (2011) já havia apontado esse problema, revelando que apenas 25,7% dos docentes de Física possuíam a formação adequada, com base nos dados do Censo Escolar de 2009. Rabelo e Cavenaghi (2016) demonstraram um ligeiro aumento, com 26,8% dos professores de Física possuindo formação específica em 2013. Contudo, Nascimento (2020), analisando o Censo Escolar de 2018, indicou que apenas 20% dos 44 mil professores de Física do ensino público eram licenciados na área, enquanto Rosa e Pereira (2024) mostram que apenas 24,5% dos licenciados em Física entre os anos de 2011 e 2018 estavam atuando na educação básica em 2020.

Sendo assim, a maior parte dos professores de Física no Brasil não possui uma formação específica na área, o que resta a estes os livros didáticos para a preparação de suas aulas, afinal de contas:

Mesmo com os erros conceituais que alguns LD (Livros Didáticos) possam conter, pode-se considerar que sejam



fontes mais seguras de informações do que aquelas contidas, por exemplo, em alguns sites da internet, já que, no universo digital, qualquer pessoa pode inserir qualquer tipo de informação sem passar por uma avaliação prévia (Pedreira; Souza, 2023, p. 441).

Neste sentido, é preciso considerar que os livros de ensino médio, avaliados e aprovados pelo Plano Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) em 2021, precisam obrigatoriamente seguir as competências e habilidades descritas na BNCC. Isso ajuda a garantir que o que está previsto oficialmente seja realmente refletido no que é ensinado nas salas de aula. Além do fato de que não é preciso ser formado em Física para dar aula desta disciplina no ensino médio, uma vez que esta se encontra na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Se analisarmos o Edital de Convocação nº 3/2019, elaborado para explicitar os critérios de avaliação utilizados na seleção dos livros pelo Ministério da Educação (MEC), Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) e a Secretaria de Educação Básica (SEB), podemos perceber que, embora o caráter normativo e prescritivo seja esperado em um edital público, seu conteúdo vai além da simples padronização técnica. O documento assume contornos próprios das reformas educacionais globais, pois impõe um alinhamento às competências e habilidades da BNCC, conferindo à política curricular um papel central na definição do que é válido ensinar, como ensinar e com quais objetivos.

As competências e habilidades definidas pela BNCC passam a ser o núcleo organizador das práticas escolares, e os materiais didáticos, para serem aceitos no PNLD, devem demonstrar com clareza como cada conteúdo se articula com essas competências:

2.3.4.1. O conjunto dos seis volumes do livro do estudante deve abordar, de maneira equânime, todas as competências gerais, específicas e habilidades para cada área do conhecimento (com exceção de língua inglesa na área de linguagens e suas tecnologias). Ao se abordar as habilidades e as competências específicas, deve ser explicitada



a devida articulação delas com as competências gerais, os temas contemporâneos e as culturas juvenis, conforme indicado pela BNCC (Brasil, 2019, p. 5).

Há uma ênfase reiterada na necessidade de cumprimento estrito das diretrizes da BNCC, tanto no conteúdo quanto na metodologia proposta pelas obras, e isso, na prática, limita a margem de liberdade pedagógica, mesmo quando o documento afirma tratar os livros como materiais de apoio e não como instrumentos autoritários. Essa relação entre prescrição e liberdade se intensifica ao observarmos a maneira como o edital aborda a formação docente. Uma das exigências para a aprovação das obras é a inclusão de videotutoriais que acompanhem os materiais, com o objetivo de orientar o trabalho docente por meio de uma “linguagem audiovisual de fácil entendimento e que seja atrativa aos professores” (Brasil, 2019, p. 6).

Com isso, o mercado de soluções aparece para resolver a questão dos professores que lecionam aulas fora de sua formação específica e o interesse se volta para um novo treinamento já coerente com os critérios de qualidade predefinidos pela BNCC.

Este posicionamento mais uma vez remete a uma questão de responsabilização individual e já se faz presente em outros documentos educacionais, como no relatório *Um ajuste justo: análise da eficiência e equidade do gasto público no Brasil* de 2017 do Banco Mundial, que já estimula como proposta de melhoria financeira ao País a relação da produtividade e desempenho dos professores, além de outras medidas de políticas de austeridade. O relatório afirma que:

[...] os requisitos para ingresso em cursos de licenciatura são fracos e a formação é de baixa qualidade. E além da pouca seletividade na contratação de professores para os sistemas educacionais estaduais e municipais, os salários não são vinculados ao desempenho (Banco Mundial, 2017, p. 127).

É neste contexto que o edital de avaliação para as obras do PNLD 2021 sinaliza que os manuais do professor precisam “Disponibilizar a formação disciplinar do professor indicado para trabalhar, de forma



prioritária, com cada segmento correspondente da obra" ou ainda "Apresentar procedimentos para mapear os conhecimentos, habilidades, atitudes e valores que o estudante detém ao chegar à sala de aula e procedimentos correlatos de como planejar as aulas a partir desses diagnósticos" e "Oferecer orientações claras e precisas de como desenvolver a capacidade de produzir análises críticas, criativas e propositivas em estudantes de diferentes perfis" (Brasil, 2019, p. 53).

5. A EDUCAÇÃO NO ESPELHO DO MERCADO: QUEM É O SUJEITO QUE ESTAMOS FORMANDO?

Diante do percurso analisado, nos cabe perceber que o sistema educacional brasileiro, especialmente a partir da consolidação da BNCC e da reforma do Ensino Médio, e em orientação com uma concorrência global de mercado, visa à formação de um sujeito funcional, adaptável e responsivo às demandas do mercado globalizado que têm origem com a implementação do sistema Toyota nos anos 1990 e evolui sob a retórica da autonomia do trabalhador, cujo significado parece divergir de um sentido crítico ou emancipador e se aproximar de uma transferência de responsabilidade. Ao colocar o sujeito como principal causador de seu sucesso ou fracasso, este acaba por explorar a si mesmo (Han, 2018) em uma luta contínua de desempenho, aperfeiçoamento e treinamento das competências e habilidades necessárias para se enquadrar enquanto cidadão desta época, sendo assim útil ao desenvolvimento social que visa ao crescimento com base no esgotamento de sua população.

A promessa de protagonismo e liberdade de escolha, mobilizada como discurso legitimador da BNCC, revela-se restrita e desigual quando confrontada com as condições reais das escolas públicas brasileiras, marcadas pela precariedade de infraestrutura, pela



carência de professores com formação específica, especialmente em Física, e por profundas desigualdades regionais. O próprio professor, neste cenário, é também inclinado a se transformar em um executor de instruções padronizadas, no qual o problema da formação é tratado em termos de gestão empresarial, implicando seu treinamento para cumprir metas e índices necessários.

Cabe também notar que as competências e habilidades necessárias, em diálogo com o breve trajeto apresentado neste texto, tendem a mudar ao longo dos anos. Se até a implementação dos PCN a ênfase na formação se inclinava para a promoção de especialistas tecnicamente capacitados em um regime de maior autoritarismo, este gradualmente diminui com o passar dos anos, transformando-se em capacidade de performance e desempenho, em oposição à obediência e à produção de resultados.

Se nos anos 1990 esta tendência de mudança já se mostrava presente ao ponto de considerar o aprender a aprender como recurso necessário para um mundo que continuamente avançava e alterava suas demandas, nos dias atuais esta mudança se torna ainda mais considerável ao ponto de ser uma característica intrínseca dos próprios sujeitos que, com o avanço da globalização, percebem também um avanço da ameaça de desqualificação profissional que os tornariam obsoletos enquanto cidadãos úteis e produtivos.

Neste cenário, cabe à pesquisa educacional promover debates a respeito do papel que a escola deve desempenhar para formar cidadãos e que tipo de cidadão de fato pretendemos formar ao ensinar o que nos propomos. Alternativas se fazem necessárias para questionar tendências homogeneizadoras que buscam ofuscar conhecimentos de importância epistêmica para definir o papel de atuação destes sujeitos no mundo atual, e fazer com que esses também se reconheçam na posição e lugar que ocupam. Não podemos perder de vista os aspectos que devem ser considerados como fundamentais para uma formação que seja humana e considere os

educandos como sujeitos complexos e imersos em uma realidade que define quem eles são. Caso contrário, caímos na tendência de encarar o processo educacional como um ato de treinamento e não de ascensão e emancipação pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

AVELAR, M.; BALL, S. J. Mapping new philanthropy and the heterarchical state: The Mobilization for the National Learning Standards in Brazil. **International Journal of Educational Development**, v. 64, p. 65-73, 2019.

BALL, S. J. **Educação Global S. A.**: Novas redes políticas e o imaginário neoliberal. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2022.

BALL, S. J. Política Educacional Global: reforma e lucro. **Revista de Estudios Teóricos y Epistemológicos en Política Educativa**, v. 3, p. 1-15, 2018.

BANCO MUNDIAL. **Um ajuste justo**: análise da eficiência e equidade do gasto público no Brasil. Washington, DC: BM, 2017.

BOWE, R.; BALL, S. J.; GOLD, A. **Reforming education & changing schools**: case studies in policy sociology. London: Routledge, 1992.

BRASIL. **Edital de convocação nº 03/2019 – CGPLI**: edital de convocação para o processo de inscrição e avaliação de obras didáticas, literárias e recursos digitais para o programa nacional do livro e do material didático PNLD 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, MEC/CONSEd/UNDIME, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília. MEC/SEMTEC, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. **Plano Decenal de Educação para Todos**. Brasília, MEC/UNESCO, 1993.

CÁSSIO, F; GOULART, D. C. A implementação do Novo Ensino Médio nos estados: das promessas da reforma ao ensino médio nem-nem. **Retratos da Escola**, Brasília, v. 16, n. 35, p. 285-293, 2022.

CONFERÊNCIA MUNDIAL SOBRE EDUCAÇÃO PARA TODOS, 1990, Jomtien. **Declaração Mundial sobre Educação para Todos**: Plano de Ação para Satisfazer as Necessidades Básicas de Aprendizagem. Jomtien, 1990.

COSTA, Erick. Novo ensino médio e o "cidadão" como consumidor. **Educação e Filosofia**, Uberlândia, v. 38, p. 1-29, 2024.

DELORS, J. **Educação**: um tesouro a descobrir. Relatório para UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI. Brasília: MEC/UNESCO, 1996.

FREITAS, L. C.; **A Reforma Empresarial da Educação**: Nova Direita, Velhas Ideias. 1 ed. São Paulo: Expressão Popular, 2018.

HAN, B. C. **Psicopolítica**: O neoliberalismo e as novas técnicas de poder. 1 ed. Belo Horizonte: Áyiné, 2018.

KUENZER, A. Z. A formação de professores para o ensino médio: velhos problemas, novos desafios. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 32, n. 116, p. 667-688, 2011.

LIBÂNEO, J. C.; OLIVEIRA, J. F. de; TOSCHI, M. S. **Educação escolar: políticas, estrutura e organização**. 10. ed. rev. e ampl. São Paulo: Cortez Editora, 2012.

MACEDO, E. Base Nacional Curricular Comum: Novas Formas De Sociabilidade Produzindo Sentidos Para Educação. **Revista e-Curriculum**, São Paulo, v. 12, n. 3 p. 1530-1555, 2014.

MAINARDES, J. Reflexões sobre o objeto de estudo da política educacional. **Laplace em Revista**, Sorocaba, v. 4, n. 1, p. 186-201, 2018.

NASCIMENTO, M. M. O professor de Física na escola pública estadual brasileira: desigualdades reveladas pelo Censo escolar de 2018. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, p. 1-4, 2020.

PEDREIRA, A. J.; SOUZA, R. D. A escolha de livros didáticos de ciências da natureza no ensino médio em contexto de implementação da base nacional comum curricular: Os processos e os espaços de decisão dos docentes. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 28, n. 2, p. 439- 461, 2023.

RABELO, R. P.; CAVENAGHI, S. M. Indicadores educacionais para formação de docentes: Uso de dados longitudinais. **Estudos em Avaliação Educacional**, São Paulo, v. 27, n. 66, p. 816-850, 2016.

RAVITCH, D. **Vida e morte do grande sistema escolar americano**: como os testes padronizados e o modelo de mercado ameaçam a educação. Porto Alegre: Sulina, 2011.

ROSA, L. F. M.; PEREIRA, A. P. Uma proposta de indicadores para acompanhar licenciados na educação básica. **Estudos em Avaliação Educacional**, São Paulo, v.35, p. 1-23, 2024.

SAVIANI, D. **Escola e Democracia**. Ed. Comemorativa. Campinas: Editora Autores Associados, 2008.

SAVIANI, D.; DUARTE, N. A formação humana na perspectiva histórico-ontológica. **Revista Brasileira de Educação**, v. 15, n. 45, p. 422-590, 2010.

SILVA, A. V. M.; **A articulação do reducionismo tecnicista à sofisticação no discurso das políticas educacionais**. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da UERJ, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

SILVA, M. R. **Currículo e competências**: a formação administrada. São Paulo: Editora Cortez, 2008.

SILVA, T. T. **Documentos de identidade**: uma introdução às teorias do currículo. 3. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2022.

TARLAU, R. MOELLER, K. O consenso por filantropia: como uma fundação privada estabeleceu a BNCC no Brasil. **Currículo sem Fronteiras**, v. 20, n. 2, p. 553-603, 2020.

VERGER, A. Globalización, reformas educativas y la nueva gestión del personal docente. **Docència**, n. 46, 2012.

3

Letícia Tasca Pigozzo

Leonardo Albuquerque Heidemann

Eliane Angela Veit

MODELAR PARA MEDIR:

UM OLHAR DO ENSINO DE FÍSICA PARA
A EPISTEMOLOGIA DA MEDIÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Para Pitágoras, “o princípio de tudo é o número” (Mari, 2003). Essa concepção, profundamente enraizada em seu pensamento filosófico, marcou o imaginário científico por séculos. A ideia de que uma realidade objetiva pode ser traduzida numericamente não apenas moldou o modo como compreendemos o mundo, mas também sustentou a crença de que a quantificação confere legitimidade e precisão ao conhecimento. No contexto da ciência moderna, essa herança pitagórica se manifesta especialmente no ato de medir. Como aponta Mari (2003), atribuir um valor numérico a uma propriedade do mundo se tornou um dos pilares da atividade científica.

A medição não é apenas uma ferramenta entre outras; ela ocupa um lugar central na forma como construímos teorias, avaliamos hipóteses, comunicamos resultados e tomamos decisões (Mari, 2003). Para muito além do laboratório, a medição ocupa seu lugar no dia a dia das pessoas – medimos o tempo para definir o horário de acordar, avaliamos a temperatura ao escolher a roupa do dia, o nível de açúcar no sangue para planejar como se alimentar, a distância percorrida em uma corrida para avaliar nossa resistência, ou o nível da pressão sonora (em decibéis) emitidos por um fone de ouvido para proteger nossa audição. Em cada um desses casos, há uma expectativa de precisão, confiabilidade e objetividade herdadas diretamente do modo como a ciência aprendeu a lidar com os números.

Um dos motivos da confiança nos processos de medição é a estabilidade e coerência na realização de medições, que se dão devido ao nível de normatividade nesse processo, cuidadosamente determinado pela metrologia, disciplina voltada à formalização e padronização dos procedimentos de medição.

Documentos de instituições internacionais apresentam de maneira detalhada cuidados necessários para garantir objetividade



no processo de medição (todos os documentos produzidos pelo Joint Committee for Guides in Metrology estão disponíveis em JCGM, 2025). No entanto, além das normas, esses processos englobam nuances filosóficas exploradas pela epistemologia da medição (Tal, 2021). Essa área se preocupa com questões como a objetividade do ato de medir, a congruência entre o valor medido e o que se deseja medir, e os critérios para calibrar instrumentos, conforme exposto em Tal (2021) e Mari (2003).

Tanto a epistemologia da medição quanto as normas da metrologia passaram por importantes transformações nas últimas décadas. As publicações mais recentes reforçam o papel central da modelagem científica, reconhecendo que medir envolve distintos graus de modelagem. O Guia para Determinação de Incertezas (JCGM – GUM:2020), por exemplo, dedica uma seção específica aos modelos de medição, enfatizando que é por meio deles que se define o que será medido, como será medido e como interpretar o valor obtido, perspectiva reiterada em diversos estudos atuais. Assim, ao problematizar os modelos que sustentam normas e práticas, ampliamos nossa compreensão crítica sobre a própria natureza dessas normas, vistas como construções coletivas, fruto de consensos em comunidades científicas e organismos internacionais. Nesse mesmo sentido, a confiabilidade dos resultados de medição também depende de processos coletivos de validação, como a revisão por pares, que fortalecem a compatibilidade, a rastreabilidade e a aceitação dos dados no interior dessas comunidades.

A ênfase crescente em abordagens baseadas em modelagem reflete uma preocupação comum entre epistemólogos e instâncias normativas, especialmente quanto à formalização dos modelos utilizados.

Tratados, vocabulários e guias expressam os debates contemporâneos da área e, por isso, alterações nesses documentos têm forte impacto sobre a prática científica (Kacker, 2021). Ainda assim,



o caráter epistemológico da medição, vinculado à construção e uso de modelos, segue pouco explorado no ensino de Física.

Em revisão da literatura recente, Pigosso e Heidemann (2023) concluem que as pesquisas que exploram o ensino do processo de medição tendem a focar em aspectos procedimentais, como a determinação de incertezas e o cálculo de valores médios, dedicando pouca atenção aos significados dessas flutuações estatísticas e à sua influência na construção do conhecimento científico. Há, entretanto, referências que discutem estratégias para abordar em sala de aula procedimentos metrológicos, como a análise da dispersão de dados e o cálculo de incertezas, como exemplificado em Lima Jr. e Silveira (2011) e Gomes (2016). Não é nossa intenção retomar esse tipo de discussão aqui, pretendemos estabelecer relações entre reflexões filosóficas atuais sobre medição e documentos oficiais normativos.

Com o objetivo de evidenciar como os documentos normativos sobre medição científica têm atribuído um papel cada vez mais central à modelagem científica, em contraste com versões anteriores, e refletir sobre as implicações dessas transformações para o ensino de Física, apresentamos, neste capítulo, uma avaliação das alterações em documentos atuais da metrologia. A partir dessa análise, defendemos a necessidade de que a modelagem científica seja abordada como eixo estruturante na construção de significados das grandezas físicas e na compreensão das incertezas inerentes às medições.

2. MEDIÇÃO CIENTÍFICA NA FILOSOFIA DA CIÊNCIA

Desde o final do século XIX, a filosofia da Ciência tem se preocupado com temas relacionados especificamente à medição na ciência (Tal, 2021). Temas como a mensurabilidade de um ente,



as condições que tornam a medição possível, a confiabilidade da medição e a importância da convencionalidade na ciência vêm sendo abordados em discussões conceituais, metafísicas, semânticas e epistemológicas. Como ressaltado em Tal (2021), essa preocupação ganhou força desde o início do século XX, e estudiosos passaram a intitular essa área de investigação como Epistemologia da Medição. A literatura especializada sobre o tema é vasta. Aqui, fundamentamo-nos especialmente em Mari (2003) e Tal (2017, 2021) para apresentar a evolução, sob o ponto de vista epistemológico, de conceitos centrais da metrologia: medição, mensurando, valor verdadeiro e incerteza.

A medição já foi concebida, no século XIX, sob uma perspectiva que pode ser denominada realista (Tal, 2021) ou ontológica (Mari, 2003), segundo a qual haveria algo “real” a ser captado pela medição, independente da mente humana, uma abordagem em que “é possível determinar os números que são propriedades essenciais das coisas” (Mari, 2003). Nesse contexto, as preocupações da epistemologia da medição estavam centradas sobretudo em fundamentos matemáticos, metafísicos e semânticos, muitas vezes deixando de lado as questões práticas enfrentadas por quem realiza medições no cotidiano científico.

Tal (2021) destaca que, desde o início do século XXI, os principais debates da epistemologia da medição têm se deslocado para uma perspectiva baseada em modelos (e.g., Giordani e Mari, 2012; Tal, 2024, 2017; Boumans, 2012), defendendo que muitos dos problemas tradicionais da filosofia da medição podem ser reinterpretados quando se comprehende o papel dos modelos no processo de atribuição de valores a grandezas. Essa mudança de foco marca um ponto de inflexão importante: os teóricos da medição passaram a se debruçar sobre os pressupostos, as idealizações e as inferências envolvidos nas práticas concretas de medição, considerando também suas dimensões históricas, sociais e materiais (Mari, 2003).

A perspectiva baseada em modelos, originalmente denominada Model-Based, passa a ser predominante (Tal, 2021), compreendendo que a medição implica uma atribuição coerente de valores a parâmetros dentro de um modelo teórico/estatístico, que requer formalismo e adequação informacional, cujo resultado deve ser coerente com objetivos e teorias (Mari, 2003). A Tabela 1 apresenta uma síntese dos conceitos que buscamos explorar aqui em uma comparação entre uma perspectiva realista e a perspectiva baseada em modelos. Essas visões podem ser consideradas extremos de um espectro que engloba as discussões que vêm sendo travadas na Epistemologia da Medição.

Tabela 1 – Comparação de concepções sobre os conceitos de medição, mensurando, valor verdadeiro e incerteza entre as perspectivas realista e baseada na Modelagem Científica

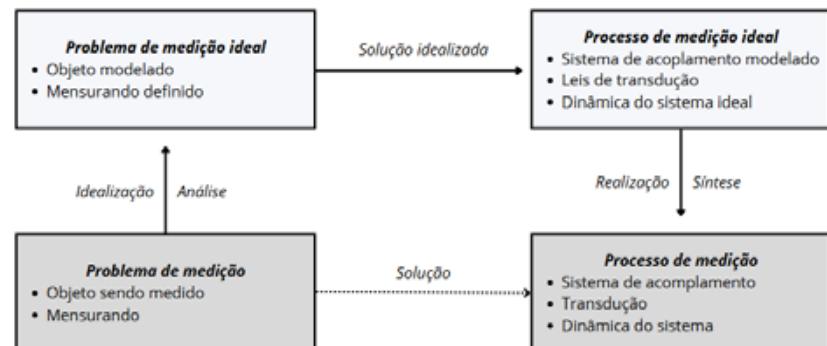
Conceito	Perspectiva Realista Ingênua	Perspectiva baseada em modelos
Medição	Ato de estimar uma propriedade objetiva existente no mundo, com o objetivo de aproximar-se de seu valor verdadeiro. A medição revela uma característica intrínseca do objeto.	Processo de atribuição de valores dentro de um modelo teórico/estatístico. O resultado depende da coerência do modelo e da informação disponível; medir é construir um valor informacionalmente adequado.
Mensurando	Propriedade física real do objeto, existente independentemente da medição. Definição vista como transparente: "o que se mede" está dado no objeto.	Entidade conceitual definida no contexto de um modelo de medição com condições de referência, hipóteses e convenções. O mensurando não é "descoberto", mas especificado e atribuído via modelo.
Valor Verdadeiro	Existe como uma quantidade objetiva que a medição busca estimar. A exatidão indica a proximidade com esse valor.	Não há um "valor verdadeiro" independente do modelo. O que existe é um valor atribuído com base na informação e nas hipóteses do modelo de medição. O conceito de "valor verdadeiro" é substituído por coerência e rastreabilidade.
Incerteza	Estimativa do intervalo dentro do qual se supõe que esteja o valor verdadeiro, levando em conta as limitações observadas no experimento.	Parâmetro que caracteriza a dispersão dos valores atribuídos ao mensurando com base na informação usada. A incerteza expressa a incompletude do modelo e da informação, não a distância a um "valor real".

Fonte: Elaboração própria.

Em suma, a perspectiva realista é ontológica, baseada na existência de propriedades independentes da medição e na noção de erro em relação a um valor verdadeiro. A perspectiva baseada em modelos é informacional e busca coerência: medir é atribuir valores consistentes dentro de um modelo teórico, e a incerteza reflete os limites de informação e modelagem, não a distância a uma essência ontológica.

Dentro dessa perspectiva, inserem-se os trabalhos de Tal (2017), em que a modelagem científica é vista como o pressuposto fundamental para a confiabilidade das medições, pois ela permite a construção de instrumentos de medição, o acesso idealizado aos entes e a determinação de previsões e de relações entre fenômenos. De maneira bastante semelhante, Giordani e Mari (2012) defendem que uma medição confiável depende de um ciclo entre idealização e realização, ou seja, entre modelos teóricos e sistemas físicos concretos, conforme representado esquematicamente na Figura 1.

Figura 1 – Esquema que representa a solução de um problema de medição



Fonte: Giordani e Mari, 2012 (tradução nossa).

Essa figura apresenta uma estrutura conceitual que distingue dois domínios envolvidos em processos de medição: o real (parte inferior) e o idealizado (parte superior). No domínio real, temos o objeto sendo medido e o mensurando, que são acoplados fisicamente



a um sistema de medição cuja dinâmica e leis de transdução operam sob condições práticas. Já no domínio idealizado, os elementos correspondentes são representados por um modelo do objeto e por uma definição formal do mensurando, que se articulam a um modelo teórico do sistema de acoplamento, suas leis de transdução ideais e a dinâmica do sistema idealizado. A figura evidencia que a modelagem científica permeia e vincula esses dois domínios, por meio de dois processos conceituais complementares: a idealização/análise, que projeta o problema real no plano dos modelos, e a realização/síntese, que traduz a solução idealizada em procedimentos operacionais. A solução real (linha tracejada) é resultado da implementação prática dessas relações e está sempre condicionada à adequação do modelo teórico para representar o sistema físico. Em síntese, a figura torna explícito que a modelagem não é uma etapa isolada, mas uma estrutura integradora que permeia todo o processo de medição, conferindo-lhe coerência epistêmica e operacional.

Para ilustrar um problema de medição interpretado de acordo com a Figura 1, pensemos em um manômetro analógico. Na medição da pressão de um gás contido em um recipiente, o manômetro é conectado ao sistema, e o gás exerce força sobre uma coluna de líquido contida em um tubo em forma de U. O sistema gás-instrumento gera um sinal físico: o deslocamento da coluna líquida. Essa é a saída do processo empírico. Para que esse sinal seja interpretado como um valor de pressão, duas camadas de modelagem são acionadas. O modelo do mensurando define o que entendemos por "pressão do gás" e sob quais condições. Essa definição já é uma idealização: supõe equilíbrio térmico e mecânico, ausência de interações relevantes com o manômetro, constância de temperatura e densidade do líquido etc. Esse modelo especifica a estrutura do objeto sob medição e quais grandezas podem ser atribuídas a ele. Já o modelo do processo de medição descreve como o deslocamento observado se relaciona com a força exercida pelo gás e, daí, com a pressão. Esse modelo inclui a função de transdução

(deslocamento → pressão), os padrões de referência usados na calibração e as condições ambientais. Há, portanto, um forte vínculo entre o resultado empírico (a indicação) e o resultado informacional (o valor de pressão atribuído ao gás).

Nessa perspectiva, a leitura do manômetro não revela uma “pressão real” em sentido absoluto, mas atribui um valor coerente com os dois modelos: o que define o mensurando e o que descreve o processo de medição. A incerteza associada ao resultado não é apenas um “erro instrumental”, mas expressa a incompletude de ambos os modelos, as idealizações feitas na definição de pressão e as aproximações na descrição do instrumento e do ambiente.

Assim, entende-se que o processo de medição gera, no mínimo, dois tipos de dados: a indicação fornecida pelo instrumento de medida e o valor atribuído como resultado da medição (Tal, 2017). A modelagem científica fundamenta ambos. Inicialmente, diante da intenção de medir certa grandeza, é o modelo de medição que define o mensurando e estabelece sua relação com outros entes (e.g., ambiente e material do sensor). Posteriormente, na interação entre o mensurando e o instrumento, o modelo orienta a interpretação da indicação fornecida, permitindo convertê-la em um valor atribuído ao mensurando como resultado da medição, com base em procedimentos de calibração, correções e critérios de incerteza apropriados ao objetivo da medição.

Isso corresponde ao ponto central da visão baseada em modelos: a medição não acessa diretamente propriedades “brutas” do mundo físico, mas constrói resultados que têm sentido apenas no contexto de um modelo idealizado.

Em suma, a compreensão da medição baseada em modelos é permeada por idealizações e simplificações. Essa visão, compartilhada por Tal (2017) e Giordani e Mari (2012), reforça uma discussão existente desde o princípio da metrologia, que diz respeito à existência ou não de um valor verdadeiro a ser medido. O conceito de erro



da medição, definido como a diferença entre o valor medido e o valor verdadeiro, deixa de ter sentido quando se constata que a modelagem do processo impossibilita a existência de um valor verdadeiro (Tal, 2021), visto que não somos capazes de acessar uma realidade objetiva sem a idealização em diversas etapas.

Essas discussões apresentadas pela epistemologia da medição, especialmente sobre a inexistência de um valor verdadeiro e a centralidade da modelagem, também ocorrem nas recentes atualizações dos documentos normativos da metrologia. A seguir, discutiremos as mudanças que ocorreram e/ou estão ocorrendo na metrologia e a influência da epistemologia nesse cenário, buscando responder de que modo as noções de medição, mensurando, valor verdadeiro, incerteza e modelo de medição, estabelecidas na metrologia contemporânea, dialogam ou entram em conflito com abordagens epistemológicas clássicas e contemporâneas sobre modelos.

3. NORMAS INTERNACIONAIS DE METROLOGIA E EPISTEMOLOGIA DA MEDIÇÃO

O Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) foi instituído em 1875 pela Convenção do Metro com o objetivo de estabelecer e manter padrões internacionais de medida e garantir a uniformidade das medições em escala global. Atualmente, o BIPM coordena o Joint Committee for Guides in Metrology, composto por oito instituições internacionais e responsável pela elaboração de guias e vocabulários que orientam práticas e conceitos de medição adotados por organismos normativos e institutos de metrologia em todo o mundo.



Os documentos mais importantes são o Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM – Vocabulaire International de Métrologie) e o Guia para a Determinação de Incertezas em Medições (GUM – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement), além do Sistema Internacional de Unidades (Inmetro, 2025).

O VIM, desde a primeira edição datada de 1984, tem como meta criar uma linguagem comum e precisa para a ciência e prática da medição, facilitando a interoperabilidade técnica e científica em escala mundial. O escopo do documento foi ampliado, e as edições seguintes (2^a ed., denominada VIM2, publicada em 1993, e a 3^a ed., VIM3, em 2008) passaram a tratar de metrologia em geral, tornando-se a referência internacional de terminologia na área. Em nossa análise, consideramos a tradução luso-brasileira do VIM2 (Inmetro, 2005), do VIM3 (idem, 2012) e também os estudos de Kacker (2018; 2021).

O GUM tem como principal objetivo fornecer uma estrutura internacionalmente aceita para avaliar e expressar incertezas de medição. Sua primeira edição, publicada em 1993, estabeleceu a abordagem baseada em incerteza em substituição à abordagem tradicional de erro. Houve uma revisão e reimpressão em 1995, que continua sendo a referência principal, acompanhada de documentos complementares da série JCGM 100:2008 e suplementares (JCGM 101 a 106: 2008-2012), sendo que o Guide 6 (JCGM 106:2020) trata especificamente de modelos de medição. Em nossa análise, nos baseamos na introdução ao GUM (JCGM, 2023) e no Guide 6 (JCGM, 2020).

3.1 VOCABULÁRIO INTERNACIONAL DE MEDIÇÃO: UM ESPELHO PARA AS PREOCUPAÇÕES DA ÁREA

Vamos considerar as definições apresentadas na segunda e terceira edição do Vocabulário Internacional de Medições (VIM2 e VIM3) e nas mudanças previstas para a quarta edição do VIM,

cuja proposta está disponível na internet para discussão pela comunidade científica, mas não pode ser citada em publicações. Frente a essa proibição, vamos considerar as sugestões apresentadas por Kacker (2021) para melhorar a proposta em discussão e algumas de nossas interpretações do documento disponível na internet, sem citá-lo.

Medição

Na VIM2, medição é definida como “conjunto de operações que tem por objetivo determinar um valor de uma grandeza” (Inmetro, 2005: 2.1). Trata-se de uma definição procedural, que reduz a medição a um conjunto de operações destinado a determinar um valor, pressupondo que ele exista objetivamente e seja independente do operador e do instrumento de medida. O documento não adiciona notas que reconheçam nuances epistemológicas do processo de medição, como já apontado por Grégis (2019), limitando-se a uma visão utilitária e simples, alinhada à perspectiva realista.

A definição de medição ganha profundidade na VIM3, pois passa a ser entendida como o “processo de obtenção experimental dum ou mais valores que podem ser, razoavelmente, atribuídos a uma grandeza” (Inmetro, 2012: 2.1). Sendo um processo de atribuição de um valor, deve envolver modelos e depender do experimentador. Além disso, são adicionadas três notas complementares. Nota 1: “A medição não se aplica a propriedades qualitativas” (idem). Nota 3: “A medição pressupõe uma descrição da grandeza que seja compatível com o uso pretendido dum resultado de medição, segundo um procedimento de medição e com um sistema de medição calibrado que opera de acordo com o procedimento de medição especificado, incluindo as condições de medição” (idem). A Nota 3 amplia o reconhecimento do caráter epistemológico da medição, dado que passa a depender de um procedimento predefinido, da interação com o ambiente por meio de um sistema de medição e das condições do ambiente. Tal (2017) reforça essa interação discutindo que a



medição tem um âmbito físico e um abstrato e que, no meio físico, a medição pressupõe a interação entre objetos medidos, instrumento, operadores e ambiente.

Nas discussões de Kacker sobre a VIM4, consta: "Tipicamente, um resultado de medição é determinado a partir dos valores e incertezas atribuídos a várias grandezas por meio de uma equação de medição. Uma equação de medição é desenvolvida a partir da inversão do modelo de medição. A modelagem da medição é a parte mais crítica da análise de incerteza" (Kacker, 2021, p. 8). Há um claro avanço conceitual em direção à centralidade da modelagem no processo de medição e na análise de incerteza. Há maior destaque ao processo de medição do que ao seu resultado. Ao afirmar que a modelagem é "a parte mais crítica da análise de incerteza", Kacker desloca o foco de imperfeições instrumentais (visão próxima do VIM2) para a estrutura teórica e epistemológica que sustenta a medição. Esse posicionamento se alinha com a perspectiva contemporânea do GUM, que considera a incerteza como expressão do conhecimento disponível e não apenas como "erro" ou limitação experimental. Ainda, considera a dependência do experimentador e do contexto. A necessidade de construir e inverter modelos implica reconhecer que o resultado não é puramente objetivo nem independente do operador: depende de escolhas de modelagem, das grandezas consideradas e das condições de medição. Isso reforça o caráter epistemológico e construtivo da medição, em continuidade com o que a VIM3 começa a reconhecer.

Por exemplo, pode-se avaliar a medição do valor da aceleração gravitacional a partir do período de um pêndulo, considerando que o fio é inextensível e sem massa e que o pêndulo foi abandonado de ângulos suficientemente pequenos. No VIM2, a medição são as operações feitas para chegar ao valor de $g = 9,79 \text{ m/s}^2$ como medir o comprimento do fio, o tempo de oscilação e inferi-lo a partir de um modelo matemático. Para o VIM3, admitir-se-ia a medição como o processo para chegar ao resultado quantitativo seguido de sua incerteza associada, por exemplo, $g = 9,79 \pm 0,05 \text{ m/s}^2$, reconhecendo a



interação do sistema com o meio físico. Já na proposta do VIM4, as idealizações utilizadas na construção do modelo teórico e dos processos estatísticos de determinação das incertezas fariam parte da medição, assim como as informações teóricas evocadas. É importante que essas idealizações sejam informadas e façam parte da medição, visto que qualquer repetição dessa medição precisa considerar também essas características do modelo.

Finalizando, observa-se que enquanto a VIM2 se situa em uma perspectiva realista, a VIM4 deverá se situar em uma perspectiva baseada em modelos, conforme descritas na Tabela 1.

Mensurando

Na VIM2 mensurando é definido como "objeto da medição. Grandeza específica submetida medição" (Inmetro, 2005: 2.6). Na VIM3, é definido como a "grandeza que se pretende medir" (Inmetro, 2012: 2.6).

Na proposta de Kacker:

"O mensurando é uma grandeza real suficientemente bem descrita à qual se atribuirá um valor de grandeza. A expressão "grandeza real suficientemente bem descrita" significa que o mensurando é definido em detalhes suficientes para que possa ser adequadamente representado (caracterizado) por um valor de grandeza atribuído com uma incerteza padrão associada (ou por um intervalo, ou por uma distribuição de probabilidade de valores de grandeza atribuídos)" (Kacker, 2021, p. 5).

A variação lexical indica que o mensurando deixa de ser apenas um objeto passivo e passa a depender da definição e das escolhas do experimentador, refletindo uma concepção mais epistemológica da medição. Quando medimos a velocidade do vento, por exemplo, o mensurando é a grandeza que define a distância percorrida pelo ar por unidade de tempo em um determinado ponto,

embora, em um anemômetro tradicional, os dados coletados se refiram à velocidade de rotação de pás, e o mensurando — a velocidade do vento — seja inferido a partir desses dados. Na sua definição, o VIM3 adiciona uma nota importante:

"No passado, o termo mensurando era utilizado para se referir tanto à grandeza que se pretende medir como à grandeza sendo medida, e.g., a grandeza que interage com o sistema de medição. Dito isso, apesar dos esforços do medidor, a grandeza que se busca medir pode não ser a mesma que a grandeza sendo medida. Essa ambiguidade foi ultrapassada chamando de 'mensurando' apenas o primeiro" (Inmetro, 2012: 2.3).

Uma medição da velocidade do vento com um anemômetro tradicional, portanto, não depende apenas do estado do ar, mas de uma relação criada por um modelo entre um objeto (o anemômetro) e um evento (o vento). A delimitação do mensurando demanda a compreensão e idealização tanto do evento quanto das relações entre o instrumento e o evento. Assim, algumas vezes, a grandeza que se pretende medir não é essencialmente o que está sendo medido, o que pode ser causado por pouca coerência entre informações utilizadas nos modelos ou mesmo por mudanças ocorridas no mundo físico durante a medição.

Nesse sentido, constata-se que o mensurando compreende a noção de idealização do processo de medição e sua relação com os modelos, visto que as definições no VIM 3 e na proposta para a VIM4 se relacionam com a diferença entre o mensurando e o valor medido. Novamente constatamos que a definição de mensurando evolui de uma perspectiva realista na VIM2 para a perspectiva Model-based, conforme descritas da Tabela 1.

Valor verdadeiro

Se passamos a entender a medição como um processo que envolve abstração e que o mensurando exige também idealizações, o conceito de valor verdadeiro ganha relevância, dado que precisamos entender qual seria a acessibilidade dessa realidade em uma medição permeada por idealizações. No contexto da epistemologia da medição, a natureza ontológica da realidade é uma discussão que perdura desde a década de 80 (e. g.: Hacking, 1996; Cartwright, 1980) e envolve questões como a busca de um valor verdadeiro em uma medição. No Vocabulário de Metrologia, “valor verdadeiro de uma grandeza” é um conceito definido em todas as versões como um valor compatível ou consistente com a definição de uma dada grandeza. Não existem mudanças significativas na definição desse termo, porém, a atenção dada às notas evidencia a relevância que cada versão lhe confere.

No VIM2, a Nota 1 cita que “é um valor que seria obtido por uma medição perfeita” (Inmetro, 2005: 1.19), e a Nota 2 destaca que os “valores verdadeiros são, por natureza, indeterminados”. Ainda assim, essa formulação sugere que há um valor único e ideal que corresponderia à realidade do fenômeno medido, embora ele não seja acessível na prática, o que revela uma herança da abordagem clássica baseada na teoria do erro. Já o VIM3 e a proposta para a nova versão se mostram mais criteriosos a respeito das notas adicionadas nesse conceito. A Nota 1 do VIM3 destaca:

“Na Abordagem de Erro para descrever as medições, o valor verdadeiro duma grandeza é considerado único e, na prática, impossível de ser conhecido. A Abordagem de Incerteza consiste no reconhecimento de que, devido à quantidade intrinsecamente incompleta de detalhes na definição duma grandeza, não existe um valor verdadeiro único, mas sim um conjunto de valores verdadeiros consistentes com a definição. Entretanto, este conjunto de valores é, em princípio e na prática, impossível de ser conhecido.



Outras abordagens evitam completamente o conceito de valor verdadeiro duma grandeza e avaliam a validade dos resultados de medição com auxílio do conceito de compatibilidade metrológica" (Inmetro, 2012: 2.11).

A Nota aqui destacada reforça a consciência que o VIM3 tem demonstrado do caráter epistemológico da medição e a influência das abordagens evocadas nos resultados obtidos. Essa discussão é mantida no VIM4 de maneira bastante semelhante, porém reforçando a importância de informações além da incerteza para a confiabilidade dos dados em algumas abordagens e reafirmando que o valor verdadeiro, além de inacessível, pode não existir.

O VIM3 e o VIM4 demonstram compreensão de que não existe a necessidade de se comprometer com a realidade objetiva dos entes para a realização de uma medição, como discutido por Cox e O'Hagan (2022). Não é necessário assumir um valor verdadeiro para avaliar a incerteza; basta considerar o intervalo de valores plausíveis com base no estado atual do conhecimento e nos modelos utilizados. Essa mudança conceitual demonstra uma reconfiguração na forma como entendemos o objetivo da medição, aproximando-a de uma prática inferencial e epistemologicamente situada.

Por exemplo, ao medir o comprimento de onda de uma corda oscilante, o VIM2 pressupõe que existe um valor verdadeiro, cuja aproximação depende da qualidade da medição. No VIM3, pode-se escolher determinar a confiabilidade desse comprimento de onda por meio da determinação do erro ou da incerteza, e que essa confiabilidade representa o quanto próximo nos encontramos de uma realidade. Já no VIM4, considera-se que há uma faixa de valores que representa coerentemente essa grandeza, ainda que a realidade da corda e de sua onda esteja mediada por idealizações, como a suposição de comportamento harmônico e desprezo de efeitos dissipativos. Essa interpretação é mais compatível com o entendimento de Cox e O'Hagan (2022), que apontam para a impossibilidade prática de acessar diretamente valores "verdadeiros" e sugerem abordagens mais orientadas à compatibilidade e ao contexto.

Incerteza

O conceito de incerteza tem grande relevância tanto na metrologia quanto nas discussões epistemológicas que a cercam. Grégis (2019), por exemplo, discute as transformações atribuídas ao conceito de incerteza nas diferentes versões do VIM. De maneira semelhante ao que propomos neste capítulo, o autor observa que tanto a segunda quanto a terceira versões do vocabulário evitam lidar diretamente com o significado epistemológico da incerteza, definindo-a como um processo de atribuição de valores ao mensurando, sendo a principal diferença o fato de a terceira versão reconhecer a incerteza como parte integrante do resultado de medição. Embora essas versões reconheçam que a incerteza não é uma propriedade do mensurando, mas sim uma informação dependente do contexto, ainda assim deixam em aberto o que, exatamente, está sendo tratado como incerto.

Grégis argumenta que a incerteza não pode ser reduzida a um erro estatístico ou a uma limitação técnica dos instrumentos. Para ele, a incerteza deve ser compreendida como uma expressão do estado de conhecimento disponível em um dado momento e contexto. Ainda que o VIM3 reconheça que o valor medido é uma inferência construída por meio de modelos, julgamentos e hipóteses, e não uma revelação direta de uma propriedade objetiva, o autor ressalta a carência de uma reflexão epistêmica mais profunda, especialmente no que diz respeito aos limites de acessibilidade da realidade pela medição.

Dessa forma, o conceito de incerteza permanece, nas definições do VIM, com um caráter ainda fortemente procedural. Contudo, a metrologia dispõe de um documento específico para tratar desse conceito com mais profundidade: o GUM, já citado anteriormente. Esse documento reúne definições, diretrizes e características associadas ao tratamento das incertezas, e, em suas seções mais recentes, tem refletido uma perspectiva mais epistêmica, especialmente ao reconhecer o papel central dos modelos no processo de medição, aspecto que será discutido na próxima seção.

3.2 GUIA PARA DETERMINAÇÃO DE INCERTEZAS (GUM): A RELEVÂNCIA DA MODELAGEM CIENTÍFICA

Uma das novidades introduzidas na terceira edição do Vocabulário Internacional de Metrologia é a definição de modelo de medição, como “relação matemática entre todas as grandezas que se sabe estarem envolvidas em uma medição” (Inmetro, 2012: 2.18). Ainda que essa definição não conte com muitas das nuances do papel dos modelos no processo de medição, evidencia o surgimento de uma preocupação com a modelagem dentro da metrologia.

Essa preocupação se torna ainda mais evidente nos documentos da série GUM sobre incerteza de medição. Ao longo da série de publicações elaboradas pelo JCGM, observa-se uma valorização crescente do papel desempenhado pelos modelos de medição. Enquanto os primeiros documentos, como o JCGM 100:2008 e o JCGM 102:2011, enfatizavam principalmente a propagação da incerteza e o tratamento matemático de saídas múltiplas, documentos mais recentes, como o JCGM GUM-6:2020 e o JCGM GUM-1:2023, deslocam o protagonismo para o papel dos modelos de medição.

A centralidade do conceito de modelo no documento JCGM GUM-6:2020 é clara e multifacetada, assumindo um papel fundamental na forma como a metrologia tem compreendido e orientado os processos de medição. O guia propõe um caminho sistemático para a construção do modelo de medição, que se inicia na definição cuidadosa do mensurando e avança para a modelagem do princípio de medição, a escolha da estrutura mais adequada para o modelo e a incorporação dos diversos efeitos que influenciam a medição na prática. O GUM-6 enfatiza que o modelo precisa considerar todas as grandezas que contribuem de forma relevante para a estimativa do mensurando ou para a incerteza do valor atribuído.



Além de sua função tradicional, que é permitir a propagação da incerteza das quantidades de entrada para as de saída, o GUM-6:2020 amplia seu escopo ao discutir a própria adequação do modelo. O documento traz orientações para análise de sensibilidade e para o tratamento de problemas numéricos, reforçando que a modelagem deve ser apropriada ao propósito da medição. Ao consolidar o entendimento de que medir é, antes de tudo, modelar, o GUM-6 oferece ferramentas conceituais e metodológicas que dão suporte à confiabilidade e robustez dos resultados. Nesse movimento, a modelagem deixa de ser vista apenas como uma ferramenta e passa a ocupar o centro da estrutura epistêmica da metrologia, conferindo significado e legitimidade aos valores medidos.

Nesse cenário de transformação normativa e conceitual, os documentos do JCGM se alinham às discussões contemporâneas da epistemologia da medição. Medir, hoje, é cada vez mais compreendido como explicitar e justificar o modelo usado, com suas variáveis, hipóteses e limitações. Essa mudança representa uma inflexão importante: a modelagem não é mais um recurso posterior ao cálculo da incerteza, mas sim o ponto de partida de qualquer processo de medição. Esse deslocamento reforça a ideia de que a medição científica está profundamente ancorada em seus contextos teóricos e que refletir sobre o modelo utilizado é tão importante quanto garantir a precisão dos resultados. Essa visão, já presente nas discussões filosóficas sobre a medição do início do século XXI, ganha agora respaldo normativo, o que evidencia que a centralidade da modelagem ultrapassa o discurso e passa a estruturar, de fato, as práticas da metrologia contemporânea.

Essa inflexão epistemológica, que reposiciona a modelagem no cerne do processo de medição, também se manifesta concretamente na própria estruturação dos sistemas de unidades que passamos a discutir.

3.3 SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)

O primeiro sistema de unidades de medidas estabelecido oficialmente no CGPM, em 1889, foi denominado sistema MKS (Metro-Quilograma-Segundo). Nesse sistema, as definições do metro e do quilograma foram ancoradas em artefatos físicos, e a do segundo, em um fenômeno natural observável. A barra e o cilindro de platina-irídio depositados no BIPM constituíam-se em instâncias materiais cujo valor intrínseco e estável serviria como padrão para comparação de grandezas físicas específicas: o comprimento, aferido em metros, e a massa, em quilogramas. A unidade de tempo, o segundo, foi definida em termos de observações astronômicas como 1/86.400 do dia solar médio. Também nessa conferência, foram distribuídas réplicas oficiais do padrão de massa, os chamados IPK (International Prototype of the Kilogram – IPK), destinadas aos 17 Estados signatários da Convenção do Metro, dentre eles o Brasil (Inmetro, 2025). Quando o ampere foi acrescentado em 1948, resultando no sistema MKSA, sua definição também se baseou em uma propriedade física assumida como real: a força entre condutores ideais. Assim, pode-se dizer que os primeiros sistemas de unidades foram criados sob uma perspectiva realista, associando cada unidade de medida com uma instância física de uma propriedade ontologicamente dada.

O Sistema Internacional de Unidades (SI), estabelecido em 1960, acrescentou duas novas unidades: o kelvin para a medida de temperatura, definido em termos de um estado físico específico – o ponto tríplice da água, a candela para a intensidade luminosa e o mol (em 1971), baseados em princípios experimentais em condições idealizadas. Houve modificação na definição do metro, que passou a ser descrito como 1650.763,73 comprimentos de onda da radiação laranja-vermelha do criptônio-86, e também na do segundo. Entretanto, a massa continuou a ser definida por meio de objetos físicos concretos, os IPK. Somente em 2019, na redefinição do SI, os pressupostos realistas e ontológicos foram substituídos por uma



perspectiva baseada em modelos, mais próxima das “razões formais” e “informacionais” discutidas por Mari (2003). As unidades passaram a ser definidas por constantes universais e por um sistema coerente de atribuições, enfatizando a consistência do modelo e a adequação informacional mais do que a materialidade de uma propriedade essencial. Como sintetizam Stock, Davis, Mirandés e Milton (2019, p. 17, tradução nossa): “as novas definições usam as regras da natureza para criar as regras de medição e vincular as medições nas escalas atômica e quântica àquelas no nível macroscópico”.

Talvez o exemplo mais marcante da lentidão com que as discussões filosóficas repercutem nas normas internacionais de metrologia seja o padrão de massa do SI: de 1875 a 2019, um único objeto físico depositado no BIPM em Paris, juntamente com suas réplicas oficiais (IPK, criadas em 1889), serviu como referência para a unidade de massa. A mudança teve também uma motivação prática: ao longo do tempo, pequenas variações, atribuídas a contaminação ou perda de material em algumas réplicas, revelaram diferenças de massa em relação ao protótipo central, evidenciando a necessidade de redefinir o quilograma com base em constantes físicas imutáveis (*ibid.*, 2019). É preciso reconhecer que essa lentidão na mudança não ocorreu apenas por razões filosóficas. Segundo Stock, Davis, Mirandés e Milton (2019), há décadas se reconhecia a vantagem de definir o quilograma a partir de uma massa atômica ou de uma constante fundamental; contudo, apenas recentemente isso se tornou tecnicamente viável por meio da balança de Kibble ou do método de densidade cristalina por raios X.

Todas as unidades do SI são agora definidas em termos de constantes universais, como a constante de Planck, na definição da massa, e a velocidade da luz, na definição da unidade metro, com valores fixados, sem incerteza. A definição em termos de constantes universais aumenta a acurácia tanto no uso das unidades quanto na determinação das constantes universais. Como consequência,



outras áreas da metrologia e das ciências também precisaram ser ajustadas (Kacker, 2021).

Em síntese, o novo SI não é apenas uma atualização técnica, mas resulta de uma profunda reflexão epistemológica: desloca o foco de padrões materiais para constantes universais, substitui “verdade” por “informação e coerência”, e insere explicitamente a modelagem teórica no núcleo da definição de unidade. Especialmente as discussões sobre a modelagem científica presentes no GUM e na Epistemologia da Medição justificam que o ensino do processo de medição seja estruturado em torno da modelagem científica, exigindo que o ensino de Física se alinhe a essa perspectiva. Dessa forma, passamos a discutir as potencialidades da abordagem da modelagem no processo de medição no contexto do ensino de Física.

4. PAPEL DA MODELAGEM NO ENSINO DE FÍSICA

A área de ensino de Ciências tem se mostrado cada vez mais comprometida com a incorporação de discussões sobre o que é ciência e como se faz ciência. A epistemologia da ciência no ensino de Física vem, progressivamente, ganhando espaço no campo da educação científica (e.g., Pinto e Silva, 2021), tornando-se quase consensual a defesa da importância de se debater visões de ciência em sala de aula.

No que se refere ao fazer científico, comprehende-se que a medição ocupa um papel central como uma das razões da confiabilidade atribuída à ciência. Ela está presente tanto nos laboratórios científicos e escolares quanto no vocabulário cotidiano da sociedade, contribuindo para a percepção pública da ciência como objetiva e rigorosa. Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar e Duschl (2003),



por exemplo, identificam a medição científica como um dos sete temas considerados mais relevantes por cientistas para serem abordados na educação científica, o que evidencia o reconhecimento, por parte da comunidade científica, de seu papel fundamental no processo de produção do conhecimento.

Algumas nuances da medição são socializadas culturalmente: a valorização dos instrumentos de medição, a compreensão do conteúdo informativo dos dados quantitativos e até mesmo a leitura básica de gráficos são aspectos frequentemente associadas ao exercício da cidadania e, muitas vezes, aprendidas no cotidiano, fora do ambiente escolar. Essa dimensão cultural da medição revela que, ao abordarmos perguntas como “o que é ciência?” e “como a ciência é feita?”, torna-se indispensável incluir a discussão sobre o processo de medição científica. Tal abordagem amplia a compreensão dos estudantes sobre os modos de produção do conhecimento, permitindo-lhes perceber a ciência não apenas como um conjunto de resultados objetivos, mas como um processo dinâmico, modelado, interpretativo e construído coletivamente.

A análise dos documentos oficiais, abordada neste capítulo, evidencia que o enfoque na medição científica constitui um espaço profícuo para a inserção de temas da Filosofia da Ciência no ensino de Física. Isso se torna ainda mais evidente quando se constata que mesmo documentos normativos da metrologia, como o Vocabulário Internacional de Metrologia, carregam implicações filosóficas relevantes. As potencialidades didáticas dessa abordagem são diversas, especialmente quando se considera as mudanças epistemológicas e conceituais trazidas pelos documentos publicados na última década.

Uma atividade, por exemplo, que explora a medição do valor da aceleração gravitacional por meio do período de um pêndulo pode ser feita com o objetivo de comparar o valor medido e o que se busca medir. Dessa forma, pode-se desenvolver discussões sobre a natureza ontológica da realidade e o uso de modelos e idealizações



no desenvolvimento de uma medição. Essa atividade cria potencialidades na promoção de reflexões sobre o que significa medir e representar propriedades tanto supostas como reais quanto idealizadas.

Atividades que exploram medições de diferentes grandezas abrem um leque de possibilidades para o entendimento do significado de um resultado de medida, reforçando que ele não está no número isoladamente, mas sim no conjunto de convenções, procedimentos e padrões que definem a validade de uma medição.

Aulas que discutem o processo de medição com enfoque na filosofia da ciência promovem subsídios para a inserção de discussões tanto sobre aspectos procedimentais do processo de medição, como o cálculo de incertezas e a construção de modelos de medição, quanto para a debates sobre a natureza do fazer científico, visto que elas resumem as ações da comunidade científica na coleta, processamento e análise de dados.

Para além da discussão sobre as normas, o enfoque na medição científica oferece subsídios para a aprendizagem de conceitos de Física. Ainda que esteja fora do escopo deste capítulo, artigos, como de Pigosso, Heidemann e Veit (2024) e Calsing, Heidemann e Krug (2025), demonstram que o processo de medição científica também pode ser evocado para o ensino de conceitos do campo da física, como temperatura, velocidade e força gravitacional.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste capítulo, buscou-se mostrar que o processo de medição científica não é apenas uma prática técnica, mas uma construção epistemológica carregada de significado, que ocupa papel central no fazer científico. Defende-se, assim, que o ensino de ciências deve incorporar essas concepções mais contemporâneas



da metrologia e da epistemologia da medição, reconhecendo o papel da modelagem e das incertezas como elementos fundamentais da prática científica. A definição de medição e de modelo de medição, tal como apresentada em documentos normativos como o Vocabulário Internacional de Metrologia e o Guia para Determinação de Incertezas, revela tensões conceituais e abre espaço para discussões filosóficas que são relevantes no contexto escolar.

A centralidade da medição na prática científica e sua presença no cotidiano revelam seu potencial como ponto de partida para desenvolver uma compreensão mais profunda sobre o que é ciência e como se faz ciência. Discutir a medição em sala de aula permite ir além da aplicação de fórmulas e do uso de instrumentos: trata-se de abrir espaço para refletir sobre os limites do conhecimento científico, a natureza dos modelos, a confiabilidade dos dados e as escolhas que sustentam as representações quantitativas do mundo.

Nesse sentido, o ensino de Física pode incorporar a medição como um elemento estruturante, não apenas nos aspectos experimentais, mas também como eixo de reflexão epistemológica. As mudanças recentes nas normas da metrologia, como as que se observam na transição entre as versões do VIM, mostram uma crescente valorização da modelagem e de aspectos epistemológicos da medição. Tais mudanças oferecem ao ensino a oportunidade de renovar suas práticas e dialogar com concepções contemporâneas da ciência. Além disso, reconhecer que os resultados são validados em contextos de avaliação entre pares permite introduzir os estudantes aos mecanismos sociais que garantem a legitimidade e a estabilidade dos conhecimentos científicos.

Por fim, ao trazer a medição para o debate didático-científico, podem ser ampliadas as possibilidades de desenvolver uma educação científica crítica, capaz de formar estudantes que não apenas dominem técnicas, mas que também compreendam os processos, os pressupostos e os limites do conhecimento científico.

A medição, nesse contexto, deixa de ser apenas uma etapa de experimentação para se tornar uma porta de entrada para a compreensão da ciência como empreendimento humano, interpretativo e historicamente situado.

REFERÊNCIAS

- BOUMANS, M. Modeling strategies for measuring phenomena in- and outside the laboratory. *In: OKASHA, S.; HARTMANN, S.; REGT, H. W. (Eds.) EPSA philosophy of Science*: Amsterdam 2009. The European philosophy of science association proceedings. Springer, 2012.
- CALSING, I. W.; HEIDEMANN, L. A.; KRUG, C. Uma atividade experimental remota focada na medição dos períodos de pêndulos para corroborar a esfericidade da Terra. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 47, 2025.
- CARTWRIGHT, N. The Reality of Causes in a World of Instrumental Laws. *In: ASQUITH, P. D.; GIERE, R. N. (Orgs.). PSA 1980, Volume 2: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*. East Lansing: Philosophy of Science Association, 1980.
- COX, M.; O'HAGAN, A. Meaningful expression of uncertainty in measurement. *Accreditation and Quality Assurance*, v. 27, n. 1, p. 19–37, 2022.
- GIORDANI, A.; MARI, L. Measurement, models, and uncertainty. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, v. 61, n. 8, p. 2144–2152, 2012.
- GOMES, A. D. T. Concepções de estudantes do Ensino Médio sobre os conceitos de média e dispersão de dados. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 33, n. 1, p. 51–71, 2016.
- GRÉGIS, F. On the meaning of measurement uncertainty. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*. v. 133, p. 41–46, 2019.
- HACKING, Ian. **Representar e intervir**: introdução à filosofia da ciência. Trad. Pedro Rocha de Oliveira. 1 ed. Rio de Janeiro, Editora UERJ, 2012.
- INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia**. Portaria Inmetro 029 de 1995. 4 ed. Rio de Janeiro: INMETRO, 2005. Disponível em: https://www.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/zacharias/vocabulario_inmetro.pdf. Acesso em: 10 ago. 2025.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Vocabulário**

Internacional de Metrologia: conceitos fundamentais e gerais e termos associados. Duque de Caxias: INMETRO, 2012. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/vim_2012.pdf. Acesso em: 10 ago. 2025.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **O sistema**

internacional de unidades (SI). 9 ed., 2 ed. da trad. luso-brasileira. Brasília: INMETRO, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/inmetro/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/documentos-tecnicos-em-metrologia/si_versao_final.pdf. Acesso em: 10 ago. 2025.

JCGM. **Guide to the expression of uncertainty in measurement Part 6** - Developing and using measurement models. JCGM GUM-6:2020. Sèvres: BIPM, 2020. Disponível em: https://www.bipm.org/documents/20126/2071204/JCGM_GUM_6_2020.pdf. Acesso em: 10 ago. 2025.

JCGM. **Guide to the expression of uncertainty in measurement Part 1** -

Introduction. JCGM GUM-1:2023. Sèvres: BIPM, 2023. Disponível em: https://www.bipm.org/documents/20126/2071204/JCGM_GUM-1.pdf/74e7aa56-2403-7037-f975-cd6b555b80e6. Acesso em: 10 ago. 2025.

KACKER, R. N. Measurement uncertainty and its connection with true value in the GUM versus JCGM documents. **Measurement**, v. 127, p. 525-532, 2018.

KACKER, R. N. On quantity, value, unit, and other terms in the JCGM International Vocabulary of Metrology. **Measurement Science and Technology**, v. 32, n. 12, 2021.

LIMA JUNIOR, P.; SILVEIRA, F. L. Discutindo os conceitos de erro e incerteza a partir da tábua de Galton com estudantes de graduação: uma contribuição para a incorporação de novas abordagens da metrologia ao ensino de Física superior. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 2, p. 400-422, 2011.

MARI, L. Epistemology of measurement. **Measurement**, v. 34, n. 1, p. 17-30, 2003.

OSBORNE, J.; COLLINS, S.; RATCLIFFE, M.; MILLAR, R.; DUSCHL, R. What “ideas-about-science” should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 40, n. 7, p. 692-720, 2003.

PIGOSSO, L. T.; HEIDEMANN, L. A. Uma revisão da literatura sobre a abordagem do processo de medição científica no ensino de Física na Educação Básica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 28, n. 2, p. 332-351, 2023.

PIGOSSO, L. T.; HEIDEMANN, L. A.; VEIT, E. A. O processo de medição no ensino de Física a partir do enfoque no processo de modelagem científica: subsídios para o desenvolvimento de atividades no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 41, n. 1, p. 66–93, 2024.

PINTO, R. C.; SILVA, C. C. Natureza da Ciência no ensino: entre a pesquisa acadêmica e as orientações oficiais para a educação básica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 27, 2021.

STOCK, M.; DAVIS, R.; MIRANDÉS, E.; E MILTON, M. J. T. The revision of the SI—the result of three decades of progress in metrology. **Metrologia**, v. 56, 2019.

TAL, E. Models and measurement. In: KNUUTILA, T.; CARRILLO, N.; KOSKINEN, R. (eds.). **The Routledge Handbook of Philosophy of Scientific Modeling** (1 ed.). London: Routledge, 2024. p. 256-269.

TAL, E. A model-based epistemology of measurement. In: MÖßNER, N.; NORDMANN, A. (EE.). **Reasoning in measurement**. London: Routledge, 2017. (History and Philosophy of Technoscience).

TAL, E. Measurement in science. In: ZALTA, E. N. (E.). **Stanford Encyclopedia of Philosophy** [online]. Stanford: Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2021. Disponível em: <https://plato.stanford.edu/entries/measurement-science/>. Acesso em: 25 jun. 2025.

4

*Luiz Felipe de Moura da Rosa
Alexsandro Pereira de Pereira*

NEGOCIANDO NOVOS NÍVEIS DE INTERSUBJETIVIDADE NA ZONA DE DESENVOLVIMENTO PROXIMAL:

UM EXEMPLO ENVOLVENDO O ENSINO DE
FÍSICA QUÂNTICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a pesquisa em Educação em Ciências no Brasil consolidou uma “virada discursiva” (Mortimer; Scott, 2002), com diversos trabalhos focados em como significados são produzidos e negociados em sala de aula por meio da linguagem e de outros recursos semióticos. Parte dessa produção mapeou o discurso de sala (de forma mais ampla) em termos de padrões de interação professor-alunos e movimentos de fala, oferecendo ferramentas para analisar e planejar o ensino (Mortimer; Scott, 2002); enquanto outra parte voltou-se a práticas discursivas específicas – como as negociações de significados em contextos concretos de atividade (Aguiar Jr.; Mortimer, 2005).

Tomando esse cenário como ponto de partida, os tópicos de física moderna e contemporânea constituem um terreno privilegiado para observar negociações de significados, justamente por sua incomensurabilidade com os quadros conceituais da física clássica (Hoernig; Massoni; Hadjimichef, 2021; Januário; Hoernig; Massoni, 2024). No ensino de física quântica (FQ), em particular, revisões da literatura apontam a expansão curricular da quântica no Ensino Médio (EM) e os limites de abordagens tradicionais e de certos materiais didáticos, que podem induzir interpretações clássicas de ideias não clássicas (Krijtenburg-Lewerissa *et al.*, 2017; Stadermann; Van Den Berg; Goedhart, 2019). Nessa direção, destaca-se o chamado problema de referência em quântica – isto é, como estudantes constroem referentes e adotam perspectivas ao falar de “partículas”, “ondas”, “trajetos” ou “estados” (Henriksen *et al.*, 2018; Lautesse *et al.*, 2015; Pereira; Solbes, 2022). Tais noções desafiam repertórios intuitivo-clássicos e carecem de referentes estáveis na linguagem cotidiana (Carvalho *et al.*, 2023), o que leva estudantes a adotar com frequência perspectivas clássicas ao se referir a elas (Greca; Freire Junior, 2003; Johnston; Crawford; Fletcher, 1998; Kalkanis; Hadzidaki; Stavrou, 2003; Krijtenburg-Lewerissa *et al.*, 2017).



Além de reconhecer o potencial da FQ em fomentar discussões que envolvam negociação de significados considerando as distintas perspectivas que os estudantes podem adotar, identificamos a dualidade onda-partícula como conteúdo usualmente empregado para introduzi-la na educação básica (Hohenfeld; Penido; Lapa, 2013; Carvalho *et al.*, 2023; Hoernig; Massoni; Hadjimichef, 2021; Krijtenburg-Lewerissa *et al.*, 2017; Stadermann; Van Den Berg; Goedhart, 2019). Entre as abordagens didáticas que viabilizam seu tratamento nesse nível, destaca-se o uso de simulações computacionais (Ferreira; Souza Filho, 2016, 2019; Hohenfeld; Penido; Lapa, 2013; Carvalho *et al.*, 2023).

No presente capítulo, apresentamos uma análise de interações discursivas de estudantes da educação básica em uma atividade de ensino mediada por um interferômetro virtual de Mach-Zehnder (IVMZ) (Ostermann; Prado; Ricci, 2006). O objetivo é investigar como os estudantes, trabalhando em grupos, negociam novos níveis de intersubjetividade conforme eles respondem a questões conceituais de um roteiro de atividades fornecido pelo professor. O referencial teórico que fundamenta o presente estudo é a abordagem sociocultural de Wertsch (1991), em particular a sua interpretação da teoria de Vygotsky (Pereira; Lima Junior, 2014; Wertsch 1985) com ênfase na sua extensão do conceito de zona de desenvolvimento proximal (Wertsch, 1984). A metodologia consiste na análise microgenética de negociações que ocorrem nos pequenos grupos conforme eles avançam na atividade. Os resultados mostram que essas negociações podem, ou não, levar os estudantes a redefinirem a situação em sentido a estabelecer uma intersubjetividade, podendo ocorrer com base na persuasão, autoridade e até estratégias de resistência.

2. REFERENCIAL TEÓRICO: A ABORDAGEM SOCIOCULTURAL

O presente estudo é baseado na abordagem sociocultural de James V. Wertsch (1991, 1998). A missão dessa abordagem é relacionar a ação humana ao contexto institucional, cultural e histórico, apresentando como unidade de análise a ação mediada. De acordo com essa perspectiva, a ação humana é mediada por ferramentas culturais que moldam a ação de modo fundamental. O uso concreto dessas ferramentas envolve uma “tensão irredutível” (Wertsch, 1998) entre agentes ativos e itens como instrumentos de trabalho e a linguagem. Como tais ferramentas são disponibilizadas por um cenário sociocultural particular, é a categoria de ferramenta cultural que estabelece o *link* entre a ação individual (agência) e as configurações culturais, históricas e institucionais (estrutura). De acordo com essa definição, a ação mediada pode ser externa ou interna e pode ser realizada tanto por grupos (pequenos ou grandes) como por indivíduos.

A ênfase na mediação deriva da teoria histórico-cultural de Lev S. Vygotsky (1981a), que afirma que as funções mentais superiores, no indivíduo, derivam da vida social. Essa tese sobre a origem social das funções mentais superiores aparece expressa na sua lei genética geral do desenvolvimento cultural, segundo a qual toda função superior aparece primeiro no plano “*interpsicológico*” (i.e., entre pessoas) e só então no plano “*intrapsicológico*” (i.e., individual). Uma importante aplicação dessa lei pode ser encontrada na definição de zona de desenvolvimento proximal, que consiste na “distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes” (Vygotsky, 1991, p. 112).



Ao sistematizar o estudo de processos interpsicológicos na zona de desenvolvimento proximal, Wertsch (1984) expandiu a definição de nível de desenvolvimento potencial ao incluir os construtos de definição da situação, intersubjetividade e mediação semiótica. A definição da situação consiste no modo como os participantes de uma atividade representam objetos ou eventos nessa atividade. Em muitos casos, dois participantes podem ter representações tão distintas da atividade que é possível afirmar que eles não estão realizando a mesma tarefa. A intersubjetividade, por sua vez, deriva dos escritos de Rommetveit (1976) e pode ser definida como processos interpsicológicos nos quais dois interlocutores compartilham a mesma definição da situação. As negociações de definição da situação envolvem normalmente uma redefinição da situação por parte de um dos interlocutores. Por fim, a mediação semiótica é o mecanismo que torna tais negociações possíveis. Em vez de assumir que a fala simplesmente expressa uma definição da situação preeexistente, o pressuposto é o de que a intersubjetividade é criada por meio do uso da linguagem.

A intersubjetividade pode existir em vários níveis. Em um extremo, pode acontecer de dois interlocutores concordarem apenas com a localização de objetos concretos em uma situação de comunicação. No outro, eles podem representar objetos e eventos de maneiras quase idênticas. Na maioria dos casos, no entanto, eles negociam uma definição da situação de intersubjetividade que difere da forma com que ambos os participantes compreendem a situação no plano intrapsicológico. No caso das interações entre um adulto e uma criança (ou entre professor e estudantes), é importante reconhecer que há uma assimetria nas negociações da definição da situação de intersubjetividade. De modo geral, a aceitação de uma segunda definição da situação por parte do adulto tende a ser apenas temporária e não representa uma mudança de posição com relação a maneira como objetos e eventos são mais adequadamente compreendidos no contexto da atividade. A única redefinição da situação genuína e duradoura ocorre sempre por parte da criança.



Com relação à mediação semiótica, Vygotsky estabeleceu uma analogia entre instrumentos e signos, se referindo a esse último como ferramentas psicológicas (Vygotsky, 1981b). A abordagem sociocultural amplia essa analogia ao introduzir a noção de "kit de ferramentas" (Wertsch, 1991), que permite explorar a natureza da diversidade de ferramentas culturais disponíveis aos seres humanos e a razão pela qual uma ferramenta, em oposição a outra, é empregada em uma dada situação específica. Com relação ao primeiro aspecto, Wertsch recorreu ao conceito de heterogeneidade discutido por Tul'viste (1987), que pressupõe a existência de uma variedade de formas qualitativamente distintas de representar e agir sobre o mundo. No que se refere ao segundo aspecto, o autor utilizou o termo "privilegiar" (Wertsch, 1991) para se referir ao fato de uma ferramenta cultural ser considerada mais adequada ou mais eficaz do que outras em um determinado contexto.

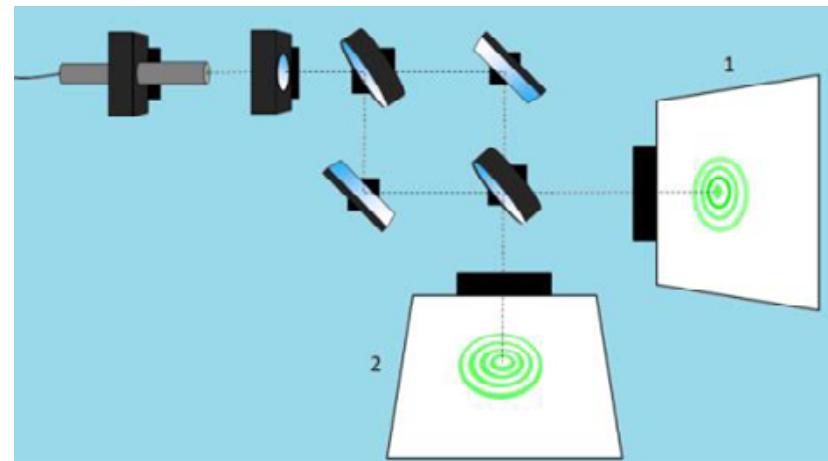
Na teoria vygotskiana, as transições genéticas de processos interpsicológicos até o plano intrapsicológico são descritas em termos da noção de internalização. Na abordagem sociocultural tais processos são caracterizados em termos das noções de "domínio" e de "apropriação" (Wertsch, 1998). O domínio se refere ao saber utilizar uma ferramenta cultural com facilidade, ou seja, a ênfase está em saber como em vez de saber o que (Ryle, 2009). A apropriação, por sua vez, diz respeito aos casos em que o agente se identifica com a ferramenta cultural utilizada, atribuindo à ferramenta um "sentido pessoal" em oposição a um "significado" mais abstrato e distanciado (Leont'ev, 1981). A noção de apropriação deriva dos textos de Bakhtin (1981) sobre como tomamos a palavra da boca de outras pessoas e as tornamos próprias. Um importante aspecto da apropriação é o fato de que ela sempre envolve um certo nível de "resistência" (Wertsch, 1998). Em particular, no caso da linguagem como ferramenta cultural, a resistência pode adquirir várias formas, incluindo dissimulação, ironia, comentários críticos e até mesmo a rejeição completa de um enunciado.

3. METODOLOGIA

O presente estudo foi conduzido no contexto sociocultural da instrução formal no qual os conceitos científicos emergem, em parte, devido às forças de racionalização que caracterizam a ação humana nesse ambiente (Wertsch, 1991). Mais especificamente, a pesquisa foi realizada em uma escola da rede pública estadual do Rio Grande do Sul, situada na cidade de Porto Alegre. As atividades de ensino foram conduzidas pelo primeiro autor do presente estudo, que também era professor na instituição e ministrava aulas de Física para todas as turmas do EM regular. Participaram da pesquisa 28 estudantes do terceiro ano, sendo 15 do sexo biológico masculino e 13 do feminino. A realidade socioeconômica de cada aluno era bem particular, resultando em um grupo bastante heterogêneo nesse aspecto. Esses estudantes foram divididos em pequenos grupos (duplas ou trios) para a realização de uma atividade que consistiu na resolução de questões sobre o IVMZ (Ostermann; Prado; Ricci, 2006), presentes em um roteiro elaborado pelo professor.

Os interferômetros são “instrumentos empregados em electroscopia para analisar a estrutura fina e hiperfina das linhas especiais, para comparar comprimentos de onda entre si ou com o metro padrão (medida absoluta de λ_0)” (Nussenzveig, 1998, p. 70). Diversos interferômetros foram desenvolvidos ao longo da história, entre eles o interferômetro de Mach-Zehnder – um arranjo experimental semelhante (porém simplificado se comparado) ao experimento da dupla fenda (Pessoa Júnior, 2005). Tal arranjo é apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Esquema do interferômetro de Mach-Zehnder



Fonte: elaborado pelos autores.

O IVMZ consiste em uma simulação computacional que apresenta a característica de ser operada com a fonte emitindo um feixe de laser (regime clássico) ou com a emissão de fótons únicos (regime quântico), sendo possível selecionar no menu um modo ou outro (Ostermann; Prado; Ricci, 2006). Neste capítulo, apresentamos o recorte em que os estudantes exploram a simulação no regime quântico (ou na transição entre o regime clássico e a emissão de fótons únicos)¹.

A tela do computador foi projetada pelo professor de modo que todos os estudantes pudessem visualizar a simulação. Para cada diferente configuração específica do IVMZ, os alunos foram solicitados a prever os resultados. Em seguida, o professor executava a simulação e os alunos observavam o que acontecia. Por fim, os alunos foram solicitados a explicar os resultados, comparando a observação com as suas previsões. Essa sequência de passos consiste

¹ Na dissertação há um maior detalhamento da simulação e da atividade, bem como do roteiro de sua exploração contemplando os regimes clássico e quântico (Rosa, 2019).



no “método POE” (predizer-observar-explicar) (Nedelsky, 1961) e é bastante popular no Ensino de Ciências. Na etapa da explicação, os alunos debatiam entre si sobre o resultado esperado, buscando, em caso de divergência, persuadir os colegas. Os enunciados empregados no processo de persuasão serviram como indicadores para a forma como os participantes da pesquisa definiam a situação nos diferentes casos.

O *corpus* de dados analisados consistiu em transcrições de registros em áudio gravados pelos próprios estudantes a partir de seus *smartphones*. As interações discursivas emergentes das transcrições foram organizadas respeitando as características principais do enunciado. Tais características são: os limites que indicam a mudança de falantes (seu começo é precedido pelos pronunciamentos de outros, e seu fim é seguido pelas declarações responsivas de outros ou a compreensão responsiva ativa dos outros); a finalização que ocorre quando o falante disse tudo o que ele desejava dizer em um momento particular ou em circunstâncias particulares; e a forma genérica que molda o discurso do falante a partir de elementos contextuais específicos (Wertsch, 1991).

O tipo de análise conduzida no presente estudo é a análise microgenética (Wertsch, 1991). A microgênese se refere ao desenvolvimento de um conceito, de uma habilidade ou de uma estratégia ao longo de uma única sessão experimental ou observacional (Wertsch; Stone, 1978). Nosso foco de análise são as negociações da definição da situação que ocorrem na zona de desenvolvimento proximal, conforme os participantes buscam estabelecer a intersubjetividade durante a realização da atividade. O pressuposto central de nosso estudo é o de que quando os participantes fornecem respostas incorretas em uma atividade, muitas vezes é porque eles falham em entender a situação da forma pretendida pelo pesquisador. Assim, em vez de responder incorretamente à tarefa definida pelo pesquisador, os participantes acabam, com frequência, respondendo corretamente a uma tarefa que eles próprios definiram (Wertsch, 1987).



Um aspecto essencial da definição da situação é a representação de objetos (Wertsch, 1984). Nesse sentido, diferenças na definição da situação podem ser analisadas em termos da noção de perspectiva referencial, que consiste em uma forma particular de o falante identificar o referente (Wertsch, 1991). Diferenças na definição de objetos estão intimamente ligadas às diferenças naquilo que é feito com os objetos no contexto da atividade. Assim, torna-se necessário incorporar na análise a noção de padrão de ação, que corresponde às etapas envolvidas em uma ação estratégica direcionada a um objetivo (Wertsch, 1984). No caso de "objetos linguísticos" (Wertsch, 1991), tais como fótons e outros conceitos científicos que serão analisados no presente estudo, os padrões de ação correspondem à forma com que esses termos são usados na fala dos estudantes. De acordo com essa perspectiva, é a capacidade humana de usar a linguagem para falar da própria linguagem (em oposição ao uso da linguagem para se referir a uma realidade não linguística) que dá origem a uma espécie de "segunda realidade" feita de significados abstratos dos signos (Wertsch, 2005).

O poder de persuasão (Wertsch, 1991) envolvido nas negociações da definição da situação analisadas no presente estudo será avaliado em termos do "dualismo funcional" de Lotman (1988). De acordo com essa perspectiva, todo enunciado exerce duas funções básicas: transmitir significados adequadamente e gerar novos significados. A primeira função é chamada de função unívoca e está normalmente associada a "discursos de autoridade" (Bakhtin, 1981) tais como o discurso científico. A segunda função, por sua vez, é chamada de função dialógica e representa os casos em que discursos de autoridade (tais como textos científicos) são utilizados como "dispositivo de pensamento" (Wertsch, 1991) para formular novos pontos de vista. Ambas as funções são tipicamente encontradas em qualquer contexto sociocultural, embora uma ou outra tende a dominar certas áreas da atividade humana. Um pressuposto básico de nossa análise consiste na hipótese de que os discursos dialógicos podem cumprir um papel persuasivo nas negociações da definição da situação durante a atividade.

4. RESULTADOS

Nesta seção, são analisadas as transcrições das negociações de definição da situação entre os estudantes, conforme eles avançam na atividade. Nestas, são observadas as diferentes formas com que os estudantes atingem diferentes tipos de intersubjetividade. No primeiro episódio, as negociações ocorrem no plano social da sala de aula, com a participação de integrantes de diferentes grupos. Nos referimos a esse tipo de funcionamento interpsicológico como negociações intergrupais. Nos demais episódios, as negociações ocorrem entre os membros de uma mesma dupla. A esse último tipo de interação social chamamos de negociações intragrupais. As diferentes classificações dos episódios de negociação são apresentadas a seguir.

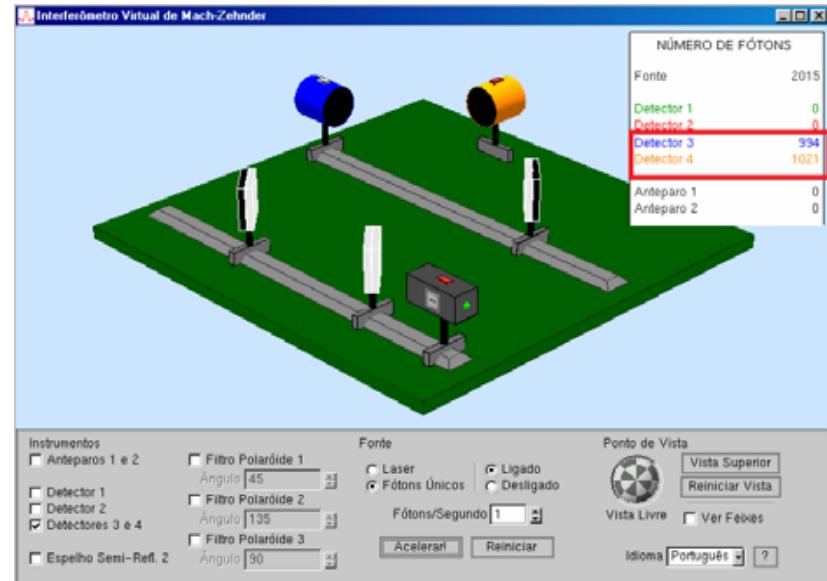
4.1. INTERSUBJETIVIDADE POR *REDEFINIÇÃO* DA SITUAÇÃO EM NEGOCIAÇÕES INTERGRUPAIS

No fragmento de discurso a seguir (Exerto 1)², os estudantes observam a contagem de fótons nos detectores (canto direito superior da interface do simulador) conforme a simulação opera em uma configuração na qual o segundo espelho semirrefletor foi removido (Figura 2). Nessa transcrição, o professor é designado pela letra P e os estudantes são designados por A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1 etc., dependendo do grupo ao qual foram atribuídos no início da atividade.

2

A ordem dos excertos foi reorganizada para este capítulo. As transcrições na íntegra encontram-se no apêndice B da dissertação (Rosa, 2019).

Figura 2 – Interface do simulador operando sem o espelho
semirrefletor 2 no modo “fótons únicos”



Fonte: captura de tela realizada pelos autores.

Excerto 1

1. C1: Ah, ele só detecta ...
2. C2: Ah, eu sabia que ele não [inaudível].
3. C1: Como assim ele divide? É o que ele [referindo-se a P] disse, vai ser dividido.
4. G1: Não deveria dividir igual nos dois detectores?
5. P: Saiu três fótons da fonte até agora. Chegou dois no azul e um no laranja.
6. C1: Vai ser dividido. Tá quase. Olha ali, cinco e três [no azul e no laranja, respectivamente. P clica no comando “acelerar”].
7. C1: Tá. Oh, mudou!

8. E1: [dirigindo-se a P] Ô sor, mas por que é que não tá igual?
9. C2: Mas o amarelo aumentou, o amarelo tá maior agora.
10. C1: Hum.
11. G1: Por que tem diferença?
12. C1: Ele inverteu.
13. P: Não invertei nada, só apertei no "acelerar".
14. C1: Não sor, mas antes o azul tava maior e agora o amarelo tá maior.
15. C2: Será que eles não podem se bater, assim?
16. C1: Os fótons vai pro amarelo porque ele é mais fraco, primeiro ele é refletido antes de refletir pra outro espelho [repetindo a resposta de outro grupo ao fundo]... Não, mas não tem nada a ver. Pela cara do sor dá pra ver que não tem nada a ver [risos].
17. J1: Mas isso é que nem quando tu toca uma moeda pra cima, tem chance de cair cara ou coroa.
18. D1: Aquele lance de probabilidade?
19. G1: Sor, mas não tem a ver que o espelho semirrefletor vá refletir, vai sofrer interferência e daí às vezes ele vai refletir para um e às vezes vai refletir para outro, não vai? Então não tem como saber qual vai receber mais.
20. P: Não, o espelho não sofre interferência.
21. G1: Ah sor, tu entendeu... Ele vai fazer a onda sofrer a interferência.
22. P: Sofrer um desvio?
23. G1: É... daí não tem como tu saber pra qual vai mais...
24. P: O que a tua dupla acha sobre isso?
25. C2: Talvez seja por probabilidade, galera! [dirigindo-se a toda turma]



Nesse excerto, há uma enorme diferença na forma como os estudantes e o professor definem a situação da atividade. Inicialmente, os estudantes abordam a tarefa a partir de uma perspectiva baseada na “igualdade de leitura nos dois detectores” e ficam confusos quando um dos detectores registra mais fótons do que o outro (enunciados 4 e 8). Eles parecem ainda mais confusos quando o detector laranja passa a registrar mais fótons do que o detector azul, logo após o professor acionar o comando “acelerar” (enunciados 7, 9, 12 e 14). Em um dado momento, os estudantes chegam a ensaiar uma explicação para a diferença na leitura entre os detectores, mas logo são desencorajados pelo professor, conforme mostram os enunciados 15 e 16. Somente a partir da intervenção de J1 (enunciado 17) é que os estudantes redefinem a situação, abordando a tarefa a partir de uma perspectiva probabilística, baseada na “aleatoriedade na definição do caminho percorrido pelo fóton” (enunciados 18, 19 e 23). Apesar de haver desde o início uma concordância entre o professor e os estudantes sobre os objetos e eventos a serem observados na atividade (nesse caso, o registro de fótons nos detectores), é somente a partir da intervenção de J1 que os estudantes passaram a compartilhar o mesmo ponto de vista do professor, atingindo assim um novo nível de intersubjetividade acerca dos objetivos da tarefa em questão.

Conforme mencionado na seção de metodologia (seção 3), diferenças na definição da situação estão intimamente relacionadas às diferenças naquilo que é feito com os objetos durante a atividade. Desse modo, as diretivas do professor com relação à distribuição inicial de fótons nos detectores (enunciado 5) e sua iniciativa de acionar o comando “acelerar” no início da tarefa (enunciado 13) são consistentes com a posição na qual os eventos são mais adequadamente representados a partir de uma perspectiva probabilística. Além disso, as negociações de significados também ocorrem no sentido de dar suporte à internalização de conceitos científicos por parte dos estudantes. Apesar de os enunciados 19 e 23 sugerirem



uma redefinição da situação por parte dos estudantes, na qual eles enfatizam o caráter probabilístico da distribuição de fótons em oposição à igualdade de registro de fótons nos detectores, é possível observar uma falta de domínio por parte de G1 com relação ao uso dos conceitos científicos relevantes à atividade tais como reflexão e interferência. Assim, as diretrivas do professor (enunciados 20 e 22) constituem um convite para o estudante reformular a sua explicação nos termos da linguagem da “ciência oficial”³ (o que nesse caso não ocorreu de forma satisfatória). O fato de o professor perguntar sobre a opinião do grupo G (enunciado 24) acerca da nova perspectiva adotada (perspectiva probabilística) é um indicativo de sua aceitação da nova definição da situação dos estudantes, o que foi prontamente percebido por C2 (enunciado 25).

4.2. INTERSUBJETIVIDADE POR PERSUASÃO EM NEGOCIAÇÕES INTRAGRUPAIS

Nas negociações intergrupais, foi possível identificar diferentes tipos de intersubjetividade. Em alguns casos, a intersubjetividade foi estabelecida a partir do poder de persuasão (Wertsch, 1991) de um dos integrantes da dupla. Em outros, nenhuma redefinição da situação é observada e os estudantes só chegam a um acordo devido à reputação de “companheiro mais capaz” (Vygotsky, 1991) de um deles. No fragmento de discurso a seguir (Excerto 2) é apresentada uma ilustração do primeiro tipo, em que os estudantes do grupo M (designados por M1 e M2) são solicitados a prever o padrão de distribuição de fótons nos detectores com o interferômetro montado na mesma configuração da Figura 1, instantes antes de ligar a fonte.

3

Wertsch (1991) usa o termo “ciência oficial” para se referir à ciência que é ensinada no currículo formal.

Exerto 2

1. M1: Vai passar um fóton por segundo pra cada uma das...
2. M2: Não, meio fóton.
3. M1: Meio fóton? Mas cara, não faz sentido porque o fóton não é dividido. Então, vai ir um fóton pra um [detector] e depois um fóton pro outro porque um fóton só não é divisível.
4. M2: Então ele meio que vai fazer um bate-volta?
5. M1: Vai ser assim tipo, ele tem 50% de chance de ir pro refletor 2 e 50% de chance de ir pro refletor 1. Dependendo, vai ir por um caminho e vai chegar num bagulho de detectar os fótons lá ou dependendo vai pelo outro caminho e vai chegar no outro bagulho de detectar os fótons lá.
6. M2: Bah, pode crer⁴.

Nesse excerto, os estudantes iniciam a atividade com definições da situação distintas. Enquanto M2 representa o fóton como um objeto divisível, o que possibilitaria a detecção de "meio fóton" (enunciado 2), M1 o define como algo indivisível, o que pressupõe o registro de um fóton inteiro de cada vez nos detectores (enunciado 3). A definição de fóton como algo divisível é consistente com a perspectiva baseada na "igualdade de leitura nos dois detectores" (seção 4.1), uma vez que cada emissão resultaria sempre no registro simultâneo de dois meio-fótons, um em cada detector. Igualmente consistente com essa perspectiva é a sugestão de que o fóton realizaria um movimento de "bate-volta" (enunciado 4), o que também garantiria uma distribuição uniforme de registro nos dois detectores uma vez que o mesmo fóton incidiria sobre o detector laranja e,

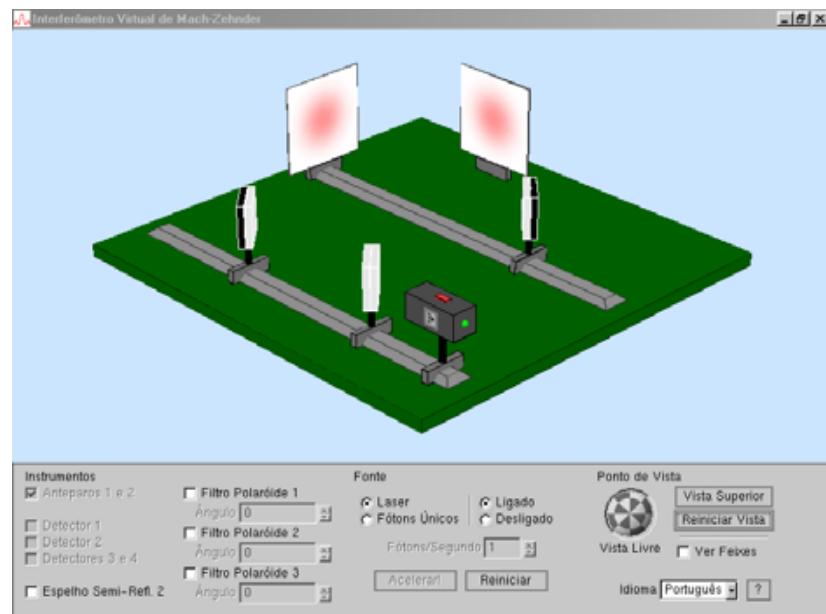
⁴ Esta é uma expressão que indica concordância.



em seguida, no detector azul. Assim, apesar dessa primeira redefinição do objeto (fóton), que envolve a transição de algo divisível para algo indivisível, foi somente a partir da introdução explícita de uma perspectiva probabilística (enunciado 5) que os estudantes passaram a compartilhar a mesma definição da situação, conforme sugere o enunciado 6. E embora os estudantes tenham sido bem-sucedidos em definir a situação da forma pretendida pelo professor, é possível observar a falta de domínio com relação a alguns termos científicos, como quando M1 emprega o termo refletor em vez de detector (enunciado 5).

Em alguns casos, a intersubjetividade por persuasão pode ocorrer no sentido inverso, fazendo com que os estudantes se afastem da visão científica mesmo quando um deles compartilha inicialmente a mesma definição da situação do professor. No fragmento de discurso abaixo (Exceto 3), os estudantes do grupo J (designados por J1 e J2) foram convidados a prever o padrão de distribuição de fótons nos anteparos com o interferômetro operando no modo "fótons únicos" e com o segundo espelho semirrefletor removido. Essa parte da atividade ocorreu logo após os estudantes observarem a divisão do feixe inicial em dois componentes como o interferômetro operando nessa mesma configuração, mas no modo "*laser*" (Figura 3). Repare que, nessa configuração, o feixe emitido pela fonte tem uma pequena abertura angular, como se passasse através de uma lente divergente, fazendo com que em cada anteparo seja projetado um círculo em vez de um ponto.

Figura 3 – Interface do simulador operando sem o espelho semirrefletor 2 no modo *laser*



Fonte: captura de tela realizada pelos autores.

Excerto 3

1. J1: Entramos em divergência novamente. Eu acredito que justamente por serem fótons, nós temos que trabalhar com a probabilidade de 50% de descer e 50% de ir reto, então talvez alguma fonte no final tenha mais fótons do que a outra.
2. J2: Eu não sou o tipo de pessoa que acredita na verdade absoluta, então eu vou apresentar o meu ponto de vista, que é: eu acho que como o laser tem uma... uma...
3. J1: Luminescência?
4. J2: Ah [risos], não sei... Ele é mais concentrado, então ele chegou bem ali na tela, mas eu acho que se for um fóton ele vai chegar mais fraco na tela ou a luz vai se dispersar no caminho e não vai chegar até a tela.
5. J1: Fechou todas.



No excerto acima, a divergência na definição da situação é explicitamente apontada por J1 logo no início do diálogo (enunciado 1). Enquanto ele define a situação a partir da perspectiva probabilística, baseada na "aleatoriedade na definição do caminho percorrido pelo fóton" (seção 4.1), J2 parece ter outra perspectiva em mente, uma em que "a luz vai se dispersar no caminho e não vai chegar até a tela" (enunciado 4). Interessante notar que a perspectiva probabilística de J1, que é a perspectiva considerada mais adequada para essa atividade do ponto de vista científico, que o permite lidar com o fato de que um dos anteparos pode receber mais fótons do que o outro (enunciado 1). Mesmo assim, ele parece ter sido persuadido pela explicação de J2, conforme sugere o enunciado 5. Diferentemente das negociações anteriores, em que os estudantes encaravam a perspectiva científica como um discurso de autoridade, J2 a utilizou como um "dispositivo de pensamento" (Lotman, 1988), servindo como ponto de partida para formular sua própria visão sobre o assunto (enunciado 2). Talvez, esse tenha sido o motivo pelo qual a fala de J2 tenha soado tão persuasiva aos ouvidos de J1.

4.3 INTERSUBJETIVIDADE POR AUTORIDADE EM INTERAÇÕES INTRAGRUPAIS

No fragmento de discurso a seguir (Exerto 4) é apresentado uma ilustração de um segundo tipo de negociação, um no qual os estudantes estabelecem uma concordância com relação ao resultado da atividade com base exclusiva na reputação de um dos membros da dupla. Nesses casos, um dos estudantes cede à perspectiva do outro, mesmo não havendo qualquer redefinição da situação de sua parte. Nesse episódio, os estudantes do grupo E (designados por E1 e E2) tentam prever o padrão de distribuição de fótons nos anteparos, com o interferômetro configurado na mesma montagem da seção 4.2.

Excerto 4

1. E2: Primeiro, o que [é] que são fótons? São partículas de luz, então a gente vai substituir o laser, que é um raio reto e contínuo de maior intensidade, por fótons.
2. E1: Tá, daí será que como são bolinhas não vão ficar quicando e o caramba?
3. E2: Não, não vão ficar quicando.
4. E1: Tá, mas como não é uma coisa contínua então não vai ficar bem bonitinha no desenho.
5. E2: Sim, as bolinhas vão meio que vão se dividir no desenho, acho que é isso.
6. E1: Será que elas não vão bater uma na outra e ficar quicando pra tudo quanto é lado?
7. E2: Não porque é luz.
8. E1: Sei lá. Então a nossa resposta final seria que as bolinhas, ao invés de ser direto, elas vão ficar só em desenho de bolinha na tela... Eu acho que não tá muito certo, mas tudo bem.
9. E2: Eu acho que tá certo.
10. E1: [dirigindo-se ao gravador] Então tá, o E2 acha que tá certo... Tá, eu vou concordar com o E2.
11. [...]
12. E2: Em "fótons" a gente vai ter uma figura semelhante, porém fragmentada em vários pedaços, que são as partículas de luz, é isso?
13. E1: É, sei lá, eu acho que as bolinhas quicariam...

- 
14. E2: Elas não quicam, E1.
 15. E1: [dirigindo-se novamente ao gravador] Tá, mas como meu colega [referindo-se a E2] é mais competente que eu, nesse sentido, e a resposta dele parece ter mais sentido, eu concordo.
 16. E2: Como que ela vai ficar quicando?
 17. E1: (risos) Eu não sei...

No excerto acima, os estudantes diferem claramente na forma como o objeto da atividade é representado. Enquanto E2 define fótons como “partículas de luz” (enunciado 1), E1 se refere a esses objetos como “bolinhas” (enunciado 2). Em termos do padrão de ação, o uso que é feito do conceito de bolinha sugere a representação de um objeto esférico e sólido, capaz de “bater uma na outra e ficar quicando pra tudo que é lado” (enunciado 6). Essa representação é conflitante com a previsão de E2 na qual a imagem projetada nos anteparos seria semelhante à do feixe de laser, “porém fragmentada em vários pedaços” (enunciado 11). O uso da noção de partículas de luz, por sua vez, parece coincidir com a visão científica uma vez que E2 rejeita completamente a possibilidade de os fótons colidirem, ou “quicarem”, uns com os outros (enunciados 3 e 13) por se tratar de luz (enunciado 7). Esse padrão de ação é consistente com a noção de fóton como um quantum de energia.

O mais surpreendente desse episódio, no entanto, é o fato de não ocorrer uma redefinição da situação por parte dos estudantes, em especial de E1. Embora ele aceite apresentar como resposta final a previsão de E2 de que “as bolinhas vão meio que vão se dividir no desenho” (enunciado 5), ele manifesta abertamente a sua posição de discordância, afirmando que ele acha “que não tá muito certo, mas tudo bem” (enunciado 8). De fato, ele faz questão de deixar registrado no gravador de áudio que ele aceita a resposta de E2 simplesmente porque “E2 acha que está certo” (enunciado 10).

Assim, o fato de ele aceitar a resposta de E2, mesmo discordando dela, sugere uma confiança na reputação de E2 de estudante competente – pelo menos, de mais competente que E1, conforme mostra o enunciado 14. Podemos dizer que o tipo de intersubjetividade alcançada aqui é meramente circunstancial, não havendo qualquer nova definição da situação por parte dos estudantes; ambos mantiveram no plano interpsicológico suas respectivas definições da situação inicial durante essa parte da atividade.

4.4 INTERSUBJETIVIDADE E *RESISTÊNCIA* EM NEGOCIAÇÕES INTRAGRUPAIS

Neste último fragmento de discurso (excerto 5), apresentamos um episódio ilustrativo no qual os estudantes manifestam resistência à perspectiva científica. Nele, os estudantes do grupo L (designados por L1 e L2) tentam prever o padrão de distribuição de fótons nos anteparos com o interferômetro montado na mesma configuração da seção 4.3, conforme eles mudam do modo “*laser*” (regime clássico) para o modo “fótons únicos” (regime quântico).

Excerto 5

1. L2: Tá, já vamos ver o que a gente acha que acontece quando troca pra fótons.
2. L1: E o que são esses fótons mesmo?
3. L2: São aquelas partículas de luz, tá ligado?
4. L1: Ah, então essa é fácil.
5. L2: Ué, por quê?
6. L1: Porque não vai acontecer nada. A luz não é partícula, é onda. Não tem como acontecer nada.
7. L2: (risos) Pois é, eu também acho que a luz seja onda...



No excerto acima, é possível observar que os estudantes já compartilham a mesma definição da situação no início da atividade. Apesar de L2 identificar os referentes (nesse caso, os fótons) como “partículas de luz” (enunciado 3), fica claro que ambos os estudantes representam a luz a partir de uma perspectiva ondulatória, conforme mostram os enunciados 6 e 7. É importante destacar que não se trata de uma falta de domínio, por parte dos estudantes, com relação ao conceito de fóton conforme mostra o enunciado 3, mas sim de uma falta de vontade, por parte deles, de representar a luz a partir de uma perspectiva corpuscular. Ao que parece, tratar a luz como partículas não é algo com o qual eles se identificam ou estão dispostos a se apropriar. Podemos dizer, portanto, que, ao final, os estudantes concluíram a tarefa em questão mantendo intactas as suas definições da situação intrapsicológica.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, atribuir aos alunos o protagonismo permitiu observar como eles buscaram convencer seus colegas por meio de negociação de significados no plano intermental. Nesse processo, a ocorrência da regulação por outros revelou-se importante. Os recursos semióticos utilizados pelos estudantes desempenharam papel significativo na privilegiação de uma ferramenta cultural sobre outra. Mapear esses recursos e estratégias constitui uma contribuição deste estudo na medida em que descrições situadas desse tipo são ainda pouco frequentes na literatura e podem apoiar professores a reconhecer movimentos que favoreçam o trânsito de perspectivas intuitivas (por vezes clássicas) para uma abordagem probabilística mais adequadas ao ensino de FQ.



Nossa abordagem mostrou-se adequada ao operacionalizarmos a categoria definição da situação, em articulação a padrões de ação, para descrever transições microgenéticas em atividades com o IVMZ no contexto do EM. Ao focar nas negociações de definição da situação em nossa análise, identificamos que: 1) objetos são construídos no discurso (por exemplo, "fóton" como indivisível/"bolinha"/partícula de luz); 2) perspectivas referenciais são adotadas ("igualdade de contagem" vs. "aleatoriedade de caminho"); 3) padrões de ação (usos efetivos dos termos e operações com os objetos na fala) foram articulados. Importante destacar que as limitações contextuais (em termos de generalização de resultados) da análise microgenética não invalidam nossos resultados – pelo contrário, reforçam a contribuição deste capítulo para estudos futuros que venham a se dedicar ao ensino de FQ no EM e queiram acessar relatos de investigações reais.

Cabe pontuar que nosso foco não foi o domínio dos estudantes da FQ, tampouco sua apropriação, mas os processos pelos quais atingiu-se (ou não) a intersubjetividade: negociações intergrupais ou intragrupais – por vezes devido à persuasão (aparentemente a forma mais efetiva de promover deslocamentos na zona de desenvolvimento proximal), em outras por autoridade (levando a concordâncias frágeis e aparentes) ou ainda resistência compartilhada (algo que pode inibir a apropriação conceitual mesmo na presença de domínio operacional). Explicitar essas dinâmicas contribui para a compreensão daquilo que se dá na realização desse tipo de tarefa. Acreditamos que os resultados aqui apresentados contribuem tanto para as discussões sobre o ensino de física moderna e contemporânea no EM, quanto para o entendimento dos discursos estudantis nas aulas de Ciências. Para futuras pesquisas, sugerimos aprofundar as análises sobre as perspectivas referenciais adotadas pelos alunos, o que apresenta potencial para abrir novos caminhos para compreender como os estudantes transitam entre diferentes formas de pensar e falar sobre os fenômenos da FQ.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida ao longo do curso, o que foi fundamental para o desenvolvimento do presente estudo.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR JR., O. G.; MORTIMER, E. F. Tomada de consciência de conflitos: análise da atividade discursiva em uma aula de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, p. 179–207, 2005.
- BAKHTIN, M. M. **The Dialogic Imagination**: Four Essays. 1. ed. Austin: University of Texas Press, 1981.
- CARVALHO, A. T. G.; PIMENTEL, R. F.; CARVALHO, R. S.; LABURU, C. A linguagem, a epistemologia e o ensino conceitual da dualidade onda-partícula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 45, 2023.
- FERREIRA, D. C.; SOUZA FILHO, M. P. O experimento virtual da dupla fenda ao nível de ensino médio (Parte I): uma análise clássica do comportamento corpuscular e ondulatório e o desenvolvimento de um software computacional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 697–716, 2016.
- FERREIRA, D. C.; SOUZA FILHO, M. P. O experimento virtual da dupla fenda ao nível do ensino médio (Parte II): uma análise quântica do comportamento corpuscular e ondulatório da luz. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, p. 302–329, 2019.
- GRECA, I. M.; FREIRE JUNIOR, O. Does an Emphasis on the Concept of Quantum States Enhance Students' Understanding of Quantum Mechanics? **Science & Education**, v. 12, p. 541–557, 2003.
- HENRIKSEN, E. K.; ANGELL, C.; VISTNES, A. I.; BUNGUM, B. What Is Light? Students' Reflections on the Wave-Particle Duality of Light and the Nature of Physics. **Science & Education**, v. 27, p. 81–111, 2018.

- HOERNIG, A. F.; MASSONI, N. T.; HADJIMICHEF, D. Física quântica na Escola Básica: investigações para a promoção de uma aprendizagem Conceitual, Histórica e Epistemológica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, 2021.
- HOHENFELD, D. P.; PENIDO, M. C. M.; LAPA, J. M. Análise dos significados construídos pelos estudantes sobre a simulação computacional do interferômetro de Mach-Zehnder no ensino médio tecnológico. *In: IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Enseñanza de las Ciencias*, Girona, p. 1754-1758, 2013.
- JANUÁRIO, M. D. A.; HOERNIG, A. F.; MASSONI, N. T. Tendências atuais sobre o Ensino de Física Moderna: uma revisão de literatura. **Revista Educar Mais**, Pelotas, v. 8, p. 1-22, 2024.
- JOHNSTON, I. D.; CRAWFORD, K.; FLETCHER, P. R. Student difficulties in learning quantum mechanics. **International Journal of Science Education**, v. 20, n. 4, p. 427-446, 1998.
- KALKANIS, G.; HADZIDAKI, P.; STAVROU, D. An instructional model for a radical conceptual change towards quantum mechanics concepts. **Science Education**, v. 87, n. 2, p. 257-280, 2003.
- KRIJtenburg-lewerissa, K. Pol, H. J.; Brinkman A.; Van Joolingen W. R. Insights into teaching quantum mechanics in secondary and lower undergraduate education. **Physical Review Physics Education Research**, v. 13, n. 1, 2017.
- LAUTESSE, P. *et al.* 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.
- LEONT'EV, A. N. The Problem of Activity in Psychology. *In: WERTSCH, J. V. (E.). The Concept of activity: In soviet Psychology*. New York: M. E. Sharpe, Inc., Publisher, 1981.
- LOTMAN, Y. M. Text within a Text. **Soviet Psychology**, v. 26, n. 3, p. 32-51, 1988.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de Ciências: Uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.
- NEDELSKY, L. **Science Teaching and Science Testing**. Chicago: Chicago University Press, 1961.
- NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica 4**: Ótica, Relatividade e Física quântica. 1. ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1998.

OSTERMANN, F.; PRADO, S. D.; RICCI, T. S. F. Desenvolvimento de um software para o Ensino de Fundamentos de Física Quântica. **Física na Escola**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 22–25, 2006.

PEREIRA, A.; SOLBES, J. The Dynamics of Perspective in Quantum Physics: An Analysis in the Context of Teacher Education. **Science & Education**, v. 31, p. 427–450, 2022.

PEREIRA, A. P.; LIMA JR., P. Implicações da perspectiva de Wertsch para a interpretação da teoria de Vygotsky no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, p. 518–535, 2014.

PESSOA JÚNIOR, O. **Conceitos de física quântica**. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

ROMMETVEIT, R. On the Architecture of Intersubjectivity. In: STRICKLAND, L. H.; ABOUD, F. E.; GERGEN, K. J. (EE.). **Social Psychology in Transition**. New York: Plenum Press, 1976.

ROSA, L. F. M. **Explorando a inserção de tópicos de física quântica em uma escola estadual**: um estudo sob a luz da perspectiva sociocultural. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

RYLE, G. **The Concept of Mind**. 60th anniversary ed. Abingdon: Routledge, 2009.

STADERMANN, H. K. E.; VAN DEN BERG, E.; GOEDHART, M. J. Analysis of secondary school quantum physics curricula of 15 different countries: Different perspectives on a challenging topic. **Physical Review Physics Education Research**, v. 15, n. 1, p. 1–25, 2019.

TUL'VISTE, P. L. Lévy-Bruhl and Problems of the Historical Development of Thought. **Soviet Psychology**, v. 25, n. 3, p. 3–21, 1987.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 4. ed. São Paulo: Livraria Martins Fontes, 1991.

VYGOTSKY, L. S. The Genesis of Higher Mental Functions. In: WERTSCH, J. V. (E.). **The Concept of activity**: In soviet Psychology. New York: M. E. Sharpe, Inc., Publisher, 1981a.

VYGOTSKY, L. S. The Instrumental Method in Psychology. In: WERTSCH, J. V. (E.). **The Concept of activity**: In soviet Psychology. New York: M. E. Sharpe, Inc., Publisher, 1981b.

WERTSCH, J. V. Cole's "Cross-Cultural and Historical Perspectives on the Developmental Consequences of Education". **Human Development**, v. 48, n. 4, p. 223-226, 2005.

WERTSCH, J. V. **Mind as Action**. 1. ed. New York: Oxford University Press, 1998.

WERTSCH, J. V. Modes of discourse in the nuclear arms debate. **Current Research on Peace and Violence**, v. 10, n. 2/3, p. 102-112, 1987.

WERTSCH, J. V. The Zone of Proximal Development: Some Conceptual Issues. *In: ROGOFF, B.; WERTSCH, J. V. (EE.). Children's Learning in the "Zone of Proximal Development"* New Directions for Child Development. San Francisco: Jossey-Bass, 1984.

WERTSCH, J. V. **Voices of the Mind**: A Sociocultural Approach to Mediated Action. Cambridge: Harvard University Press, 1991.

WERTSCH, J. V. **Vygotsky and the Social Formation of Mind**. Cambridge: Harvard University Press, 1985.

WERTSCH, J. V.; STONE, C. A. Microgenesis as a Tool for Developmental Analysis. **Quarterly Newsletter of the Laboratory of Comparative Human Cognition**, v. 1, n. 1, p. 8-10, 1978.

5

*Fernando Shinoske Tagawa de Lemos Pires
Nathan Willig Lima*

CONSTRUINDO NARRATIVAS PARA POLITIZAR O ENSINO DE FÍSICA A PARTIR DOS ESTUDOS DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

1. INTRODUÇÃO

Em maio do ano passado o estado do Rio Grande do Sul enfrentou a maior tragédia ambiental da sua história. As enchentes avassaladoras foram responsáveis pela destruição quase total de cidades inteiras, como o município de Eldorado do Sul. Dezenas de milhares de pessoas perderam suas casas, seus empregos, seus animais de estimação. Outra parcela da população, teve de ser evaucuada de suas residências por meio de barcos. A capital e principal cidade do estado, Porto Alegre, ficou quase sitiada pela água, pontes e trechos de rodovias foram destruídos pela força do fluxo de água, a rodoviária e o aeroporto da cidade foram completamente inundados pela cheia do Guaíba. Como consequência do caos gerado pelas enchentes, o abastecimento de água e luz do estado ficou comprometido. Em síntese, as enchentes foram um golpe duríssimo na população do Rio Grande do Sul em geral e revelaram para o Brasil e o mundo como o estado não estava preparado para lidar com um evento climático dessa magnitude.

Alguns meses mais tarde, no final de outubro e início de novembro, um semelhante episódio ocorreu na região de Valência, na Espanha. Após um volume de chuva equivalente ao previsto para o ano todo cair em um período de oito horas, o rio Túria transbordou. As enchentes na Espanha causaram mais de 200 mortes¹. Alguns meses atrás, também em maio, a província de Buenos Aires na Argentina foi severamente atingida por uma forte tempestade causando enchentes em pelo menos 21 municípios da região norte da província, obrigando a evacuação de aproximadamente 3 mil pessoas².

1 Fonte: <https://g1.globo.com/mundo/noticia/2024/11/15/enchente-na-espanha-deixa-mais-de-200-mortos-idosos-foram-a-maioria-das-vitimas.ghtml>.

2 Fonte: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/mundo/noticia/2025/05/enchente-na-argentina-deixa-cidades-submersas-e-tres-pessoas-seguem-desaparecidas-cmatycwuc01870160mseemnwq.html>.



Um mês após as enchentes de Buenos Aires outros dois eventos globais aconteceram. O conflito entre Israel e Irã e as enchentes no Texas. Sob a premissa de proteção de sua soberania, as forças armadas israelenses realizaram uma série de bombardeios em junho deste ano em alvos nucleares do Irã. O governo de Israel argumentou que o programa nuclear iraniano precisava ser interrompido e que o país não poderia adquirir uma arma nuclear, pois isso ameaçaria a existência israelense. As enchentes no Texas, ocorridas entre quatro e sete de julho deste ano, assim como as outras tragédias ambientais mencionadas acima, representam um aviso do planeta Terra: não serei destruído sem me defender.

As mudanças climáticas, que encontram em enchentes uma de suas formas de ação, nos mostram o complexo processo de hibridização de um problema que é ao mesmo tempo científico, social e discursivo. Bruno Latour já havia denunciado isso quando disse que o buraco na camada de ozônio era real como a natureza, coletivo como a sociedade e narrado como o discurso (Latour, 2013). Assim como as mudanças climáticas, o conflito entre Israel e Irã (questão política), motivado por uma questão científica – o retardamento do desenvolvimento nuclear iraniano –, causou imensos problemas sociais, sendo um problema com múltiplas dimensões, e, portanto, também híbrido. Dessa forma, empregando o conceito de Jasanoff (2004a, 2004b), podemos dizer que tanto o atual cenário geopolítico como a crise ambiental que vivemos são resultados de um processo de coprodução entre o que consideramos natural (científico) e social (político). Esses são apenas alguns exemplos que nos permitem inferir que muitos dos problemas do nosso tempo não são simples o bastante para que seja possível separar as suas porções apenas científicas e entregá-las aos especialistas, ou suas partes puramente políticas e entregá-las aos representantes do povo para que, enfim, encontrem a solução.

Por outro lado, há mais de trinta anos uma das vertentes da educação em Ciências defende a necessidade de uma politização sistemática do currículo de ciências (Hodson, 1994; Hodson, 2003;



Santos, 2008). Embora essa vertente nunca tenha se tornado hegemônica (Moura, 2025), nos últimos dez anos ela vem ganhando forças com alguns pesquisadores reivindicando a iminência de um turno sociopolítico para a educação em Ciências (Tolbert; Bazzul, 2017; Gandolfi, 2023; Moura *et al.*, 2023; Moura, 2025). A articulação de questões sociais e políticas com o desenvolvimento da Física é comumente feito via abordagens históricas, por exemplo, quando ensinamos a segunda lei da termodinâmica, é fácil conectar com a revolução industrial. Essa articulação já está bem desenvolvida pela literatura do ensino de Física (Hülsendeger, 2007; Cavagnoli, 2025). Também é comum que a aproximação entre as dimensões epistemológica e social seja feita através de abordagens alinhadas com a perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade (CTS). Por outro lado, a Mecânica Quântica (MQ) parece imune a esse tipo de abordagem que relaciona o seu desenvolvimento com questões políticas. Com exceção do trabalho de Freire Junior (2015) sobre a MQ e a política da segunda metade do século XX, é difícil encontrar trabalhos na literatura nacional do ensino de Física analisando a relação entre a MQ e as questões sociais, nem do passado, nem atuais.

No cenário atual, quando pesquisamos por notícias de Computação Quântica (CQ) em navegadores da internet é comum encontrarmos manchetes que relacionam a CQ com avanços médicos, ações governamentais, economia e impactos geopolíticos, além das notícias informando os avanços científicos recentes na área. Isso sugere que a Computação Quântica e, de modo mais abrangente, as Tecnologias Quânticas (TQ) desta iminente segunda revolução quântica, estão no centro de uma disputa que é ao mesmo tempo científica e política. Em um ato de reconhecimento da importância fundamental das novas TQ, Donald Trump, um dos protagonistas do movimento anti *lockdown* durante a pandemia de Covid-19, assinou a lei da Iniciativa Quântica em 2018. Tal lei prevê a implementação de um programa de pesquisa e desenvolvimento em Ciência da Informação Quântica e suas Tecnologias (CIQT).



Se avançamos nas notícias, rapidamente aprendemos que há uma corrida pela “supremacia quântica”, cujos principais competidores são Estados Unidos e China. Nesse sentido, a MQ, por ser a teoria científica fundamental para as TQ, é o fator epistêmico que está no foco dessa disputa geopolítica.

Mecânica Quântica é uma das disciplinas mais aguardadas pelos estudantes de Física do ensino superior. Após a aprovação nessa disciplina, é razoável considerar que os estudantes desenvolveram as habilidades necessárias para utilizar o formalismo da teoria na resolução de problemas exemplares de livros didáticos (Griffiths, 2016; Cohen-Tannoudji; Diu; Laloë, 2019; Sakurai, 1994). No entanto, após o término da disciplina, embora os estudantes saibam resolver a equação de Schrödinger com diversos potenciais complexos, demonstrando domínio do formalismo matemático, quando submetidos a testes conceituais não é possível concluir que possuem o mesmo nível de domínio dos conceitos e fenômenos em comparação com o formalismo matemático que subsidia a MQ, pelo contrário, os estudantes demonstram dificuldades conceituais substanciais (Singh, 2001; Singh; Marshman, 2015). Por serem dedicadas apenas aos aspectos epistemológicos, os estudantes concluem as disciplinas de MQ com concepções equivocadas de que MQ e questões sociais e políticas são incomensuráveis.

Seguindo um caminho similar ao do ensino de Mecânica Quântica, as pesquisas em ensino de MQ têm se concentrado majoritariamente nos fatores que compõem sua dimensão epistemológica como reconstruções didáticas de conceitos (Wagner; Lima; Duarte, 2022), historiografia de fontes primárias (Karam, 2020) e análise de conteúdo de livros didáticos (Souza; Lima; Karam, 2024).

Pensando nisso, nós realizamos uma busca na Revista Brasileira de Ensino de Física por artigos sobre fundamentos de MQ e sobre Informação e Computação Quânticas com o objetivo de sistematizar, em um artigo no formato de *resource letter*, o acervo



dessa revista, demonstrando aos pesquisadores da nossa área o que já está disponível de resultados de pesquisa e possíveis lacunas nessa temática (Pires *et al.*, 2024). Uma de nossas conclusões foi que nenhum dos artigos considerados para a *resource letter* abordaram a relação entre Informação Quântica e sua computação e as questões políticas.

Neste capítulo do terceiro volume do livro do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFRGS, apresentamos um extrato da dissertação de mestrado de Pires (2025). Naquela ocasião, realizamos um estudo de ciência em ação da Iniciativa Quântica dos Estados Unidos, alinhados com o turno sociopolítico da Educação em Ciências. Nosso objetivo era criar uma narrativa que colocasse em primeiro plano a dimensão política da Mecânica Quântica.

Nas seções a seguir apresentamos os principais conceitos que subsidiam a Teoria Ator-Rede (TAR) e a coprodução, seguido do percurso metodológico realizado na prática. Na sequência, uma síntese da narrativa do ecossistema quântico, elaborada na dissertação de Pires (2025) é apresentada. Por último, reforçamos a potência do quadro teórico utilizado na elaboração de narrativas politizantes para o turno sociopolítico da Educação em Ciências e a riqueza de um ensino de Mecânica Quântica comprometido com a sua dimensão política.

2. A TEORIA ATOR-REDE E O IDIOMA DA COPRODUÇÃO

Neste capítulo, apresentamos o recorte em que os estudantes exploram a simulação no regime quântico (ou na transição



entre o regime clássico e a emissão de fótons únicos)³. Há algum tempo nosso grupo de pesquisa vem utilizando as ideias de Bruno Latour como perspectiva de mundo (Latour, 2012a; Latour, 2012b; Latour, 2013; Latour, 2017). No mestrado de Pires (2025), incorporamos à visão de mundo de Latour algumas ideias de Sheila Jasanoff. A razão para a aproximação entre os dois autores provém da escolha do objeto de pesquisa para análise. Como analisamos a Iniciativa Quântica Nacional dos Estados Unidos, consideramos necessário complementar a proposta de Latour com as ideias de Jasanoff, que possui ampla experiência com o contexto político-científico dos Estados Unidos.

A principal demanda da Teoria Ator-Rede (TAR) é a descrição, de modo semelhante ao idioma da coprodução. O primeiro passo do analista, conforme dita a TAR, é descrever aquilo que ele observa, privilegiando as vozes dos atores e seus conceitos, revelando, assim, suas performances. Um ator é qualquer coisa que modifique uma situação fazendo a diferença (Latour, 2012b); a noção de rede, por outro lado, é o resultado das inúmeras translações realizadas pelos pesquisadores; unindo ambos, podemos compreender que todo ator é uma rede ao mesmo tempo em que toda rede é, também, um ator.

O processo de análise consiste em descrever o que se observa como redes de atores, destacando as inúmeras mediações realizadas pelos envolvidos no episódio que está sendo investigado. Descrever os atores como mediadores significa que esses mediadores não podem ser entendidos como uma simples unidade, eles transformam, traduzem, distorcem e modificam o significado ou os elementos que supostamente veiculam (Latour, 2012b).

O pressuposto basilar do quadro da coprodução é a consideração de que as realidades da experiência humana são fruto de

³ Na dissertação há um maior detalhamento da simulação e da atividade, bem como do roteiro de sua exploração contemplando os regimes clássico e quântico (Rosa, 2019).



uma realização conjunta entre o empreendimento científico, técnico e social (Jasanoff, 2004b). Nas palavras de Jasanoff (2004b), ciência e sociedade são coproduzidas, cada uma garantindo a existência da outra. Conforme fomos aprendendo sobre o idioma da coprodução, descobrimos que a TAR é considerada um tipo de coprodução⁴. A coprodução constitutiva, da qual a TAR é a maior expressão, concentra-se em análises do processo de estabilização de novos fenômenos tecnocientíficos (Jasanoff, 2004b). No entanto, Jasanoff destaca que a Teoria Ator-Rede possui alguns problemas e que as redes de Latour exercem poder enquanto curiosamente exibem pouco dos conflitos morais e políticos que normalmente acompanham a criação e a manutenção de sistemas de governança (Jasanoff, 2004b). Dentre os dois tipos de coprodução, Jasanoff (2004b) propõe a possibilidade de investigar a estabilização ou a epistemologia a partir de quatro sítios: a criação ou ajuste de identidades, instituições, representações e discursos.

Outros dois conceitos valiosos do arcabouço de Sheila Jasanoff que foram utilizados durante a narrativa são a diferenciação entre ciência acadêmica e ciência regulatória. Após muitos anos analisando controvérsias sobre o processo litigioso de regulação de substâncias potencialmente cancerígenas, Sheila Jasanoff, com base em outros autores, identifica uma nítida distinção entre a ciência que é praticada em contextos puramente acadêmicos – universidades, centros de pesquisa etc. – e contextos regulatórios – laboratórios do governo, indústrias e empresas privadas etc. As três principais diferenças entre a ciência acadêmica e a ciência regulatória são os objetivos, as instituições em que são praticadas e os produtos finais.

4

A coprodução se divide em dois grupos: constitutivo e interacional. O grupo constitutivo consiste na vertente dos estudos sociais da ciência que busca analisar o processo que permite a chegada em uma situação em que a natureza e a sociedade estão estabilizadas. O grupo interacional, representado pelo Programa Forte da Sociologia de Bloor, preocupa-se principalmente com as questões epistemológicas que surgem da interação entre ciência e sociedade.



A ciência regulatória produz “verdades” relevantes à política, a ciência acadêmica produz “verdades” originais e significativas. A ciência regulatória é praticada em instituições do governo e da indústria, a ciência acadêmica é praticada nas universidades. O produto final de ambas também é distinto. A ciência regulatória utiliza muitos resultados científicos que ainda não foram publicados ou que passaram por um processo extenuante de revisão por pares; o produto final da ciência acadêmica são os artigos, publicados em periódicos especializados após onerosa revisão por pares (Jasanoff, 1994).

3. PERCURSO METODOLÓGICO

Na prática, utilizar a TAR significou seguir os rastros deixados pela promulgação da lei da Iniciativa Quântica Nacional. Sintetizando as nossas ações, iniciamos a coleta de dados acessando o website oficial do governo dos Estados Unidos para a Iniciativa Quântica Nacional, o quantum.gov. Nesse site há cinco abas principais: estratégia, ciência, competitividade, segurança e força de trabalho. Na aba de estratégia há uma aba subjacente com o nome de *publication library*. Ao entrar na *publication library* tivemos acesso a todos os 65 documentos divididos em quatro categorias: resumos de eventos (8); relatórios técnico-científicos (41); documentos estratégicos (11); e suplementos ao orçamento do presidente (5). De todos os 65 documentos realizamos uma redução de escopo optando apenas pela análise dos 11 documentos estratégicos, todos produzidos pelo governo federal. Após isso, realizamos a análise dos documentos estratégicos. Inicialmente descrevemos o conteúdo de cada documento; conforme fomos progredindo na análise uma proposição passou a figurar em todos os documentos: o ecossistema quântico de inovação.

4. O ECOSISTEMA QUÂNTICO DOS ESTADOS UNIDOS: UM ESTUDO DE CIÊNCIA EM AÇÃO

Ainda insistimos em ensinar apenas a dimensão epistemológica da Mecânica Quântica, causando a impressão nos estudantes de que não existem questões sociais que a atravessam. Quando olhamos para as ações governamentais dos Estados Unidos, por exemplo, nos últimos 15 anos, percebemos um panorama de hibridização entre objetivos científicos e políticos completamente diferente do que é vendido nas aulas de MQ.

A partir de 2018 os Estados Unidos passaram a ter um programa de pesquisa e desenvolvimento em Ciência da Informação Quântica e suas Tecnologias (CIQT). Esse programa foi instituído como consequência da aprovação da lei da Iniciativa Quântica Nacional (NQI)⁵, assinada pelo presidente Donald Trump.

Desde então, o governo federal estadunidense atua de forma consistente e sistemática para promover o desenvolvimento da CIQT, se comunicando com os representantes da academia e da indústria através de documentos estratégicos, elaborados pelo Gabinete de Política Científica e Tecnológica do Presidente dos Estados Unidos (OSTP)⁶. Todos os rastros das ações federais estão disponibilizados no website oficial da NQI, o quantum.gov. Na dissertação de mestrado de Pires (2025) estes documentos foram analisados a partir da aproximação entre as ideias de Sheila Jasanoff (1994, 2004a, 2004b) e Bruno Latour (2012a, 2012b, 2013, 2017) formando um quadro teórico-metodológico amplificado. A análise resultou em uma narrativa revelando a intensa hibridização entre os interesses políticos do

5 Em inglês *National Quantum Initiative*.

6 Em inglês *Office of Science and Technology Policy*.

governo federal e os avanços científicos da academia. Dividida em dois momentos, inicialmente descrevemos as ações de cada documento estratégico, a síntese do processo descritivo do conteúdo desses documentos encontra-se no Quadro 1. O segundo momento consistiu em utilizar o conceito de ecossistema quântico como fio condutor para estabelecer a rede de proposições fundamentais da Iniciativa Quântica, conceito este proposto pelos próprios atores envolvidos na narrativa.

Na terceira coluna do Quadro 1 estão os atores mencionados pela primeira vez por documento estratégico da Iniciativa Quântica, indicando o processo de extensão da rede de associações. Um breve resumo de cada documento é apresentado na quarta coluna.

Quadro 1 – Síntese dos documentos analisados

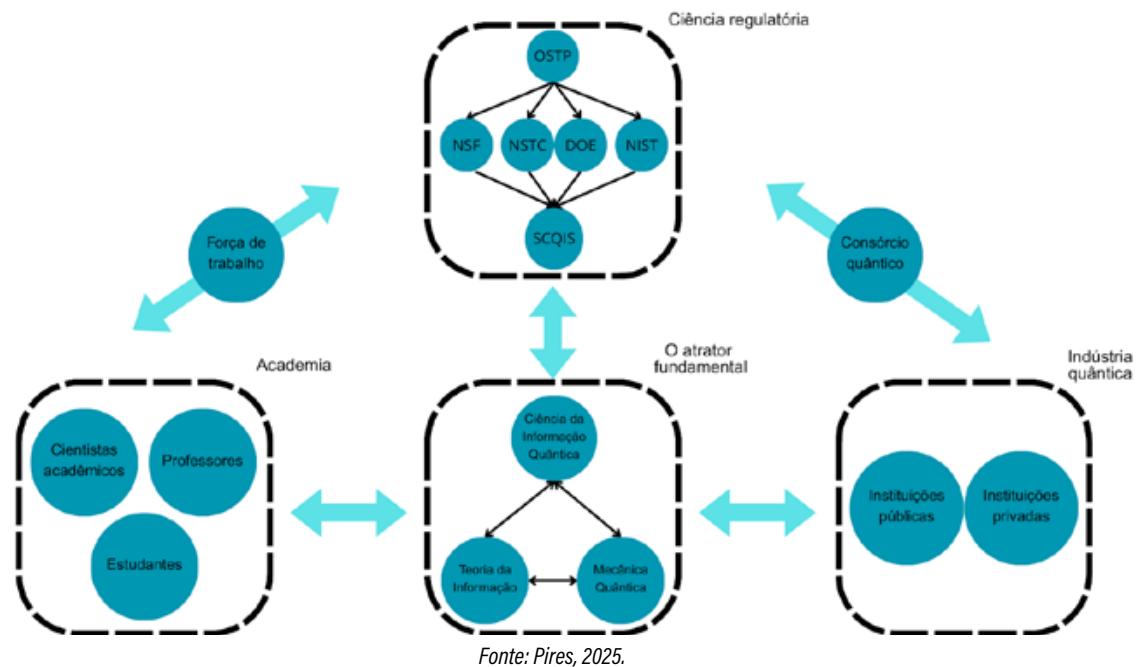
Ano	Título	Atores que aparecem pela primeira nos documentos	Síntese
2009	A Federal Vision for Quantum Information Science	OSTP, DOE, NSTC, NSF, NIST, SCQIS.	As demais agências federais são convocadas para um esforço coordenado. O SCQIS é introduzido como um órgão para guiar as atividades do governo federal. Há o primeiro sinal do alinhamento de questões científicas e políticas.
2016	Advancing Quantum Information Science: National Challenges and Opportunities	CoS, CHNS, DOD, IARPA, IWG-QIS.	Uma descrição epistemológica da CIQ é realizada a partir de alguns fenômenos quânticos fundamentais. O documento analisa o impacto da CIQ para a tecnologia e pesquisa científica básica, dificuldades para o progresso e abordagens para superá-las. E caminhos para investimento e ação federal são avaliados.
2018	National Strategic Overview for Quantum Information Science	USDA, NIH, DOI, DHS, State NASA, NSA, ODNI, OMB.	Defesa de abordagens que priorizam a ciência, necessidade de treinar uma Força de trabalho quântico-inteligente e aprofundar o engajamento com a indústria.
2020	A Strategic Vision for America's Quantum Networks	NQCO	Neste documento reivindica-se a centralidade dos dispositivos quânticos na constituição de Redes Quânticas através do emaranhamento, para fundar a internet quântica.
2020	Quantum Frontiers Report	Atores diretamente da ciência acadêmica.	O relatório sintetiza a contribuição da comunidade de pesquisa para concentrar a pesquisa em CIQ dos Estados Unidos para responder às questões das principais fronteiras da CIQ.

Ano	Título	Atores que aparecem pela primeira nos documentos	Síntese
2021	A Coordinated Approach to Quantum Networking Research	AFOSR, ARO, ESIX, FBI, IARPA, DARPA, LPS, NOAA, NRO, NSPC.	A coordenação entre as agências federais é destacada para o progresso contínuo nas pesquisas em Redes Quânticas. Quatro recomendações técnicas e três recomendações políticas são propostas para o governo federal.
2021	The Role of International Talent in Quantum Information Science	AFRL, ARL, FBI, NRL, NSC, QED-C.	A principal reivindicação deste documento é reconhecer a função vital de pesquisadores e trabalhadores estrangeiros para o ecossistema doméstico dos Estados Unidos. Governo, Academia e Indústria devem proporcionar oportunidades de modo a atrair talentos de todos os lugares do mundo.
2022	QIST Workforce Development National Strategic Plan	Sem menções novas	A força de trabalho com inteligência quântica é transformada em prioridade para o ecossistema, pois reconhece-se que a área está criando mais empregos do que a quantidade de pessoas qualificadas para ocupá-los. Quatro ações críticas são identificadas: a avaliação constante das necessidades de força de trabalho para o ecossistema; a introdução da CIQT para o público em geral através de materiais educacionais; avaliação das lacunas específicas da CIQT em educação e oportunidades profissionais; e transformar as carreiras profissionais em CIQT mais acessíveis e igualitárias.
2022	Bringing Quantum Sensors to Fruition	EAR, ITAR, NNSA	Quatro recomendações políticas são formuladas para direcionar as ações do governo federal e acelerar o desenvolvimento de sensores quânticos capazes de impactar a indústria e oferecer vantagens ao país.

Fonte: Pires, 2025.

Enquanto o ensino e a pesquisa em ensino de Mecânica Quântica permanecem predominantemente concentrados na dimensão epistêmica da teoria, no âmbito da política de Estado a MQ ocupa uma posição central, mobilizando uma rede de atores humanos e não humanos (ver Figura 1). O que vem acontecendo nos Estados Unidos é apenas um caso particular de uma movimentação global de pesquisa e desenvolvimento em tecnologias quânticas. Não é à toa que a ONU declarou 2025 como o Ano Internacional da Ciência e Tecnologia Quânticas, em comemoração dos 100 anos do desenvolvimento da Mecânica Quântica (Unesco, 2025).

Figura 1 – Ilustração da principal reivindicação dos documentos estratégicos: o ecossistema quântico



Fonte: Pires, 2025.

A Figura 1 é o resultado final da narrativa, a síntese do processo de desdobramento ator-rede. Cada uma das proposições da Figura 1 é sistematicamente defendida pelo governo federal como fundamental para a “saúde” do ecossistema quântico.

A saúde do ecossistema CIQT depende do trabalho e da força de trabalho combinados e altamente interdependentes produzidos pela academia, governo, laboratórios nacionais e indústria. O investimento sustentado neste ecossistema em crescimento apoiará descobertas e avanços contínuos no CIQT, o surgimento de tecnologias futuras e o desenvolvimento de talentos de ponta (United States of America, 2022, p. 26).

A narrativa foi elaborada a partir da mediação do Gabinete de Política Científica e Tecnológica do Presidente dos Estados Unidos (OSTP), órgão federal responsável pela autoria de todos



os documentos estratégicos publicados até o momento. O que a Figura 1 mostra é o desdobramento do OSTP em outros membros (NSF, NSTC, DOE, NIST). Esse desdobramento é legalmente estabelecido no texto da lei 115-368 de 21 de dezembro de 2018. Tal lei sucede o plano estratégico nacional dos Estados Unidos, também de 2018. Nesse plano quatro desafios são expostos, evidenciando oportunidades políticas para o país. O primeiro dos desafios seria melhorar e facilitar a coordenação entre os setores do governo e da academia e indústria. O segundo desafio consistia em nutrir uma força de trabalho ampla com inteligência quântica para alimentar o crescimento na indústria, academia e do próprio governo. O terceiro desafio seria garantir a conexão entre disciplinas como Física, Ciência da Computação e Engenharias. Por último, a incerteza dos reais benefícios advindos das tecnologias quânticas para a segurança nacional e a economia exigem que se mantenha uma cultura da descoberta, estimulando abordagens que priorizem a ciência (United States of America, 2018).

Certamente, todo esse esforço e investimento depende de um fator fundamental: a viabilidade das tecnologias quânticas. Se no futuro próximo a conclusão for de que a recompensa da computação quântica não é proporcional ao custo do investimento, sugerindo que os fótons emaranhados resistem à nossa volição, então o ecossistema entra em colapso e cada ator segue seu próprio curso de ação separadamente. O mesmo pode ser dito da função da indústria quântica e da academia. Por isso a pertinência da figura de retórica do ecossistema; assim como cada componente biótico (vivo) e abiótico (não vivo) é essencial para a manutenção de um ecossistema biológico, os humanos e não humanos são imprescindíveis para o ecossistema quântico.

5. COMENTÁRIOS FINAIS: A INFORMAÇÃO E COMPUTAÇÃO QUÂNTICAS E A EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS SOCIOPOLÍTICA

Retomando o argumento da introdução. Iniciamos o capítulo reunindo uma série de fatos contemporâneos que permitem defender a tese de que os problemas que enfrentamos – como enchentes e conflitos bélicos – não podem ser analisados sob óticas reducionistas, pois possuem múltiplas dimensões simultaneamente científicas, políticas, sociais e discursivas. Há pelo menos 30 anos existem pesquisadores da Educação em Ciências defendendo a necessidade de uma politização do currículo de ciências. Esse elo da comunidade adquiriu forças nos últimos anos em decorrência das inúmeras crises humanitárias que enfrentamos.

Desde os anos 1990 a Educação em Ciências vem amadurecendo a defesa da politização do currículo de ciências (Hodson, 1994; Hodson, 2003; Hodson, 2011). Recentemente, por influência da virada sociopolítica na educação matemática (Gutiérrez, 2013), Tolbert e Bazzul (2017) identificam uma transição das noções tradicionais de igualdade, conquistas e acessos em direção a problemáticas de opressão sistemática. Dando continuidade a proposta de Santos (2008), Valladares (2021) propõe uma análise teórica sistemática da evolução do conceito de letramento científico historicamente dividida em três visões, sendo a primeira tradicional e a terceira que reivindica a função social do letramento científico. Gandolfi (2023), por outro lado, defende as ideias de Paulo Freire nas pesquisas da Educação em Ciências, criticando o foco neoliberal dos países do norte global que invade as práticas da educação científica, dificultando a inserção da perspectiva freireana de consciência crítica, aprendizagem intercultural, processos dialéticos e proposição de problemas.



Recentemente Moura (2025) propôs uma definição e um programa de pesquisa para a Educação em Ciências sociopolítica que contempla a investigação dos aspectos políticos do ensino e aprendizagem de ciências e a discussão da ciência dentro do político. O programa é dividido em três níveis (poder, identidades, ontologias) e duas dimensões (reflexiva e metarreflexiva). Em síntese, o programa consiste em investigar como o poder cria regimes de verdade e como ele se manifesta; quais tipos de pessoa são “forjadas” e quais identidades são acolhidas e desprezadas historicamente; compreender os mundos que são criados e imaginados em detrimento daqueles que são marginalizados ou sequer considerados pelas práticas pedagógicas e de pesquisa da Educação em Ciências (Moura, 2025). As três dimensões podem ser analisadas em cada um dos níveis. A diferença entre os dois níveis é que o reflexivo se limita às experiências vivenciadas durante a prática pedagógica e o metarreflexivo as práticas da pesquisa em Educação em Ciências.

O novo paradigma da informação e computação quânticas é um tema extremamente politizado, sendo o alvo de intenso escrutínio dos governos federais de países como os Estados Unidos. Por outro lado, tanto o ensino, quanto a pesquisa em ensino de Mecânica Quântica sistematicamente negligenciam a relação da teoria com as questões políticas.

Reconhecendo o panorama atual, se queremos promover um ensino de Mecânica Quântica politizado, precisamos primeiramente construir narrativas que aproximem os aspectos epistêmicos da MQ dos interesses políticos que a cercam. O que a narrativa do ecossistema quântico evidencia é a função fundamental das ações governamentais para que o desenvolvimento científico de um país, como os Estados Unidos, possa existir.

Embora já exista uma movimentação em setores do governo federal brasileiro indicando a intenção de criar um plano nacional de pesquisa em desenvolvimento em tecnologias quânticas, tais



ações ainda estão em fase inicial. Por outro lado, como destaca Pires *et al.*, (2024), alguns pesquisadores da comunidade acadêmica brasileira há muito tempo participam e produzem pesquisas de base em informação e computação quânticas. O que falta para o Brasil é uma estratégia nacional, que parte dos ministérios do governo federal. Pensando nisso, o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) criou um grupo de trabalho em 2024 cujo objetivo era elaborar um plano nacional para as tecnologias quânticas⁷.

A narrativa do ecossistema quântico enfatizou a função fundamental da coordenação entre o setor político e o setor acadêmico para a manutenção do ecossistema. A transposição entre o contexto estadunidense e o brasileiro certamente não é simples, e não seremos ingênuos a ponto de afirmar que tudo o que está sendo realizado lá é possível ser feito aqui no nosso país. Contudo, a coordenação sistemática e a distribuição de tarefas entre o governo federal, a comunidade acadêmica e a indústria são um passo essencial para que um plano estratégico brasileiro possa ser implementado.

REFERÊNCIAS

CAVAGNOLI, R. Breve História da Termodinâmica (I): Máquinas Térmicas e a Revolução Industrial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 47, 2025.

COHEN-TANNOUDJI, C.; DIU, B.; LALOË, F. **Quantum mechanics**. Volume 1: Basic Concepts, Tools, and Applications. New York: Wiley-VCH Verlag GmbH, 2019.

FREIRE JUNIOR, O. **The Quantum Dissidents**: Rebuilding the Foundations of Quantum Mechanics (1950-1990). Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2015.

GANDOLFI, H. Special issue “reflecting on Freire: a praxis of radical love and critical hope for science education” – theme: transnational collaborations and solidarities. **Cultural Studies of Science Education**, v. 18, p. 159-173, 2023.

GRIFFITHS, D. J. **Introduction to Quantum Mechanics**. 3 ed. United Kingdom: Cambridge University Press, 2016.

GUTIÉRREZ, R. The Sociopolitical Turn in Mathematics Education. **Journal for Research in Mathematics Education**. v. 44, n. 1, p. 37-68, 2013.

HODSON, D. Seeking directions for change: the personalisation and politicisation of science education. **Curriculum Studies**, v. 2, n. 1, p. 71-98, 1994.

HODSON, D. Time for action: Science education for an alternative future, **International Journal of Science Education**, v. 25 n. 6, p. 645-670, 2003.

HODSON, D. **Looking to the future**: Building a curriculum for social activism. Rotterdam: Sense publishers, 2011.

HÜLSENDEGER, M. J. V. C. A História da Ciência no ensino da Termodinâmica: um outro olhar sobre o ensino de Física. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, v. 9, n. 2, p. 222-237, 2007.

JASANOFF, S. The idiom of co-production. *In: JASANOFF, S. (E.). States of Knowledge: The co-production of science and social order*. Londres: Routledge, 2004a.

JASANOFF, S. Ordering knowledge, ordering society. *In: JASANOFF, S. (E.). States of Knowledge: The co-production of science and social order*. Londres: Routledge, 2004b.

JASANOFF, S. **The Fifth Branch**: Science advisers as policymakers. 1 ed. Cambridge: Harvard University Press, 1994.

KARAM, R. A. S. Schrödinger's original struggles with a complex wave function. **American Journal of Physics**, v. 88, n. 6, p. 433-438, 2020.

LATOUR, B. **Ciência em Ação**: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora. 2 ed. São Paulo: Editora Unesp, 2012a.

LATOUR, B. **Reagregando o Social**: uma introdução à teoria do Ator-Rede. Salvador: Edufba, 2012b.

LATOUR, B. **Jamais fomos modernos**: ensaios de antropologia simétrica. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora 34, 2013.

LATOUR, B. **A esperança de Pandora**: ensaios sobre a realidade dos estudos científicos. 1 ed. São Paulo: Editora Unesp, 2017.

MOURA, C. B. Introduction—In the Eye of the Storm: For a Sociopolitical Turn in Science Education to Build Post-pandemic Worlds. In: MOURA, C. B. (E.). **A Sociopolitical Turn in Science Education**: Towards Post-pandemic Worlds. 1 ed. Suiça: Springer Cham, 2025.

MOURA, C. B.; ALSOP, S.; CAMEL, T.; GUERRA, A. Science education in a world in crisis: contributions from the South to a defense of a cultural–historical approach in science teaching. **Cultural Studies of Science and Education**, v. 18, p. 669-693, 2023.

PIRES, F. S. T. L.; LIMA, N. W.; MUZY, P. T. A.; RABELO, W. R. M. A teoria da informação quântica e sua computação na Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 46, 2024.

PIRES, F. S. T. L. **O ecossistema quântico dos Estados Unidos**: uma investigação a partir dos estudos da ciência e tecnologia. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2025.

SAKURAI, J. J. **Modern Quantum Mechanics**. United States: Addison-Wesley, 1994.

SANTOS, W. L. P. Scientific Literacy: A Freirean Perspective as a Radical View of Humanistic Science Education. **Science Education**, Dordrecht, v. 93, n. 2, p. 361-382, 2008.

SINGH, C. Student understanding of quantum mechanics. **American Journal of Physics**, v. 69, n. 8, p. 885-895, 2001.

SINGH, C.; MARSHMAN, E. Review of student difficulties in upper-level quantum mechanics. **Physical Review Physics Education Research**, v. 11, n. 2, 2015.

SOUZA, D. S.; LIMA, N. W.; KARAM, R. A. S. A gênese da interpretação probabilística em livros didáticos de mecânica quântica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 46, 2024.

TOLBERT, S.; BAZZUL, J. Toward sociopolitical in science education. **Cultural Studies of Science Education**, v. 12, p. 321-330, 2017.

UNESCO. **100 Years of Quantum Is Just the beginning**. The 2025 International Year of Quantum Science and Technology (IYQ) recognizes 100 years since the initial development of quantum mechanics. Join us in engaging with quantum science and technology and celebrating throughout the year! Paris: UNESCO, 2025. Disponível em: <https://quantum2025.org/>. Acesso em: 8 ago. 2025.

UNITED STATES OF AMERICA. **National Strategic Overview for Quantum Information Science.** Subcommittee on Quantum Information Science. Washington D.C.: Executive Office of Science and Technology Policy, 2018. Disponível em: https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2020/10/2018_NSTC_National_Strategic_Overview_QIS.pdf. Acesso em: 27 ago. 2025

UNITED STATES OF AMERICA. **Quantum Information Science and Technology Workforce Development National Strategic Plan.** Subcommittee on Quantum Information Science. Washington D.C.: Executive Office of Science and Technology Policy, 2022a. Disponível em: <https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2022/02/QIST-Natl-Workforce-Plan.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2025

VALLADARES, L. Scientific literacy and social transformation: Critical perspectives about science participation and emancipation. **Science & Education**, v. 30, n. 3, p. 557-587, 2021.

WAGNER, R.; LIMA, N. W.; DUARTE, S. Uma reconstrução didática da apresentação original do Teorema de Bell: *Sobre o Paradoxo de Einstein, Podolsky e Rosen*. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 44, 2022.

6

Júlio César Lucero

Alexander Montero Cunha

Fábio Ramos Barbosa Filho

UM GESTO DE LEITURA EM ANÁLISE DE DISCURSO:

"A TRADIÇÃO EXPERIMENTAL
NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS COMO BASE
DA ESCOLA DEMOCRÁTICA E LAICA"

1. INTRODUÇÃO

Não é recente que a análise de discurso surge como um potencial aporte teórico e metodológico para as pesquisas em Educação em Ciências. Em 2004, por exemplo, Maria José Pereira Monteiro de Almeida publicou o seu livro *Discursos da ciência e da escola: ideologia e leituras possíveis*, em que discute justamente o potencial da análise de discurso materialista, baseada em Michel Pêcheux e colaboradores, para refletir sobre o discurso científico e o discurso escolar (Almeida, 2004). Em outros trabalhos, em parceria com Roberto Nardi, a autora buscou entender a formação da área de Educação em Ciências e os fatores que lhe deram origem, tendo como aporte a análise de discurso (Nardi; Almeida, 2004; 2007).

Mais recentemente, durante os últimos dois ENPECs¹, na linha temática Linguagens e Discursos, foram publicados oito trabalhos com o mesmo referencial (Montalvão Neto; Almeida, 2021; Moraes; Almeida, 2021; Rodrigues; Barbosa, 2021; Cabral; Ávila, 2023; Carvalho; Testoni, 2023; Ignácio Jr; Bozelli, 2023; Karat; Giraldi, 2023; Montalvão Neto; Almeida, 2023). Porém, em todos esses trabalhos, e incluímos os trabalhos de Nardi e Almeida (2004; 2007), sentimos a falta de considerações mais específicas e profundas sobre a análise de discurso, como a importância da sintaxe no processo de determinação de sentidos de palavras, frases ou enunciados.

Foi pensando nessa falta de uma discussão sobre análise de discurso e no seu potencial em abrir novos questionamentos para pesquisas que envolvem a leitura, que propomos a discussão aqui presente. Nesse sentido, em um primeiro momento discutimos o conceito de leitura para a análise de discurso, trazendo um contraponto entre uma leitura empírica e transparente, de um lado, e de uma leitura que busca romper com os efeitos de evidência da leitura, do outro. Em seguida, buscando dar materialidade à discussão,

trazemos a leitura (e os questionamentos que foram levantados a partir da leitura) do resumo da mesa redonda “A tradição experimental na educação em ciências como base da escola democrática e laica”, realizada na 75^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC)², em 2023.

2. SOBRE A LEITURA EM ANÁLISE DE DISCURSO

Para tratar da leitura, porém, precisamos fazer um recuo e levantar uma importante questão: o que é ler? Esse passo atrás, apesar de poder parecer inicialmente estranho, se faz extremamente necessário em um trabalho que tem como base central a leitura. E daqui é possível extrair ao menos duas respostas.

Uma primeira leitura possível é a da simples “tomada de informação”. Ora, ler é ler: as palavras estão ali, basta lê-las. O sentido de um texto, de uma frase ou de uma palavra já é dado. Há em cada palavra um conteúdo próprio e cabe ao leitor identificá-lo/clasificá-lo. É pensando nesse primeiro tipo de leitura levantado que o recuo que fazemos pode parecer estranho, afinal essa é uma relação espontânea de leitura. Não há teorização da leitura, há apenas a evidência do ato de ler. E, segundo Michel Pêcheux, “a evidência diz: as palavras têm um sentido porque têm um sentido” (Pêcheux, 2014a [1975], p. 32).

Em discussão sobre esse tipo de leitura, chamada de leitura empirista, Júlia Mendes Carrenho afirma:

² Coordenada pela prof.^a dra. Eliane Brígida Moraes Falcão (UFRJ), a mesa redonda foi realizada em julho de 2023. Disponível em: <https://eventos.galoa.com.br/sbpc-2023/calendar/activity/8297>. Acesso em: 8 de setembro de 2023.



Uma leitura empirista é, em grande parte, aquela que prescinde da elaboração de qualquer conceito de leitura, pois a toma como dado a partir da relação espontânea do sujeito com qualquer material de que se aproxime e, no limite, com a língua. A consequência primeira da assunção desse tipo de posição é considerar a leitura como ponte, como meio de ter acesso a algo que está além. Assim, a leitura empirista é também, com frequência, conteudista (Carrenho, 2021, p. 27).

Um outro entendimento para o que é a leitura, remonta a um questionamento feito por Louis Althusser, no primeiro volume de *Ler O Capital*: "que é ler?" (Althusser, 1979 [1965], p. 14). Tal questionamento foi extremamente importante para as formulações que o seguem. Além disso, o movimento teórico advindo mostra, em Althusser, "uma rejeição categórica do empirismo e, de modo específico, a rejeição absoluta a qualquer *empirismo da leitura*" (Barbosa Filho, 2014, p. 3, grifos do autor).

O que Althusser destaca, ao ler Marx, é uma relação extremamente importante entre leitura e história. A discussão empreendida por Althusser sobre a leitura de Marx, em *Ler O Capital*, pode ser representada na dicotomia entre o jovem e o velho Marx. Primeiro, ao denunciar o mito religioso da leitura, a leitura imediata, isto é, a leitura empirista do jovem Marx, em que

para o jovem Marx, conhecer a essência das coisas, a essência do mundo histórico humano, de suas produções econômicas, políticas, estéticas e religiosas – é realmente *ler (lesen, herauslesen)* com todas as letras a presença da essência "abstrata" na transparência de sua existência "concreta" (Althusser, 1979 [1965], p. 14-15, grifos do autor).

Segundo, ao destacar que para o Marx mais velho, o Marx de *O Capital*, houve um rompimento com essa concepção ideológica de leitura ao recorrer à teoria da história na qual foi fundador.

[...] *O Capital* toma pelo contrário [do que faz o jovem Marx] a exata medida de uma distância, de um deslocamento



interior ao real, inscritos na sua *estrutura* e de tal modo que tornam seus próprios efeitos ilegíveis, e façam da ilusão de sua leitura imediata o último e final de seus efeitos: *o fetichismo* (Althusser, 1979 [1965], p. 15, grifos do autor).

Como exemplo da leitura empreendida por Marx em *O Capital*, Althusser discute o conceito de "força de trabalho"³, que Marx o introduz como resposta a uma pergunta sem resposta (e sem questão) presente no texto da economia clássica. Há, em Marx, a transformação da pergunta "qual é o valor do trabalho?" da economia clássica, assim como de sua resposta "o valor do trabalho é igual ao valor dos meios de subsistência necessários à manutenção e à reprodução do trabalho". A transformação de Marx reside, ao acrescentar nos espaços em branco do texto da economia clássica, no que ela não vê, o conceito de "força de trabalho". Assim, essa nova resposta "o valor da força de trabalho é igual ao valor dos meios de subsistência necessários à manutenção e à reprodução da força de trabalho" tem uma nova pergunta não vista, por equívoco, pela economia clássica: "qual é o valor da força de trabalho?"

Nesse sentido, Marx vê o que a economia clássica não vê porque essa não era nem uma questão dentro da problemática da economia clássica. O que Marx faz, portanto, é transformar a problemática na qual a pergunta, e sua resposta, estavam sendo postas. Retomando o ponto de início, a partir da leitura de Marx dos textos da economia clássica⁴ e da leitura de Althusser de Marx,

o processo de leitura não pode mais ser concebido como uma historicização de palavras e conceitos estando o conceito de história pressuposto ou encarado como *dever* ou *sucessão* de tempo, mas na remissão de um objeto a uma articulação específica na *totalidade*. É esse deslocamento que representa não um aguçamento do olhar, mas uma mudança de terreno e uma transformação da problemática (Barbosa Filho, 2014, p. 6, grifos do autor).

3 Trazemos o exemplo apenas como modo de ilustração e, desse modo, não está completo. Para leitura completa do exemplo de Althusser (1979 [1965]), ele pode ser lido a partir da página 20.

4 Althusser vai chamar essa leitura de "leitura sintomal" (Althusser, 1979 [1965], p. 27).



Nesse sentido, a leitura de Marx de textos da economia clásica, não toma o “trabalho” como dado, como uma evidência. Por outro lado, lê a “força de trabalho” a partir de uma nova problemática, a partir de articulações específicas que até então não estavam sendo levadas em conta. Os resultados desse deslocamento epistemológico apontam para uma conclusão extremamente importante sobre qualquer ciência: “ela só pode formular problemas no terreno e no horizonte de uma estrutura teórica determinada, sua problemática” (Althusser, 1979 [1965], p. 24).

É a partir de tal posição teórica, principalmente no que diz respeito às relações entre leitura e história e às posições sujeito na história, que Michel Pêcheux elabora a sua teoria do discurso. Como afirma Fábio Ramos Barbosa Filho,

Frente às colocações de Althusser, Pêcheux vai afirmar que não se pode pensar uma teoria da leitura e do sentido sem pensar no modo pelo qual essas instâncias são determinadas pela história, pelo político e por um modo específico de organização da divisão social da leitura. Mas na intervenção teórica de Pêcheux, um ponto é fundamental: a *língua*, em sua autonomia relativa, desempenha um papel crucial nesse processo de determinação (Barbosa Filho, 2014, p. 2-3, grifos do autor).

Longe, portanto, de ser apenas uma extensão da problemática althusseriana no campo da linguagem, no trabalho de Pêcheux é “impossível compreender a articulação entre linguagem e história fora das relações entre semântica e sintaxe” (Barbosa Filho, 2014, p. 12). Esse é o lugar onde se enquadra a análise de discurso: como uma teoria da leitura, uma semântica.

O projeto da análise de discurso se enquadra como uma semântica justamente por Pêcheux e seus colaboradores defenderem que faltou à semântica alcançar o seu lugar como ciência, permanecendo ainda como uma ideologia teórica: “se a ruptura saussuriana foi suficiente para permitir a constituição da fonologia,



da morfologia e da sintaxe, ela não conseguiu impedir o retorno ao empirismo em semântica" (Haroche; Henry; Pêcheux, 2020 [1971], p. 19). Falta, nesse sentido, uma mudança de terreno para pensar a semântica. A partir desta mudança é possível trazer as relações elaboradas por Pêcheux entre leitura, história e língua.

A análise de discurso tem como seu objeto o discurso: a "materialidade discursiva enquanto nível de existência sócio-histórica [...] que remete às condições verbais de existência dos objetos (científicos, estéticos, ideológicos, ...) em uma conjuntura histórica dada" (Pêcheux, 2015c [1984], p. 151-152). Não se trata da língua o seu objeto, mas ela constitui parte fundamental da sua problemática (Barbosa Filho, 2014). De fato, a língua (objeto da linguística) constitui, para a análise de discurso, a base no qual os processos discursivos se constroem. Isto é, conforme afirma Pêcheux,

a base linguística caracteriza, nesta perspectiva, o funcionamento da língua em relação a si própria, enquanto realidade relativamente autônoma; e é preciso, por conseguinte, reservar a expressão *processo discursivo* (processo de produção do discurso) ao funcionamento da base linguística em relação a representações [...] postas em jogo nas relações sociais⁵. Isto permite compreender por que formações ideológicas muito diversas podem se constituir sobre uma única base (resposta ao problema: uma só língua/várias culturas) (Pêcheux, 2015a [1971], p. 128, grifos do autor).

Os apontamentos trazidos até aqui recaem sobre uma nova concepção, uma nova teorização sobre a leitura, sobre a questão do sentido de um texto, uma frase ou uma palavra. Se os sentidos possíveis se constroem tendo como base a língua, eles estão

5 As relações sociais, de acordo com o materialismo histórico, "resulta de relações de classe características de uma formação social dada (através do modo de produção que a domina, a hierarquia das práticas de que este modo de produção necessita, os aparelhos através dos quais se realizam estas práticas, as posições que lhes correspondem, e as representações ideológico-teóricas e ideológico-políticas que delas dependem)" (Pêcheux, 2015a [1971], p. 127).



determinados também pela língua e, em consequência, pela sintaxe⁶. Além disso, Barbosa Filho (2014, p. 17, grifos do autor) lembra que “as línguas possuem a dupla capacidade de construir ao mesmo tempo o *unívoco* e o *equívoco* e que essa tensão constitutiva não pode ser deixada de lado ao se empreender um estudo sobre o funcionamento da linguagem humana”.

A univocidade da língua só é possível pelo fato de que as línguas naturais possuem uma estabilidade morfológica e sintática (Gadet; Haroche; Henry; Pêcheux, 2015 [1982]). Já a construção do equívoco, por outro lado, oferece à linguagem a possibilidade de “deslizar fora do espaço da univocidade literal” (Gadet; Haroche; Henry; Pêcheux, 2015 [1982], p. 56) e se dá “justamente por conta de outras propriedades fundamentais e intrínsecas que a língua oferece ao falante, como a modalização, a metáfora e a predicação” (Barbosa Filho, 2014, p. 17).

Pensar a tensão entre unívoco e equívoco da linguagem só se torna possível quando Pêcheux e seus colaboradores encontram na teoria psicanalítica de Lacan, no conceito de função simbólica, “a condição de pensar essas possibilidades (equívocos, deslizes, falhas) a partir de uma outra diretriz que não mais se sustenta em um psicologismo que reduz o simbólico ao cognitivo” (Barbosa Filho, 2014, p. 17). O simbólico, em Lacan, “entra em uma relação específica com o real e o imaginário, determinando a subjetividade como efeito da interpelação de que o sujeito é o lugar, pelo viés da identificação” (Gadet; Haroche; Henry; Pêcheux, 2015 [1982], p. 64). Eis onde Pêcheux situa a leitura: na “relação entre língua como sistema sintático intrinsecamente passível de jogo, e a *discursividade* como inscrição de efeitos linguísticos materiais na história” (Pêcheux, 2014b [1982], p. 66, grifos do autor).

6 Barbosa Filho (2022) trabalha como um exemplo da importância da sintaxe para a Análise de Discurso, uma sentença que escutou em uma parada de ônibus. Encurtando, o autor aponta alguns sentidos possíveis e também sentidos impossíveis para a sentença, todos determinados pela sintaxe: “ela permite que o sentido não seja unívoco, mas ao mesmo tempo impede que ele seja qualquer um” (p. 83).

A leitura, a partir da posição teórica da análise de discurso, rompe os efeitos de evidência e inaugura outras maneiras de ler (Orlandi, 2008). Nesse sentido,

[...] ler um texto, uma frase, no limite, uma palavra, não constitui uma simples "tomada de informação". O "sentido" de um texto, de uma frase, e, no limite, de uma palavra, só existe em referência a outros textos, frases ou palavras que constituem seu "contexto" [...]. Resulta disso que a análise de discurso se contenta em cercar o sentido de uma sequência (de extensão indeterminada) por meio de suas possibilidades de substituição, comutação e paráfrase (Léon, Pêcheux, 2015 [1982], p. 165).

Tendo em mente essas considerações e buscando dar materialidade à discussão, passamos a discutir o nosso *gesto de leitura* para o resumo da mesa redonda.

3. UM GESTO DE LEITURA POSSÍVEL

O gesto de leitura que trazemos aqui faz parte de nosso processo de apropriação e trabalho com a análise de discurso. Para melhor discutir essa questão, trazemos na íntegra o texto que deu início aos questionamentos presentes neste trabalho. Como afirmamos ao começar este capítulo, o texto que faz parte do começo deste gesto de leitura, isto é, a leitura tendo como suporte teórico a análise de discurso, se trata da chamada da mesa redonda denominada "A tradição experimental na educação em ciências como base da escola democrática e laica", realizada na 75^a Reunião Anual da SBPC, que segue

A formação científica se realiza no encontro das questões culturais dos estudantes com os condicionantes institucionais e curriculares da escola. Consideraremos que o ensino experimental como atividade central para a formação



científica tem sido negligenciada no Brasil. No exame dessa negligência, queremos tecer fios que entrelacem laicidade, democracia, rigor científico e confiabilidade no conhecimento científico. Vemos no silenciamento do ensino experimental nas práticas escolares as trilhas para o negacionismo científico e elaborações pseudocientíficas.

Em um movimento inicial de aproximação com o texto, cabe olharmos para as retomadas anafóricas que são feitas no texto. Em nosso gesto de leitura, buscamos focar em dois pontos: a educação em ciências⁷ e o ensino experimental.

A “educação em ciências”⁸ presente no título da mesa redonda, é retomada ao menos duas vezes ao longo do texto que a segue. Nas duas primeiras sentenças como “formação científica” e na última como “práticas escolares”. Discutiremos brevemente cada uma delas.

No movimento interessante dessas retomadas, é possível notar que quando o ensino experimental é considerado, como em “consideramos que o ensino experimental como atividade central para a formação científica...”, a educação em ciências pode ser parafraseada por “formação científica”. Por outro lado, quando o ensino experimental está sendo silenciado, não sendo considerado, a educação em ciências é retomada por “práticas escolares”.

7 O sintagma nominal “educação em ciências” é utilizado no título da mesa redonda, mas na construção do resumo da mesa não há mais nenhuma menção à “educação em ciências”, apenas aos “condicionantes institucionais e curriculares da escola” e as “práticas escolares”. Com isso, temos condições de afirmar, baseado na textualidade do texto, que “educação em ciências” não se refere à área de pesquisa em Educação em Ciências. Por isso, utilizamos o termo “educação em ciências”, com letras minúsculas, para designar questões tanto internas quanto externas ao processo de ensino e aprendizagem e o termo “ensino de ciências”, também com letras minúsculas, reduzido apenas às questões internas do mesmo processo. Quanto à área de pesquisa, seguimos utilizando com as iniciais maiúsculas: “Educação em Ciências”. Por outro lado, entender que não se refere necessariamente à pesquisa em Educação em Ciências, não quer dizer que o que é dito em nome da educação em ciências e do ensino de ciências, mais especificamente, não tenha implicações nas pesquisas ou na forma das pesquisas da área.

8 Todas as palavras, expressões ou enunciados escritos em itálico e entre aspas constituem excertos do arquivo montado para a pesquisa e, portanto, fazem parte do material analisado.



Tal consideração, ora *"formação científica"* e ora *"práticas escolares"*, levanta uma primeira questão: qual é o valor do ensino experimental? O que o ensino experimental tem de tão especial e como ele funciona num processo de transformação de *"práticas escolares"* para *"formação científica"*? Os efeitos de sentido de *"ensino experimental"* ainda seguem transparentes e evidentes: é preciso opacizar.

Na tentativa de buscar opacizar o ensino experimental, um primeiro movimento é o de justamente olhar para as possíveis anáforas dentro do texto. O ensino experimental aparece pela primeira vez logo no título da mesa, como *"tradição experimental na educação em ciências como base da escola democrática e laica"*. Na segunda sentença do texto da mesa, o *"ensino experimental como atividade central para a formação científica"* está retomando o título.

Se pensarmos nessa retomada como possível, o *"ensino experimental"* retoma *"tradição experimental na educação em ciências"*. Se esse for o caso, *"formação científica"* está retomando *"escola democrática e laica"*⁹. Mas o que é essa *"escola democrática e laica"*? A construção do sintagma não permite pensar a escola, ou a escola democrática ou a escola laica, mas somente permite a existência da *"escola democrática e laica"*. Por isso, essas constatações levantam outro questionamento: quais as relações entre ensino experimental, democracia e laicidade?

Para buscar responder essa e outras perguntas que vão surgindo ao longo do gesto de leitura, precisamos trabalhar com recortes¹⁰ do texto, isto é, com as sequências discursivas. Como já mencionado, Jacqueline Léon e Michel Pêcheux (2015 [1982]) afirmam que o sentido de um texto só existe em referência a outros textos.

9 Uma possível referência à educação, que tem o ensino experimental como relação necessária para a democracia e a laicidade.

10 Para Eni Orlandi, *"o recorte é uma unidade discursiva. Por unidade discursiva entendemos fragmentos correlacionados de linguagem-e-situação. Assim, um recorte é um fragmento da situação discursiva"* (1984, p. 14, grifos da autora).



Separar um texto em sequências discursivas, portanto, permite “dar visibilidade ao processo discursivo colocando várias sequências em relação” (Léon; Pêcheux, 2015 [1982], p. 167). Jean-Jacques Courtine destaca, como uma necessidade teórica da AD, a distinção entre processos discursivos e língua, em que “se os processos discursivos constituem a fonte de produção dos efeitos de sentido no discurso, a língua, pensada como uma instância relativamente autônoma, é o lugar material onde se realizam os efeitos de sentido” (Courtine, 2014 [1981], p. 32).

Com a separação em sequências discursivas, “quebramos o fio do discurso e permitimos que sejam tratadas pelo algoritmo como entidades independentes”, além de as usarmos como “unidade máxima de comparação” (Léon; Pêcheux, 2015 [1982], p. 167). Nesse sentido,

a sequência discursiva não deve, pois, ser considerada como uma simples articulação de informações elementares, mas como comportando uma série de mudanças de níveis, sintaticamente recuperáveis (ao menos em parte). Isso nos faz afirmar a inevitabilidade da análise sintática das sequências discursivas, fundada sobre o conhecimento de um real próprio à língua e determinando a possibilidade dessas mudanças de níveis (Léon; Pêcheux, 2015 [1982], p. 166).

Tendo essas considerações em mente sobre a necessidade das sequências discursivas, trabalhamos com elas para prosseguir com o gesto de leitura. Porém, o trabalho não se encerra em recortes acabados neles mesmos. A leitura se torna um incessante batimento entre polissemia, “processo de instauração da multiplicidade de sentidos”, e paráfrase, “processo pelo qual procura-se manter o sentido igual sob diferentes formas” (Orlandi, 1984, p. 11).

As sequências discursivas recortadas do resumo da mesa redonda se encontram na Tabela 1, mais a frente.

Tabela 1 - Sequências Discursivas recortadas no texto da mesa redonda

Sequências Discursivas (SDs):

(sd₁): "Consideramos que o ensino experimental como atividade central para a formação científica tem sido negligenciada no Brasil".

(sd₂): "No exame dessa negligência, queremos tecer fios que entrelacem laicidade, democracia, rigor científico e confiabilidade no conhecimento científico".

(sd₃): "Vemos no silenciamento do ensino experimental nas práticas escolares as trilhas para o negacionismo científico e elaborações pseudocientíficas".

Fonte: elaborado pelos autores.

4. O ENSINO EXPERIMENTAL COMO ATIVIDADE CENTRAL PARA A FORMAÇÃO CIENTÍFICA

A primeira sequência discursiva se encontra logo abaixo:

(sd₁): "Consideramos que o ensino experimental como atividade central para a formação científica tem sido negligenciada no Brasil".

A (sd₁) nos permite transformá-la em duas outras sequências discursivas possíveis, por meio de paráfrases, considerando o primado da metáfora sobre o sentido¹¹, isto é, "o sentido existe exclusivamente nas relações de metáfora (realizadas em efeitos de substituição, paráfrases, formações de sinônimos)" (Pêcheux, 2014a [1975], p. 240). A metáfora é aqui adotada como designada por Lacan: "uma palavra por outra, eis a fórmula da metáfora" (Lacan, 1998, p. 510, grifos do autor), em que "a metáfora se coloca no ponto

11

Pêcheux (2014a [1975]) enuncia o "primado da metáfora sobre o sentido" no Anexo III de *Semântica e discurso*, intitulado *Só há causa daquilo que falha ou o inverno político francês: início de uma retificação*, na página 277.

exato em que o sentido se produz no não-senso¹²" (Lacan, 1998, p. 512). E Pêcheux segue

É sobre essa concepção da metáfora que se baseia o que adiantamos acima ao dizer que uma palavra, uma expressão ou uma proposição não *tem* um sentido que lhes seria próprio, preso a sua literalidade; *nem*, acrescentamos, *sentidos* deriváveis a partir dessa literalidade por meio de uma combinatória lógico-lingüística que domaria sua ambiguidade, construindo os diferentes casos possíveis, à maneira do que é proposto hoje pela semântica gerativa: o sentido é sempre uma palavra, uma expressão ou uma proposição *por* uma outra palavra, uma expressão ou proposição; e esse relacionamento, essa superposição, essa transferência (*meta-phora*), pela qual elementos significantes passam a se confrontar, de modo que "se revestem de um sentido", não poderia ser predeterminada por propriedades da língua (por exemplo, ligações "lingüísticas" entre sintaxe e léxico); isso seria justamente admitir que os elementos significantes já estão, enquanto tais, dotados de sentido, que têm primeiramente *sentido* ou *sentidos*, antes de ter *um* sentido (Pêcheux, 2014a [1975], p. 239-240, grifos do autor).

Com isso, a metáfora tem papel central na atribuição dos efeitos de sentidos de uma palavra/sentença/enunciado. Substituir uma palavra por outra é justamente o processo de paráfrase, no qual se procura manter o sentido sob diferentes formas.

Assim, prosseguimos com as paráfrases feitas a partir da (sd,):

(sd_{1,1}): Consideramos o ensino experimental como atividade central para a formação científica.

(sd_{1,2}) O ensino experimental como atividade central para a formação científica tem sido negligenciado no Brasil.

12

Na tradução do livro *Escritos* de Lacan, a tradutora traduziu *non-sens* por "não-senso". Já na tradução do livro *Semântica e discurso* de Pêcheux, a tradutora optou por manter *non-sens*.



A primeira paráfrase ($sd_{1,1}$) permite pensar em um primeiro sentido atribuído ao ensino experimental (“*como atividade central para a formação científica*”), mas não somente isso, ela também permite pensar no seu funcionamento sintático em relação com a ($sd_{1,2}$). Quando é feita uma boa consideração sobre o ensino experimental, mesmo com sujeito oculto, há na construção da frase um agente *nós*, ainda que nada seja afirmado sobre ele. Por outro lado, na ($sd_{1,2}$) a construção da frase é feita em voz passiva e sem um agente demarcado: “*o ensino experimental [...] tem sido negligenciado*”.

Quem faz parte desse *nós* que considera o ensino experimental uma atividade central para a formação científica? Quem ou o que negligencia o ensino experimental? Este texto sozinho não dá conta de responder a essas questões. Contudo, ele dá indícios de uma tensão do tipo *nós* e *eles*¹³.

Além disso, é ainda possível pensar em uma derivação (um deslize) a partir da ($sd_{1,1}$). Se o ensino experimental é considerado uma atividade central para a formação científica, a formação científica, e em consequência a própria ciência, não se faz sem a atividade experimental. Uma ciência, sendo assim, necessariamente é uma ciência experimental. Nesse sentido, é possível pensar em uma ($sd_{1,1,1}$), na qual

($sd_{1,1,1}$) A formação científica não se faz sem a atividade experimental,

ou, ainda,

($sd_{1,1,2}$) A ciência não se faz sem a atividade experimental.

O que é ignorado aqui, por outro lado, é justamente a existência de toda e qualquer prática científica que não seja experimental.

13 De fato, a tensão *nós* e *eles* volta a aparecer em outros enunciados que evocam o ensino experimental na educação em ciências. Por ora, e enquanto propósito deste trabalho de destacar o potencial da análise do discurso para novos questionamentos, apenas o indício se faz presente neste momento. Essa discussão é mais ampla e se encontra em Lucero (2025).

O próprio trabalho de leitura aqui empenhado, assim como o trabalho da arqueologia e paleontologia¹⁴, apenas para dar outro exemplo, não se enquadram como uma prática científica de acordo com a ($sd_{1,1,2}$). Talvez não seja possível um consenso de uma característica universal relacionada aos métodos científicos de todas as ciências. Por exemplo,

a astronomia é uma ciência na qual atividades de observação são importantes, ao passo que paleontólogos usam mais a capacidade de reconhecer e classificar fósseis no meio de sedimentos e não utilizam a observação da forma que os astrônomos fazem. Em compensação, botânicos performariam atividades de reconhecimento e classificação, o que os colocaria num grupo de semelhança junto dos paleontólogos, mas longe dos astrônomos, por exemplo (Moura; Camel; Guerra, 2020, p. 19).

A respeito da prática científica, Michel Pêcheux, sob o pseudônimo de Thomas Herbert¹⁵, ao discutir a situação teórica das ciências sociais, em especial da psicologia social, sua área de origem, elabora um esquema teórico da prática científica, no qual pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2 – esquema teórico da prática científica

	G1	G2	G3
Prática teórica	Ideologia	Aparelho de transformação	Sistema científico de conceitos articulados
Prática não-teórica	"real" prática empírica	produto técnico ou ideológico	

Fonte: Herbert, 2015 [1966], p. 46.

14 A respeito deste tema, Victor Guida e Pedro Tolipan discutem a especificidade da prática científica arqueológica e paleontológica em uma crítica ao livro "Sapiens" e à total falta de conhecimento sobre arqueologia, paleontologia, história e ciência de seu autor, Yuval Harari. Disponível em: <https://arqueologiaeprehistoria.com/2023/03/12/sapiens-nao-e-uma-breve-historia-da-humanidade/>. Acesso em: 03 de setembro de 2024.

15 Em seus primeiros trabalhos, Michel Pêcheux assinava como Thomas Herbert.



No esquema, G1, G2 e G3 representam generalidades específicas, sendo G1 uma generalidade ideológica inicial (uma matéria a trabalhar), G2 um instrumento de trabalho e, por fim, G3 um produto.

A respeito de G1 e G3, "eles constituem o *objeto* da ciência, no duplo sentido de *objeto de crítica* e de *objeto produzido*" (Herbert, 2015 [1966], p. 46, grifos do autor). A prática científica, nesse sentido, se trata de um processo de transformação de uma ideologia dada, com conceitos ideológicos iniciais (objeto de crítica), em um sistema científico que articula conceitos de novo (objeto produzido), através de um corte epistemológico. Cabe a G2 o papel de servir de "*instrumento* à prática científica para produzir G3 a partir de G1" (Herbert, 2015 [1966], p. 46, grifos do autor).

Por mais que nomear G2 como instrumento da prática científica ou como um aparelho de transformação possa acarretar em uma ideia do uso de uma maquinaria de trabalho, como um arranjo experimental, ele não passa de um trabalho teórico (Herbert, 2015 [1966]). Um trabalho teórico que pode vir a necessitar de um arranjo experimental, mas não necessariamente. O trabalho teórico, conforme segue Pêcheux, recobre dois momentos: "a transformação produtora do objeto, operada na inquietação e na aventura ('com os meios à disposição', diz Althusser) e a reprodução metódica do objeto, consumada na calma da ciência estabelecida" (Herbert, 2015 [1966], p. 48). Em que método é entendido como "*o conjunto organizado da prática teórica que produz seu objeto sendo normatizada por ele*" (Herbert, 2015 [1966], p. 47, grifos do autor).

Diante desse cenário, a prática científica se faz presente em uma articulação entre objeto, teoria e método. Não se faz nenhuma distinção se esse método é experimental ou não, sendo, por outro lado, uma "*reflexão* do discurso teórico sobre si mesmo" (Herbert, 2015 [1966], p. 49, grifos do autor). Nessa perspectiva, portanto, a prática experimental não seria essencial para a formação científica. Outras perspectivas epistemológicas também poderiam ser trazidas



para se chegar a esta afirmativa, não sendo relevante a perspectiva que trazemos e sim a possibilidade de não necessária dependência entre formação científica e prática experimental.

5. ENSINO EXPERIMENTAL, DEMOCRACIA E LAICIDADE

A segunda SD recortada do texto pode ajudar, ou ao menos dar indícios, a chegar em uma resposta à pergunta feita anteriormente sobre as relações entre ensino experimental, democracia e laicidade.

(sd₂): *"No exame dessa negligência, queremos tecer fios que entrelacem laicidade, democracia, rigor científico e confiabilidade no conhecimento científico".*

Antes de prosseguir com o trabalho de uma paráfrase possível, porém, precisamos retomar um ponto crucial para a AD: no trabalho com as paráfrases discursivas, o que está em discussão é sempre uma paráfrase possível, não a única. O sentido é sempre contingente, mas nunca aleatório: o que quer dizer que o efeito de sentido de uma palavra, expressão ou enunciado pode sempre ser outro, mas não pode ser qualquer um. E não pode ser qualquer um porque “é impossível, dentro da análise linguístico-discursiva de uma sequência, dissociar completamente as ‘instruções’¹⁶ para permitir a construção de sua significação e o processo de interpretação do sentido associado a esta sequência” (Pêcheux, 2015b [1984], p. 146). Os efeitos de sentido aqui discutidos se organizam dentro do arquivo montado¹⁷.

16 Por “instruções” lê-se a base linguística no qual os processos discursivos se constroem.

17 A montagem do arquivo fez parte de um trabalho mais amplo. Os efeitos de sentidos organizados dentro do arquivo e o próprio processo de montagem do arquivo são discutidos em Lucero (2025).

Dessa forma, uma paráfrase possível é a seguinte:

(sd_{2,1}): O ensino experimental entrelaça laicidade, democracia, rigor científico e confiabilidade no conhecimento científico.

Um primeiro questionamento que pode ser levantado pela (sd_{2,1}) é o seguinte: é possível parafrasear "*ensino experimental*" por "*rigor científico e confiabilidade no conhecimento científico*"? Se a resposta for sim, voltamos a uma posição sobre ciência extremamente semelhante à posição presente na (sd_{1,2}). Essa relação espontânea entre "*ensino experimental*" e "*rigor científico e confiabilidade no conhecimento científico*", na qual uma ciência se faz com atividade experimental, constitui um retorno ao empirismo dentro da educação em ciências.

Não somente isso, retomando a questão anterior, qual é o salto que entrelaça ensino experimental com laicidade e democracia? Ou, ainda, rigor científico e confiabilidade no conhecimento científico com laicidade e democracia?

A relação entre ensino experimental e laicidade, ou então entre confiabilidade no conhecimento científico e laicidade, ou ainda, a tensão entre ciência e religião nos levam de volta aos três modos de filosofar de Auguste Comte. Para Comte, o conhecimento humano passa por três estados teóricos diferentes: "o estado teológico, ou fictício; o estado metafísico, ou abstrato; o estado científico, ou positivo" (Lecourt, 2018 [2001], p. 37). Focamos na tensão entre os extremos, isto é, entre o estado teológico e o científico.

No estado teológico, "o espírito do homem busca imputar os fenômenos naturais que observa à ação de agentes sobrenaturais que ele imagina em maior ou menor número" (Lecourt, 2018 [2001], p. 37), e tem a perfeição alcançada "com o monoteísmo que remete os fenômenos naturais à vontade de um Deus único e pessoal" (Lecourt, 2018 [2001], p. 37-38). Sobre esse ponto, Jacques Lacan (2005 [1974], p. 65-66) afirma que "desde o começo, tudo o que é religião consiste em dar um sentido às coisas que outrora eram as coisas naturais".



Já no estado científico, o espírito humano “não procura mais explicar os fenômenos de acordo com as suas causas, incumbe-se de descobrir as suas leis efetivas; constata as suas relações invariáveis de sucessão e similaridade a partir de fatos observados” (Lecourt, 2018 [2001], p. 38-39). Fatos observados, acrescentamos, de forma neutra e por meio de algum arranjo experimental baseado no método científico universal e a-histórico.

A partir de então, temos justificativa para um rompimento total entre ciência e religião. Temos, nesse sentido, meios de pensar em um entrelaçamento entre ensino experimental, rigor científico, confiabilidade no conhecimento científico e laicidade. Porém, não sem antes a religião se colocar de volta ao jogo: se dando a função de “dar um sentido a todas as reviravoltas introduzidas pela ciência¹⁸” (Lacan, 2005 [1974], p. 65).

E como fica o entrelaçamento entre o ensino experimental, e uma ciência nos moldes como discutido até aqui, e a democracia? Seria o tipo de uma sociedade que toma decisões baseadas em evidências científicas apenas, sendo o conhecimento científico a palavra final para qualquer questão? Essas são discussões de extrema relevância na área de Estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia (Callon, 1999; Dagnino, 2008; Fourez, 1995), podendo a relação entre prática experimental e democracia ser bem explorada a partir desta área.

Por outro lado, retomando as SDs trazidas até aqui, nos parece que a relação entre o ensino experimental com *“laicidade, democracia, rigor científico e confiabilidade no conhecimento científico”* se dá como uma consequência. Sendo assim, o ensino experimental é a causa, tornando possível a existência da SD que segue.

(sd_{2,2}): Laicidade, democracia, rigor científico e confiabilidade no conhecimento científico são alcançadas quando tomamos o ensino experimental como atividade central para a formação científica.

6. SILENCIAMENTO DO ENSINO EXPERIMENTAL E OUTROS PROBLEMAS

A terceira SD recortada do texto da mesa redonda se encontra na sequência.

(sd₃): "Vemos no silenciamento do ensino experimental nas práticas escolares as trilhas para o negacionismo científico e elaborações pseudocientíficas".

A (sd₃) tem uma primeira paráfrase possível, na qual as formulações que apresentamos a seguir são feitas a partir dela.

(sd_{3,1}): O silenciamento do ensino experimental nas práticas escolares abre as trilhas para o negacionismo científico e elaborações pseudocientíficas.

A (sd_{3,1}) traz novamente uma relação de causa relacionada ao ensino experimental, mais especificamente a falta dele. Funciona como se por não haver ensino experimental nas práticas escolares, isto é, no ensino de ciências, é que se torna possível a existência de negacionismo científico e elaborações pseudocientíficas. Assim, em outras palavras, segue a próxima sequência discursiva.

(sd_{3,2}): Negacionismo científico e pseudociências são reflexo da falta de ensino experimental nas escolas.

O que constitui um grave problema para a educação em ciências, senão o problema da educação em ciências. Sendo assim,

(sd_{3,3}): O problema da educação em ciências é a falta de ensino experimental¹⁹.

Considerando a (sd_{3,3}) bem como as (sd_{1,1}) e (sd_{1,11}), a falta do ensino experimental acarreta a falta de uma formação científica. A falta da formação científica, por sua vez, acarreta o negacionismo científico e em elaborações pseudocientíficas. Novamente, há aqui uma relação direta entre ensino experimental e confiabilidade no conhecimento científico, lembrando a discussão a partir de (sd₂).

Esse problema levantado não é simples. Trata-se de um problema bastante grave, como já dito, porque permite a existência de posições contra a ciência, permite a existência do negacionismo científico e de elaborações pseudocientíficas. O que nos leva a acreditar que a educação em ciências brasileira não é de qualidade. Sendo assim, é possível a existência de mais uma sequência discursiva derivada de (sd₃). Qual seja,

(sd_{3,4}): Negacionismo científico e pseudociências existem porque a educação em ciências brasileira não é de qualidade.

Esse, por fim, acaba sendo um ponto crucial até aqui: a educação não tem ensino experimental e não é de qualidade. Ensino experimental é sinônimo de qualidade? A SD abaixo vai ao encontro deste ponto, na qual o ensino experimental é colocado como a causa de uma educação em ciências de qualidade.

(sd_{3,5}): Educação em ciências de qualidade requer ensino experimental.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O gesto de leitura que discutimos neste capítulo iniciou com a leitura do resumo da mesa redonda “A tradição experimental na educação em ciências como base da escola democrática e laica”, realizada em 2023 em evento organizado pela SBPC. Com o aporte teórico e metodológico da análise de discurso materialista, nos contentamos em cercar o resumo da mesa redonda e trabalhar a partir da construção de efeitos de sentidos advinda da leitura desta.

Esse movimento possibilitou a abertura e o levantamento de novos questionamentos oriundos da própria leitura do texto. Questões que ficaram em aberto e que o próprio texto não deu conta de responder sozinho. As respostas dadas por esse texto foram indícios que abriram a possibilidade de ampliar a sua leitura para outros textos, na montagem de um arquivo (Lucero, 2025) e, assim, buscar compreendê-lo.

Dentre os indícios, podemos citar a tensão *nós* e *eles*, que aqui funciona timidamente. Porém, com a leitura de outros textos colocados em relação, essa tensão além de fazer parte do processo discursivo de discursos sobre o ensino experimental no ensino de ciências funciona como parte da fundação de uma nova discursividade que coloca em posições discursivas opositivas cientistas (*nós*) e professores (*eles*) (Lucero, 2025). De acordo com Barbosa Filho e Vicente (2022) esse tipo de tensão *nós* contra *eles* já se atualizou diversas vezes ao longo da história do Brasil, tomando diferentes formas, como: *nós* “brasileiros” e *eles* “africanos libertos”; *nós* “povo”/“patriotas”/“cristãos” e *eles* “comunistas”; *nós* “brasileiros” e *eles* “indígenas”; *nós* “patriotas” e *eles* “fascistas”/“esquerdistas”.

Além dessa tensão, e referenciando a ($sd_{1,1}$), a estrutura sintática dessa sequência discursiva também se mantém recorrente em discursos sobre o ensino experimental na educação em ciênc-



cias, mais especificamente na relação entre ensino experimental e ensino de física, em que *o ensino experimental constitui a base indispensável para X*, também fazendo parte da fundação de uma nova discursividade (Lucero, 2025). Esse tipo de recorrência se torna importante para melhor entender os efeitos de sentidos adquiridos por “ensino experimental” em discursos sobre o ensino de ciências e, mais especificamente, sobre o ensino de física, pois “uma ‘palavra’ não tem (um) sentido (que lhe seja próprio)”, mas, por outro lado, “ela é passível de produzir efeitos de sentido quando inscrita em uma posição ideológica dada” (Barbosa Filho, 2022, p. 75, grifos do autor). Diante desse cenário, uma palavra não possui um valor próprio, mas adquire valor (sentido) a partir das suas relações, que são determinadas pela ideologia, e portanto pela história, e também pela língua, e portanto pela sintaxe.

Essa discussão e possibilidade de abertura e reflexão sobre o ensino experimental na educação em ciências somente foi possível por meio de uma leitura atenta e comprometida com os fundamentos teóricos e metodológicos da análise de discurso materialista. Uma leitura que, a cada nova compreensão, a cada novo passo, certamente leva a mais questionamentos do que respostas finais.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de. **Discursos da ciência e da escola:** ideologia e leituras possíveis. 1.ed. Campinas: Mercado das Letras, 2004.
- ALTHUSSER, Louis. De O Capital à filosofia de Marx. In: ALTHUSSER, Louis; RANCIÈRE, Jacques; MACHEREY, Pierre. **Ler O Capital, volume I.** Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1979 [1965].
- BARBOSA FILHO, Fábio Ramos. Língua, leitura, história. **Décalages**, v. 1, n. 4, p. 1-30, 2014.
- BARBOSA FILHO, Fábio Ramos. Sintaxe e discurso. In: VINHAS, Luciana lost; CAMPOS, Luciene Jung de; LARA, Renata Marcelle (Orgs.). **Trajetos equívocos:** discurso, deslimite e resistência. 1.ed. Campinas: Pontes Editores, 2022.

BARBOSA FILHO, Fábio Ramos; VICENTE, Valdemir de Souza. Nós e eles. *In: SCHERER, Amanda Eloina; et al. (Orgs.). Restos de horror*. 1.ed. Campinas: Pontes Editores, 2022.

CABRAL, Wallace Alves; ÁVILA, Bárbara Cristina Caldas de. A Química e os alimentos: a construção de um livro de receitas na formação inicial de professores. **XIV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Anais do [...]. Caldas Novas: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2023.

CALLON, Michel. The Role of Lay People in the Production and Dissemination of Scientific Knowledge. **Science, Technology and Society**, v. 4, n. 1, 1999.

CARRENHO, Júlia Mendes. Um percurso da/na análise de discurso. *In: CARRENHO, Júlia Mendes. Eu vou contar e outras cenas de testemunhos de mulheres: um estudo discursivo das relações entre arquivo, trauma e língua*. 1.ed. Campinas: Unicamp/ Publicações IEL, 2021.

CARVALHO, Mariana Sales de Araújo; TESTONI, Leonardo André. Mediação docente e possibilidades para o discurso pedagógico polêmico: contribuições para a atribuição de sentidos. **XIV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Anais do [...]. Caldas Novas: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2023.

COURTINE, Jean-Jacques. **Análise do discurso político**: o discurso comunista endereçado aos cristãos. 1.ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014 [1981].

DAGNIINO, Renato Peixoto. **Neutralidade da ciência e determinismo tecnológico**: um debate sobre a tecnociência. Campinas: Editora da Unicamp, 2008.

FOUREZ, Gérard. **A Construção das Ciências**: Introdução à filosofia e à ética das ciências. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995.

GADET, Françoise; HAROCHE, Claudine; HENRY, Paul; PÊCHEUX, Michel. Nota sobre a questão da linguagem e do simbólico em Psicologia. *In: ORLANDI, Eni Puccinelli (Org.). Análise de Discurso*: Michel Pêcheux. 4.ed. Campinas: Pontes Editores, 2015 [1982].

HAROCHE, Claudine; HENRY, Paul; PÊCHEUX, Michel. A semântica e o corte saussuriano: língua, linguagem, discurso. *In: BARONAS, Roberto Leiser (Org.). Análise de discurso*: apontamentos para uma história da noção-conceito de formação discursiva. 1.ed. Araraquara: Letraria, 2020 [1971].

HERBERT, Thomas. Reflexões sobre a situação teórica das ciências sociais e, especialmente, da psicologia social. *In: ORLANDI, Eni Puccinelli (Org.). Análise de Discurso*: Michel Pêcheux. 4.ed. Campinas: Pontes Editores, 2015 [1966].

IGNÁCIO JR., Ismair; BOZELLI, Fernanda Cádia. "Precisamos passar a boiada": uma Análise do Discurso do ex-ministro do Meio Ambiente do Brasil, Ricardo Salles. **XIV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Anais do [...]. Caldas Novas: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2023.

KARAT, Marinilde Tadeu; GIRALDI, Patricia Montanari. Zika e os boatos zicados: discursos sobre ciência e tecnologia em um vídeo educativo de ciências do YouTube. **XIV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Anais do [...]. Caldas Novas: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2023.

LACAN, Jacques. A instância da letra no inconsciente ou a razão desde Freud. In: LACAN, Jacques. **Escritos**. 1.ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1998.

LACAN, Jacques. **O Triunfo da Religião precedido de Discurso aos Católicos**. 1.ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2005 [1974].

LECOURT, Dominique. **A filosofia das ciências**. 1.ed. São Paulo: Ideias & Letras, 2018 [2001].

LÉON, Jacqueline; PÊCHEUX, Michel. Análise sintática e paráfrase discursiva. In: ORLANDI, Eni Puccinelli (Org.). **Análise de Discurso**: Michel Pêcheux. 4.ed. Campinas: Pontes Editores, 2015 [1982].

LUCERO, Júlio César. **A constituição de um discurso fundador**: o ensino experimental no ensino de Física. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Física. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Porto Alegre, 2025.

MONTALVÃO NETO, Alberto Lopo; ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de. Alimentos transgênicos: controvérsias (socio)científicas e gestos de leitura produzidos a partir de textos jornalísticos. **XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Anais do [...]. Caldas Novas: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2021.

MONTALVÃO NETO, Alberto Lopo; ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de. Efeitos de sentido e representações sociais de estudantes do Ensino Médio sobre o tema transgenia. **XIV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Anais do [...]. Caldas Novas: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2023.

MORAES, Flávia Novaes; ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de. Histórias em Quadrinhos sobre Biotecnologia de Vacinas: A Produção de Sentidos por Alunos de Licenciatura sobre Linguagem e Notícias Falsas. **XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Anais do [...]. Caldas Novas: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2021.

MOURA, Cristiano; CAMEL, Tânia; GUERRA, Andreia. A natureza da ciência pelas lentes do currículo: normatividade curricular, contextualização e os sentidos de ensinar sobre ciências. **Revista Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 22, p. 1-27, 2020.

NARDI, Roberto; ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de. Formação da área de Ensino de Ciências: memórias de pesquisadores no Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 1, p. 90-100, 2004.

NARDI, Roberto; ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de. Investigação em Ensino de Ciências no Brasil segundo pesquisadores da área: alguns fatores que lhe deram origem. **Pro-Posições**, v. 18, n. 1 [52], p. 213-226, 2007.

ORLANDI, Eni Puccinelli. Segmentar ou recortar? **Série Estudos, Linguística: Questões e Controvérsias**. n.10. Uberaba: Fiube, 1984.

ORLANDI, Eni Puccinelli. **Discurso e Texto**: formulação e circulação dos sentidos. 3.ed. Campinas: Pontes, 2008.

PÊCHEUX, Michel. **Semântica e discurso**: uma crítica à afirmação do óbvio. 5.ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2014a [1975].

PÊCHEUX, Michel. Ler o arquivo hoje. *In: ORLANDI, Eni Puccinelli (Org.). Gestos de leitura: da história no discurso*. 4.ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2014b [1982].

PÊCHEUX, Michel. Língua, "Linguagens", Discurso. *In: ORLANDI, Eni Puccinelli (Org.). Análise de Discurso*: Michel Pêcheux. 4.ed. Campinas: Pontes Editores, 2015a [1971].

PÊCHEUX, Michel. Leitura e memória: projeto de pesquisa. *In: ORLANDI, Eni Puccinelli (Org.). Análise de Discurso*: Michel Pêcheux. 4.ed. Campinas: Pontes Editores, 2015b [1984].

PÊCHEUX, Michel. Metáfora e Interdiscurso. *In: ORLANDI, Eni Puccinelli (Org.). Análise de Discurso*: Michel Pêcheux. 4.ed. Campinas: Pontes Editores, 2015c [1984].

RODRIGUES, Dayane Pires; BARBOSA, Alessandro Tomaz. Histórias em Quadrinhos sobre a pandemia da COVID-19 no ensino de Biologia: tensões entre paráfrase e polissemia. **XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Anais do [...]. Caldas Novas: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2021.

7

Marina Brondani

Marcelo de Moura Cabral

Matheus Monteiro Nascimento

DISCURSOS EM CONFLITO:

PERSUASÃO EM TEMAS
SOCIOCIENTÍFICOS E A CONSTRUÇÃO
SOCIAL DO NEGACIONISMO
DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

1. INTRODUÇÃO

O negacionismo científico é um fenômeno multifacetado que desafia não apenas a produção, mas também a circulação e a legitimidade do conhecimento. Ele não se restringe à falta de informação, mas envolve disputas simbólicas, interesses políticos, econômicos, ideológicos e religiosos que atravessam diferentes campos sociais. Nesse sentido, compreender suas manifestações exige olhar tanto para os mecanismos de convencimento e persuasão quanto para as disposições sociais que estruturam a aceitação ou rejeição da ciência.

O primeiro eixo de investigação apresentado neste capítulo aborda a relação entre ciência e religião, com foco no criacionismo científico e na teoria do design inteligente. Esses movimentos, ainda que de base teológica, buscam se revestir de linguagem e forma científica, inserindo-se no espaço público como alternativas ao evolucionismo. Ao recorrerem a estratégias de persuasão, como a autoridade da fonte, o uso de vocabulário técnico e a aparência de neutralidade, esses discursos revelam como crenças religiosas podem adquirir legitimidade ao se apropriar de formas de comunicação típicas da ciência. Para analisar esse processo, a pesquisa mobiliza o *Elaboration Likelihood Model of Persuasion* (Petty; Cacioppo, 1986), explorando de que maneira estudantes de cursos científicos avaliam e eventualmente aceitam argumentos criacionistas.

O segundo eixo examina o negacionismo climático a partir de uma perspectiva sociológica. Mais do que simples desconhecimento, trata-se de uma rejeição estruturada, muitas vezes articulada por grupos econômicos e políticos interessados em retardar medidas de mitigação. A pesquisa parte do conceito de *habitus* (Bourdieu, 1983, 2011) para compreender como capitais econômico e cultural, bem como disposições de classe, influenciam atitudes frente ao consenso científico sobre as mudanças climáticas. Utilizando análise de correspondência múltipla, investiga-se como variáveis sociais se



associam à aceitação ou rejeição da ciência climática, destacando que a resistência ao consenso não é homogênea, mas atravessa diferentes grupos sociais.

Ao reunir essas duas dimensões, a persuasão no embate entre ciência e religião e as disposições sociais no negacionismo climático, o capítulo busca evidenciar que a recusa da ciência não é explicada apenas pelo conteúdo das informações, mas também pelas formas de apresentação e pelas condições sociais de receção. Mais do que uma questão de déficit cognitivo, o negacionismo revela disputas de sentido, valores e interesses que moldam a relação da sociedade com o conhecimento científico. Entender tais processos é condição necessária para repensar práticas de comunicação e educação científica capazes de enfrentar a desinformação e fortalecer a confiança na ciência em contextos de crescente crise ambiental, social e política.

2. A PERSUASÃO NO EMBATE ENTRE CIÊNCIA E RELIGIÃO

Ao longo do tempo, a relação entre ciência e religião passou por diferentes reconfigurações. Durante a Idade Média e o Renascimento, por exemplo, não era incomum que investigações sobre os fenômenos naturais se articulassesem com interpretações teológicas, sendo a ciência compreendida como um instrumento para aprofundar a compreensão da criação divina. A partir do Iluminismo, o fortalecimento do racionalismo e o desenvolvimento das metodologias empíricas favoreceram uma mudança de paradigma. Assim, a ciência passou a reivindicar seu campo de conhecimento separado da religião.



Diante da complexidade da relação entre ciência e religião, Ian Barbour (1997, 2000) propôs uma interpretação dessa dinâmica a partir de quatro modelos principais: conflito, independência, diálogo e integração. No modelo de conflito, ciência e religião são vistas como explicações incompatíveis, que competem por autoridade sobre a verdade. Já no modelo de independência, operam em esferas distintas, com métodos e propósitos diferentes. O modelo do diálogo propõe uma abertura mútua, em que as duas áreas se comunicam e aprendem uma com a outra, especialmente em temas de fronteira entre os campos. Enquanto o modelo de integração busca uma síntese mais profunda, articulando descobertas científicas e visões religiosas em uma mesma cosmologia.

Apesar dessa diversidade de interpretações e da legitimidade que há em se discutir essas articulações, observa-se o crescimento de movimentos que ultrapassam o desejo de diálogo ou integração. Alguns grupos religiosos contemporâneos passaram a reivindicar que suas crenças sobre a origem da vida sejam reconhecidas como teorias científicas equivalentes ao evolucionismo. É o caso do criacionismo científico¹ e da Teoria do Design Inteligente (TDI)², que tentam se apresentar como alternativas válidas ao modelo de evolução darwinista, e até mesmo superiores, por supostamente oferecerem explicações mais completas e coerentes.

Esses movimentos defendem que a vida e o universo foram planejados por uma inteligência superior, argumento que, embora tenha motivações claramente religiosas, é disfarçado de científico ao usarem de linguagem técnica, vocabulário acadêmico e apresentação formal semelhante à da ciência convencional. Esse esforço vem

1 O criacionismo científico é uma vertente do criacionismo. É uma tentativa pseudocientífica que busca transformar a narrativa do livro de Gênesis em fatos científicos, contestando e reinterpretando informações científicas sobre a história da Terra, cosmologia e evolução biológica.

2 Teoria pseudocientífica que defende que certas características do universo e dos seres vivos são mais bem explicadas por uma causa inteligente ao invés de processo não direcionado, como a seleção natural.



da tentativa de substituir explicações consolidadas por alternativas de base religiosa. Ao questionarem teorias como a da evolução, o modelo do Big Bang ou os processos geológicos que estimam a idade da Terra, esses discursos buscam desacreditar consensos científicos para dar espaço para interpretações teológicas.

O cenário se torna ainda mais preocupante quando essas propostas são inseridas em contextos educacionais. Ao se apresentarem como visões científicas legítimas, elas colocam em risco a compreensão pública do que é ciência e confundem os critérios de validade do conhecimento científico. Um exemplo disso foi a divulgação de material didático em escolas públicas brasileiras, que apresentava o criacionismo como uma explicação alternativa equivalente ao evolucionismo, afirmando que não há consenso científico sobre a origem da humanidade (Lima Neto, 2024).

Esse tipo de discurso, ao mesmo tempo que é defendido como liberdade de crença, tenta se apropriar da legitimidade científica para sustentar uma narrativa dogmática. Como observam Dorvillé e Selles (2016), o criacionismo no Brasil vem ganhando força não apenas como expressão religiosa, mas como movimento cultural e político, sobretudo impulsionado pelo crescimento de segmentos religiosos conservadores. Esse estudo abrange as matrizes criacionistas que remodelaram sua mensagem para argumentar a favor do ensino das “alternativas científicas à evolução” e das “evidências contra a evolução” (Dorvillé; Selles, 2016). Pilati (2018) chama atenção para o risco desse tipo de proposta: ao estabelecer como ponto de partida uma explicação revelada e inquestionável, o criacionismo científico não estimula a formulação de novas perguntas, mas sim a busca de confirmações para uma crença preexistente. Nessa perspectiva, o fazer científico é invertido pois não parte da dúvida, mas da certeza absoluta.

Diante desse quadro, a divulgação científica assume um papel ainda mais relevante. No entanto, não basta informar corretamente. A simples exposição a fatos não é suficiente para desfazer



crenças enraizadas, essa abordagem negligencia fatores cognitivos, sociais e afetivos na formação de atitudes e julgamentos de veracidade (Ecker *et al.*, 2022). O enfrentamento dos discursos pseudo-científicos requer a compreensão das estratégias de persuasão que tornam tais discursos convincentes, mesmo quando são baseados em argumentos frágeis. Lewandowsky e Oberauer (2016) destacam que a rejeição da ciência não ocorre apenas por desinformação, mas também porque a ciência pode entrar em conflito com as visões de mundo, opiniões políticas ou crenças religiosas das pessoas. Em outras palavras, a aceitação ou rejeição de um discurso não depende exclusivamente de sua coerência interna, mas também de sua compatibilidade com o sistema de crenças do indivíduo. As pessoas tendem a aceitar ou rejeitar informações não apenas com base em sua veracidade, mas em sua consonância com valores já estabelecidos (Hornsey; Fielding, 2017). Por isso, o estudo da forma como esses discursos são construídos e recebidos, especialmente no contexto educacional, é importante para compreender o mecanismo de disseminação de desinformação. E é nesse ponto que se insere a proposta desta pesquisa.

Essa pesquisa parte da inquietação gerada pela observação de discursos que, embora apresentem uma aparência científica, sustentam visões de mundo religiosas, como é o caso do criacionismo científico e da Teoria do Design Inteligente (TDI). O objetivo central é compreender como essas mensagens, ao adotar elementos persuasivos, podem convencer estudantes universitários de áreas científicas sobre a validade de seus argumentos. Para isso, optamos por utilizar como principal referência teórica o *Elaboration Likelihood Model of Persuasion* (ELM), de Petty e Cacioppo (1986), uma teoria da psicologia social voltada à compreensão de como as pessoas processam informações e formam atitudes a partir de mensagens persuasivas. Esse modelo busca compreender os caminhos pelos quais ocorre a mudança de atitude a partir da exposição a mensagens persuasivas, diferenciando duas rotas principais: a central e a periférica.



Na rota central, os indivíduos avaliam criticamente os argumentos, refletindo de forma elaborada antes de formar uma opinião. Essa rota tende a produzir mudanças de atitude mais estáveis e resistentes. Já na rota periférica, a mudança de atitude ocorre sem uma análise detalhada dos méritos centrais da informação, tornando-a geralmente menos duradoura e mais suscetível a mudanças (Ibid., 1986).

A habilidade de elaborar os argumentos de forma objetiva durante o processo persuasivo pode ser afetada por fatores como distração, repetição, a complexidade e quantidade dos argumentos apresentados. Esses elementos desempenham um papel relevante na modificação da capacidade de uma pessoa de formular argumentos de maneira objetiva, influenciando a eficácia da persuasão (Ibid., 1986). Esse modelo é particularmente relevante para o campo da divulgação científica, pois permite compreender por que certos discursos pseudocientíficos, mesmo com argumentos frágeis, conseguem persuadir parte do público. Em contextos de baixa motivação ou capacidade de elaboração, os indivíduos tendem a se apoiar em pistas periféricas para formar sua opinião, tal como credenciais acadêmicas do emissor, linguagem técnica ou apresentação visual. Esses elementos são amplamente utilizados nos discursos dos defensores do criacionismo científico e a TDI.

A partir desse referencial a pesquisa busca responder às seguintes questões:

- Quais são os elementos persuasivos utilizados pelos criacionistas divulgadores da Teoria do Design Inteligente (TDI)?
- Como os argumentos apresentados pelos criacionistas são percebidos pelos alunos de graduação?
- De que maneira as estratégias de persuasão impactam a aceitação ou rejeição dos argumentos criacionistas pelos alunos de graduação?



Para responder à primeira questão da pesquisa, iremos analisar programas, palestras, vídeos, sites e materiais dos defensores da teoria do design inteligente e do criacionismo científico. Nessa análise, examinaremos os elementos persuasivos presentes nos discursos desses defensores, buscando entender como os comunicadores apresentam as informações para persuadir seu público em relação às mensagens transmitidas.

Para responder à segunda questão da pesquisa, utilizaremos um procedimento inspirado na metodologia de Petty e Cacioppo (1986) para distinguir argumentos fortes de fracos. Os elementos persuasivos apresentados no modelo de elaboração da mensagem têm efeitos distintos em mensagens consideradas fortes *versus* mensagens consideradas fracas, portanto é importante fazer essa identificação.

É importante destacar que não há argumentos universalmente fortes ou fracos. A qualidade de um argumento pode variar dependendo dos valores e perspectivas sociais das pessoas. Para classificar os argumentos, apresentaremos uma seleção de argumentos do criacionismo científico aos estudantes, pedindo que refiram e indiquem seu grau de concordância com cada argumento. Essa avaliação nos permitirá classificá-los conforme a predominância de respostas favoráveis ou desfavoráveis.

Por fim, os mesmos argumentos serão apresentados a um novo grupo de estudantes, desta vez acompanhados das estratégias persuasivas, como a distração e o uso de autoridade da fonte. Assim, será avaliado o grau de concordância dos participantes, permitindo a comparação com os resultados obtidos no grupo que avaliou os argumentos sem o uso dessas estratégias.

Ao articular essas três etapas, a pesquisa busca compreender como os estudantes de cursos científicos avaliam os argumentos dos defensores do criacionismo científico e a TDI e quais fatores podem



contribuir para sua aceitação. A hipótese é que, mesmo quando os argumentos não se sustentam em evidências, sua apresentação em formatos persuasivos pode influenciar a percepção dos estudantes. Essa hipótese se apoia no entendimento de que, em estratégias de comunicação que buscam o convencimento pela rota periférica, as pessoas tendem a se apoiar em indicadores superficiais para formar suas opiniões. Nesse sentido, compreender os mecanismos de convencimento das mensagens pseudocientíficas é fundamental para pensar estratégias mais eficazes de comunicação científica.

Afinal, conforme apontam Hornsey e Fielding (2017), a rejeição à ciência muitas vezes não se dá por falta de informação, mas por motivos ideológicos, afetivos ou identitários. Entender como essas dimensões operam na recepção de discursos pseudocientíficos é um passo importante para repensar práticas de ensino e divulgação que não se limitem à transmissão de fatos, mas que dialoguem com as crenças, valores e afetos que moldam a forma como a ciência é recebida.

3. DISPOSIÇÕES SOCIAIS NO NEGACIONISMO CLIMÁTICO

O negacionismo científico é um fenômeno social que vai além da simples ausência de informação. Envolve interesses políticos, econômicos e ideológicos (Pivaro, Girotto Jr., 2020; Santini, Barros, 2022) que atuam para desacreditar consensos científicos. Na área da saúde, por exemplo, casos como o da cloroquina e da “pílula do câncer” demonstram como esse fenômeno pode afetar áreas como a saúde pública (Nascimento, Massi, 2023). Em relação ao meio ambiente, em maio de 2024, o estado do Rio Grande do Sul foi atingido por uma das maiores tragédias climáticas de sua história.



Chuvas intensas e inundações causaram grandes prejuízos, levando milhares de pessoas a deixarem suas casas. Apesar dos alertas emitidos por órgãos oficiais e científicos, parte da população ignorou os avisos (Rigue, 2024), dificultando o trabalho das equipes de resgate (Almeida, 2024). Estes eventos evidenciaram tanto o impacto das mudanças climáticas quanto o papel da desinformação e do negacionismo diante de alertas científicos em relação à saúde pública. No Brasil, o desmonte de políticas ambientais e a promoção da desinformação durante o governo de 2019-2022, agravaram esse cenário. A extinção de órgãos especializados, o corte de verbas (Prazeres, 2021) e a omissão em eventos internacionais contribuíram para a deslegitimação da ciência. Na questão ambiental, grupos negacionistas, muitas vezes financiados por setores econômicos (Lewandowsky, 2021), utilizam estratégias de comunicação para confundir e desacreditar a ciência sobre o aquecimento global. Tais estratégias incluem o uso de redes sociais para espalhar desinformação (Noggard, 2011; Dunlap, Mccright, 2011), e com isso, aumentando o negacionismo climático com a propagação de dúvidas em discursos ambíguos, que tendem a atrasar ações e esforços de mitigação de problemas ambientais (Oreskes, Conway, 2010). A aceitação ou rejeição das informações científicas (Lewandowsky, Oberauer, 2016) também está fortemente relacionada a fatores sociais, como classe econômica, nível de instrução e posicionamento político.

A sociologia, especialmente através do conceito de *habitus* proposto pelo sociólogo Pierre Bourdieu, oferece um instrumental teórico para compreender essas disposições. O *habitus*, entendido como um conjunto de disposições duráveis formadas ao longo da vida, influencia diretamente as percepções, gostos e atitudes dos indivíduos, inclusive em relação à ciência (Bourdieu, 1983). Nesta pesquisa buscamos investigar como diferentes *habitus*, vinculados a distintas classes sociais, se relacionam com o negacionismo das mudanças climáticas. Mais especificamente, quais variáveis contextuais estão mais associadas com atitudes/disposições



negacionistas, em especial sobre mudanças climáticas. A hipótese central é que a disposição a negar a ciência não está restrita a um único grupo social, mas se manifesta de forma variada e transversal entre diferentes características e contextos sociais. Nesse sentido, é fundamental identificar as condições que levam certos grupos a rejeitarem o conhecimento científico, principalmente em um cenário de crise ambiental.

Quando tratamos de consensos científicos é fundamental a necessidade de interação com o campo da educação, sabendo-se que há uma necessidade urgente de qualificar a comunicação científica (Ecker *et al.*, 2022; Lewandowski, Oberauer, 2016). A literatura aponta que o aumento do volume de informação, por si só, não é suficiente para mudar atitudes (Ecker *et al.*, 2022; Petty, Cacioppo, 1986), e sim que é necessário compreender os fatores sociais e culturais que moldam a percepção das pessoas sobre a ciência. O termo negacionismo, apesar de amplamente utilizado, deve ser compreendido em sua complexidade, não se tratando apenas de desconhecimento, mas de uma rejeição consciente e, muitas vezes, articulada contra o consenso científico. Essa rejeição pode estar ancorada em crenças ideológicas ou psicológicas que se sobreponem ao conhecimento formal (Kahan, 2014). A resistência ao consenso é, portanto, central para a compreensão do negacionismo. Reforça-se, assim, a importância de uma educação científica crítica, capaz de formar cidadãos aptos a avaliar e confiar na ciência, compreendendo os processos históricos que sustentam seus fundamentos (Cassiani; Selles; Ostermann, 2022).

O objetivo central desta pesquisa é compreender como o *habitus* de classe e os capitais econômico e cultural influenciam no negacionismo científico, enfatizando ou mitigando a negação das mudanças climáticas. Busca-se analisar como as disposições culturais e econômicas de diferentes grupos sociais interferem na aceitação ou rejeição de evidências científicas. Para analisarmos essas estruturas, destacamos a relação entre o nível de escolarização



formal – o capital cultural institucionalizado – e a tendência de negar o aquecimento global causado por ações humanas. Pretende-se entender como esse capital influencia a capacidade de interpretar questões científicas, e também seus limites, especialmente quando pessoas com alta escolaridade resistem ao consenso científico. Outro ponto importante é investigar como os capitais cultural e econômico interagem na formação de posturas negacionistas. Enquanto o capital cultural pode tanto favorecer quanto dificultar a aceitação da ciência, o capital econômico pode estimular discursos negacionistas por interesses financeiros, especialmente ligados a atividades poluentes. A pesquisa também propõe uma caracterização sociológica dos perfis de pessoas que negam as mudanças climáticas, considerando aspectos como escolaridade, classe social, cultura, ideologia e interesses econômicos. Isso pode contribuir para desenvolver estratégias mais eficazes de comunicação e políticas públicas de conscientização. Além disso, busca-se refletir sobre o papel da educação científica, sobretudo o ensino de física, no enfrentamento ao negacionismo climático. A Física, ao tratar de temas como o efeito estufa, pode oferecer ferramentas para compreender e questionar discursos desinformativos, ao passo que a formação crítica pode ampliar a consciência ética e política sobre as causas e consequências das mudanças climáticas.

Analisamos artigos exclusivamente revisados por pares, mesmo que isso não tenha permitido restringir os periódicos, dada a natureza interdisciplinar do tema, que abrange áreas como Física, Biologia, comunicação, antropologia, Sociologia, ciências políticas, geologia, urbanismo e saúde. O foco foi identificar as motivações e fundamentos da negação das mudanças climáticas, com ênfase nas características dos grupos sociais que sustentam essas visões, além de mapear a contribuição das diversas áreas acadêmicas e como elas se articulam em suas redes de pesquisa. A intenção não foi criticar os artigos selecionados, tampouco esgotar todas as causas do fenômeno, mas oferecer uma amostra representativa e



reflexiva das abordagens sobre eventos climáticos extremos e suas respectivas negações. A base utilizada para a coleta dos artigos foi o Portal de Periódicos da Capes. Empregadas combinações específicas de palavras-chave relacionadas ao negacionismo climático, resultaram inicialmente em 48 artigos. Após a eliminação de duplicatas e exclusão de textos que não tratavam diretamente do tema ou apenas o citam de forma tangencial, foram selecionados 14 artigos para análise aprofundada. A revisão revelou uma significativa lacuna na produção nacional sobre o tema, corroborando com o estudo que víhamos desempenhando. Os textos analisados pertencem a periódicos com diferentes classificações no Qualis CAPES, variando de A1 a B1, todos disponíveis online.

Os estudos revisados apresentam pontos de convergência importantes, sendo o principal deles o destaque ao fator político-econômico como base do negacionismo climático. Embora a comunidade científica reconheça amplamente a origem antropogênica do aquecimento global, há grande resistência no espaço social, influenciada por interesses industriais e políticos (Schmidt, 2023; Leite, 2015; Miguel; Santos; Souza, 2022; Almiron, Moreno, 2022; Pires-Oliveira; Simões; Carvalho, 2022; Pivaro, Girotto Jr., 2020). Essa oposição se manifesta como um conflito que retarda ações governamentais, especialmente aquelas que poderiam limitar os impactos causados pela indústria. A partir dessa percepção, evidencia-se um esforço deliberado de certos grupos em promover a dúvida e desinformar a população. Entre os principais agentes da desinformação, destacam-se as *think tanks*, (Schmidt, 2023; Loiola, 2022; Gastaldi, 2018; Almiron, Moreno, 2022; Pires-Oliveira; Simões; Carvalho, 2022) organizações que utilizam linguagem técnica e respaldo acadêmico para dar legitimidade a informações que favorecem interesses empresariais e governamentais. Esses grupos produzem discursos que questionam o consenso científico, ajustando-se aos contextos e às receptividades sociais (Gastaldi, 2018; Miguel; Santos; Souza, 2022). Assim, o negacionismo climático torna-se uma ideologia



adaptável, funcional ao sistema hegemônico, que manipula a opinião pública e impede a implementação de políticas ambientais efetivas (Gastaldi, 2018). O movimento negacionista, no Brasil e em outros países, está geralmente ligado a grandes indústrias e a setores políticos conservadores (Gastaldi, 2018; Andrade *et al.*, 2020), principalmente da extrema-direita (Schmidt, 2023; Loiola, 2022; Aguiar; Monteiro; Batista, 2022). Esses grupos frequentemente descredibilizam a ciência por desconhecerem seus métodos (Andrade *et al.*, 2020) e promovem uma agenda que vê as políticas ambientais como obstáculos ao desenvolvimento econômico. A mídia, por sua vez, também se mostrou vulnerável, em virtude da dependência financeira de anunciantes, o que comprometeu a neutralidade da informação divulgada (Aguiar; Monteiro; Batista, 2022). Ainda, observou-se que a produção científica sobre o tema tende a variar conforme o governo vigente (Pivaro, Girotto Jr., 2020), com picos e quedas diretamente influenciados por decisões políticas.

As manifestações do negacionismo são diversas e articuladas. Uma estratégia comum é o ceticismo seletivo, que não nega o aquecimento global, mas contesta sua causa humana (Abellán-López, 2021; Gastaldi, 2018; Almiron, Moreno, 2022; Leite, 2015). Outra forma é a negação dos impactos das ações humanas sobre o clima (Abellán-López, 2021; Gastaldi, 2018) ou a fabricação de incertezas científicas deliberadas (Aguiar; Monteiro; Batista, 2022; Santini, Barros, 2022). Essas práticas evidenciam que o desconhecimento não é casual, mas faz parte de uma estratégia consciente de produção de desinformação (Loiola, 2022). Além disso, os grupos negacionistas frequentemente reivindicam espaço na ciência, alegando direito ao contraditório, o que confere aparência democrática ao discurso que, na verdade, busca enfraquecer o consenso científico.

Dessa forma, torna-se necessário compreender que o termo negacionismo não pode ser aplicado de forma simplista, pois envolve múltiplas camadas e estratégias discursivas (Almiron, Moreno, 2022), sendo fundamental identificar suas diversas formas de manifestação



e dissimulação, para que se possa compreender com clareza o funcionamento das redes que sustentam o negacionismo climático. Em geral, a literatura sobre o tema aponta que o negacionismo climático de origem antropogênica é menos que uma simples negação da ciência e mais uma forma estruturada de ação política e econômica. Trata-se de uma estratégia de manipulação social que visa perpetuar determinados interesses por meio da desinformação, da construção de dúvidas e da atuação em diferentes esferas da sociedade, reforçando e moldando *habitus* que resistem às mudanças necessárias para mitigar a crise climática.

Nosso trabalho estabelece uma interação direta com as Ciências Sociais, adotando uma abordagem teórico-metodológica fundamentada na sociologia relacional de Pierre Bourdieu. Trata-se de um estudo quantitativo, baseado em uma análise estatística de dados sobre a percepção dos brasileiros a respeito das mudanças climáticas. Utiliza-se, como principal ferramenta metodológica, a Análise de Correspondência Múltipla (ACM), com a orientação constante da teoria bourdieusiana, desde a seleção de variáveis até a interpretação dos dados.

Um dos principais conceitos mobilizados é o do capital, que é central na teoria de Bourdieu. O capital cultural, por exemplo, compreende conhecimentos, habilidades, formação educacional e preferências estéticas que os indivíduos acumulam ao longo da vida, sendo distribuído de maneira desigual entre os grupos sociais. Essa forma de capital está profundamente ligada ao *habitus*, que consiste em disposições duradouras que guiam percepções e ações. O capital cultural, portanto, não representa apenas informação, mas também poder, uma vez que confere vantagem social àqueles que o detêm. Bourdieu (2011), distingue o capital cultural em três formas: incorporado (competências e conhecimentos adquiridos), objetivado (bens materiais representativos de cultura) e institucionalizado (diplomas e certificados). Já o capital econômico refere-se aos recursos materiais com valor monetário, como propriedades, rendas e investimentos.



Embora seja o capital mais visível e mensurável, sua relevância ultrapassa o aspecto financeiro, pois pode ser convertido em outras formas de capital, como o cultural e o social, influenciando diretamente a estrutura das classes sociais. A reconversão entre capitais é um processo essencial na teoria bourdieusiana. O capital econômico pode ser transformado em capital escolar, por exemplo, ao se investir na educação de herdeiros da classe dominante, garantindo assim a manutenção de privilégios sociais, esse processo contribui para a reprodução das desigualdades sociais. Destacando ainda que essas reconversões ocorrem dentro de campos sociais específicos, cujas regras determinam o valor de cada tipo de capital (Bourdieu, 1986). A transmissão intergeracional do capital econômico é um dos principais mecanismos de perpetuação das hierarquias sociais. Quando articulado ao capital cultural e ao capital social, esse processo acumula vantagens que dificultam a mobilidade social para indivíduos com poucos ou nenhum recurso econômico (Bourdieu, Passeron, 2014). A riqueza herdada não apenas mantém privilégios econômicos, mas também viabiliza o acesso a redes sociais estratégicas e instituições educacionais, fortalecendo a posição dos indivíduos no espaço social.

O conceito basilar da pesquisa é o de *habitus*, cunhado por Bourdieu, que se refere a disposições internalizadas que orientam práticas, pensamentos e percepções, moldadas pelas experiências sociais dos indivíduos (Bourdieu, 1989). O *habitus* faz a mediação entre as estruturas sociais e as ações individuais, sendo estruturado pelas condições objetivas de existência, como por exemplo: classe social, gênero e etnia. Ele possibilita certa margem de inovação, mas tende a reproduzir as estruturas dominantes (Bourdieu, 2011). O campo educacional é um exemplo significativo da atuação do *habitus*. Crianças de famílias de classe alta, expostas desde cedo a práticas culturais valorizadas, desenvolvem um *habitus* alinhado às expectativas escolares, facilitando seu sucesso (Bourdieu, Passeron, 1992). Em contrapartida, crianças de classes populares, cujos *habitus* não coincidem com essas normas, enfrentam obstáculos, o que reforça a desigualdade educacional.



No contexto da pesquisa, a análise do negacionismo climático é realizada por meio do conceito de *habitus*. Esse *habitus* negacionista, presente em determinados segmentos sociais, ajuda a entender a persistência de crenças contrárias às evidências científicas. Ele é alimentado por redes familiares, grupos ideológicos e meios de comunicação que desconfiam da ciência e reforçam discursos desinformativos. Assim, a resistência à aceitação da realidade das mudanças climáticas não se explica apenas por desconhecimento, mas também por estruturas sociais que condicionam as formas de percepção e crença. Dessa forma, o estudo propõe compreender o negacionismo climático como resultado de disposições formadas historicamente e estruturadas por desigualdades no acesso aos diferentes tipos de capital. A educação, particularmente, desempenha papel crucial na formação de um *habitus* mais crítico e consciente, capaz de romper com a reprodução automática das estruturas sociais. Isso evidencia a importância de políticas educacionais que promovam a alfabetização científica e o pensamento crítico, como meios de enfrentamento do negacionismo e de promoção de uma cultura mais sensível às questões ambientais.

A pesquisa possui caráter empírico e quantitativo, utilizando como fonte os microdados de pesquisas sobre a percepção dos brasileiros quanto ao meio ambiente e às mudanças climáticas, disponibilizados pelo CESOP (Centro de Estudos sobre Opinião Pública) da Unicamp e pelo ITS Rio (Instituto de Tecnologia e Sociedade do Rio de Janeiro). Essas bases reúnem informações sobre a opinião pública em relação ao aquecimento global de origem humana, além de dados socioeconômicos. A análise será realizada por meio da Análise de Correspondência Múltipla (ACM), técnica estatística descrita por Lebaron e Le Roux (2015) como a "metodologia de Pierre Bourdieu em ação". A ACM é uma metodologia estatística voltada para a análise de associações entre variáveis categóricas, permitindo representar graficamente as relações entre elas. Neste estudo, a ACM é aplicada para estimar a associação entre variáveis

contextuais (sexo, idade, grau de instrução, raça, posicionamento político e classe econômica), que são condicionantes objetivos do *habitus*, e as opiniões dos respondentes sobre mudanças climáticas. A escolha desse método se justifica por sua capacidade de captar a complexidade do espaço social, o qual não pode ser reduzido apenas ao capital econômico.

O espaço social, conforme concebido por Bourdieu, é multidimensional, ou seja, as variáveis que o compõem não são totalmente colineares. Isso implica que conhecer o valor de uma variável, como a renda, não é suficiente para prever os valores das demais. Portanto, nem todas as distinções sociais podem ser explicadas unicamente pela desigualdade econômica. A utilização da ACM permite uma análise geométrica que leva em conta a totalidade das variáveis em sua interação, evitando o erro de superestimar o peso isolado de fatores como sexo ou idade, que muitas vezes são utilizados como substitutos de efeitos mais complexos de classe. Diferentemente dos modelos de regressão, que pressupõem independência entre variáveis e homogeneidade de variância, a ACM não exige tais condições e se mostra mais adequada para a análise de dados sociais, que geralmente apresentam forte interdependência entre variáveis. Isso torna a ACM uma ferramenta metodológica superior para representar realidades sociais complexas por meio da redução de dimensões, organizando os dados em eixos que maximizam a variância explicada. A partir do referencial teórico de Bourdieu, o uso da ACM adquire ainda mais profundidade, pois permite evidenciar as estruturas invisíveis que condicionam o *habitus*. Wacquant (2013), destaca que essa abordagem metodológica representa uma inovação fundamental introduzida por Bourdieu nas Ciências Sociais, ao manter o indivíduo como unidade de análise e construir uma ponte entre ontologia, metodologia e teoria. A ACM, nesse contexto, mapeia os espaços interconectados entre indivíduos e propriedades sociais, revelando os mecanismos pelos quais agentes sociais aderem ou não a determinadas práticas. Além disso, práticas culturais e escolares, que tanto refletem quanto produzem desigualdades sociais,

podem ser analisadas eficazmente pela ACM (Monteiro Nascimento *et al.*, 2017). Essa técnica torna possível mapear padrões de diferenciação no espaço social e revelar como fatores como desempenho escolar, escolha de áreas de estudo ou progressão acadêmica estão associados ao nível socioeconômico, ao capital cultural familiar e às condições materiais de acesso à educação.

Em síntese, compreender o negacionismo climático a partir do conceito de *habitus* permite deslocar a análise do campo restrito da informação para o das disposições sociais que estruturam a forma como diferentes grupos se relacionam com a ciência. Mais do que um déficit cognitivo, trata-se de um processo enraizado em desigualdades de capital econômico e cultural, que alimentam percepções resistentes ao consenso científico. Ao evidenciar esses condicionantes, esta pesquisa busca contribuir para o desenvolvimento de estratégias de comunicação e de educação científica que não se limitem à transmissão de dados, mas que enfrentem os mecanismos sociais de produção e reprodução do negacionismo. Nesse sentido, a reflexão proposta aponta para a necessidade de integrar o debate sobre mudanças climáticas às dimensões estruturais da sociedade, reconhecendo que o combate à desinformação exige tanto políticas educacionais quanto transformações nas condições sociais que sustentam disposições negacionistas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O percurso desenvolvido neste capítulo mostrou que o negacionismo científico não pode ser reduzido a um problema de déficit de informação. Ele emerge na interseção entre formas de persuasão e estruturas sociais que orientam a recepção da ciência. No caso da relação entre ciência e religião, evidenciou-se como movimentos criacionistas e defensores do design inteligente se apropriam



de linguagens e estratégias de comunicação típicas da ciência para conferir legitimidade a discursos de base dogmática. A análise a partir do *Elaboration Likelihood Model* mostrou que, em contextos de baixa motivação ou de pouca elaboração crítica, a adoção de pistas periféricas pode tornar tais discursos convincentes, ainda que careçam de fundamento científico.

No exame do negacionismo climático, por sua vez, deslocou-se o foco da mensagem em si para as disposições sociais que estruturam sua recepção. O conceito de *habitus* de Bourdieu permitiu compreender que a resistência ao consenso científico não é homogênea nem casual, mas atravessa classes sociais, capitais e interesses políticos e econômicos que se traduzem em disposições duráveis de descrédito. O negacionismo, nesse sentido, aparece como uma prática socialmente situada, alimentada tanto por redes ideológicas quanto por estratégias deliberadas de produção de incerteza.

A reunião desses dois eixos evidencia que discursos negacionistas se sustentam por meio de mecanismos distintos, mas complementares: de um lado, estratégias de convencimento que mobilizam formas de persuasão; de outro, condições sociais que predispõem determinados grupos a rejeitar a ciência. Essa combinação ajuda a explicar por que a simples difusão de informações científicas é insuficiente para enfrentar a desinformação. O enfrentamento do negacionismo exige, portanto, políticas e práticas de comunicação científica que articulem dois níveis: o micro, atento às estratégias discursivas que tornam argumentos pseudocientíficos plausíveis; e o macro, voltado às condições estruturais que reproduzem disposições resistentes ao consenso científico. Do ponto de vista educacional, isso implica repensar a formação científica não apenas como transmissão de conteúdos, mas como prática crítica capaz de reconhecer os fatores cognitivos, sociais e políticos que moldam a relação entre ciência e sociedade.

Assim, ao analisar tanto a dimensão da persuasão quanto a das disposições sociais, este capítulo buscou contribuir para um entendimento mais amplo do negacionismo científico. Em tempos de crise ambiental, social e política, essa compreensão é condição necessária para fortalecer a confiança pública na ciência e construir respostas coletivas diante de desafios que não admitem soluções simplistas.

REFERÊNCIAS

- ABELLÁN-LÓPEZ, M. Á. El cambio climático: negacionismo, escepticismo y desinformación. **Tabula Rasa**. Bogotá, n. 37, p. 283–301, 2021.
- AGUIAR, C. G. B.; MONTEIRO, P. O.; BATISTA, A. J. Negacionismo e Mudanças Climáticas. **Revista Ciências Humanas**, Taubaté, v. 15, n. 3, p. 59–71, 2022.
- ALMEIDA, B. Metade da população perdeu tudo e rede de saúde de Canoas (RS) está quase destruída, diz prefeito. **Terra**, São Paulo, 13 mai. 2024. Disponível em: https://www.terra.com.br/noticias/brasil/metade-da-populacao-perdeu-tudo-e-rede-de-saude-de-canoas-rs-esta-quase-destruida-diz-prefeito,1d2eab547bffa042d16dc06cbba4f9dfekm2b65l.html?utm_source=clipboard. Acesso em: 25 de jun. de 2024.
- ALMIRON, N.; MORENO, J. A. Más allá del negacionismo del cambio climático. Retos conceptuales al comunicar la obstrucción de la acción climática. Ámbitos: **Revista Internacional de Comunicación**, n. 55, p. 9–23, 2022.
- ANDRADE, F. M. R.; BARRETO, T. B.; HENRIQUES, A. B. Rio de Janeiro and climate crisis: governance, interactivity and discursive construction on Twitter. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 23, p. 1–18, 2020.
- BARBOUR, I. G. **Religion and Science**: Historical and Contemporary Issues. New York: Harper Collins, 1997.
- BARBOUR, I. G. **When science meets religion**: Enemies, strangers or partners? San Francisco: HarperOne, 2000.
- BOURDIEU, P. **A distinção**: crítica social do julgamento. 2^a ed. Porto Alegre: Zouk, 2011.

BOURDIEU, P. A gênese dos conceitos de habitus e de campo. *In: Bourdieu, P. **O poder simbólico***. Lisboa: Difel, 1989.

BOURDIEU, P. **Pierre Bourdieu**: Sociologia. Organizado por Renato Ortiz. São Paulo: Ática, 1983.

BOURDIEU, P. The Forms of Capital. *In: RICHARDSON, J. G. (E.), **Handbook of Theory and Research for the Sociology of Education***. New York: Greenwood Press, 1986.

BOURDIEU, P.; PASSERON, J. C. **Os Herdeiros**: os estudantes e a cultura. Florianópolis: UFSC, 2014.

BOURDIEU, P.; PASSERON, J. C. **A Reprodução**: Elementos para uma teoria do sistema de ensino. 3º ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1992.

CASSIANI, S., SELLES, S. L. E., OSTERMANN, F. Negacionismo científico e crítica à ciência: interrogações decoloniais. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 28, p. 1-12, 2022.

DORVILLÉ, L. F. M.; SELLES, S. L. E. Criacionismo: transformações históricas e implicações para o ensino de ciências e biologia. **Cadernos de Pesquisa**, v. 46, n. 160, p. 442-465, 2016.

DUNLAP, R. E.; MCCRIGHT, A. M. Organized Climate Change Denial. *In: DRYZEK, J. S.; NORGAARD, R. B.; SCHLOSSBERG, D. (EE.), **The oxford handbook of climate change and society***. New York: Oxford University Press, 2011.

ECKER, U. K. H. *et al.* The psychological drivers of misinformation belief and its resistance to correction. **Nature Reviews Psychology**, v. 1, n. 1, p. 13-29, 2022.

GASTALDI, F. C. Gramsci e o negacionismo climático estadunidense: a construção do discurso hegemônico no Antropoceno. **Revista Neiba, Cadernos Argentina Brasil**, v. 7, n. 1, p. 1-19, 2018.

HORNSEY, M. J.; FIELDING, K. S. Attitude roots and Jiu Jitsu persuasion: Understanding and overcoming the motivated rejection of science. **American Psychologist**, v. 72, n. 5, p. 459-473, 2017.

KAHAN, D. M. Vaccine Risk Perceptions and Ad Hoc Risk Communication: An Empirical Assessment. **CCP Risk Perception Studies**, n. 17, 2014.

LEBARON, F.; LE ROUX, B. **La méthodologie de Pierre Bourdieu en action**: espace culturel, espace social et analyse des données. Paris: Dunod, 2015.

LEITE, J. C. Controvérsias na climatologia: o IPCC e o aquecimento global antropogênico. **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 643-677, 2015.

LEWANDOWSKY, S. Liberty and the pursuit of science denial. **Current Opinion in Behavioral Sciences**, v. 42, p. 65-69, 2021.

LEWANDOWSKY, S.; OBERAUER, K. Motivated Rejection of Science. **Current Directions in Psychological Science**, v. 25, n. 4, p. 217-222, 2016.

LIMA NETO, N. Material didático da Prefeitura do Rio equivale criacionismo ao evolucionismo no estudo de História. **O Globo**. 09 abr. 2024. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/blogs/ancelmo-goisis/post/2024/04/material-didatico-da-prefeitura-do-rio-equivale-criacionismo-ao-evolucionismo-no-estudo-de-historia.ghtml>. Acesso em: 05 jun. 2024.

LOIOLA, D. F. E. O negacionismo do aquecimento global no Youtube: uma análise exploratória. **Revista Ciências Humanas**, Taubaté, v. 15, n. 3, p. 49-58, 2022.

MIGUEL, M. L.; SANTOS, L. J.; SOUZA, L. A. M. Algumas percepções de estudantes do ensino médio sobre ciências, pseudociência e movimentos anticientíficos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 27, n. 1, p. 191-222, 2022.

NASCIMENTO, M. M.; MASSI, L. Compreendendo o negacionismo científico a partir da teoria dos campos de Bourdieu e da perspectiva transversalista da ciência. **Estudos de Sociologia**. Araraquara, v. 28, n. esp. 1, 2023.

Norgaard, K. M. **Living in Denial**: Climate Change, Emotions, and Everyday Life. Cambridge: MIT Press, 2011.

ORESKES, N.; CONWAY, E. M. **Merchants of Doubt**: How a Handful of Scientists Obscured the Truth on Issues from Tobacco Smoke to Global Warming. New York: Bloomsbury Press, 2010.

PETTY, R. E.; CACIOPPO, J. T. **Communication and persuasion**: central and peripheral routes to attitude change. New York: Springer, 1986.

PILATI, R. **Ciência e pseudociência**: Por que acreditamos apenas naquilo em que queremos acreditar. São Paulo: Contexto; 2018.

PIRES-OLIVEIRA, T.; SIMÕES, A. F.; CARVALHO, M. B. O negacionismo climático e suas deletérias consequências: O filme-documentário europeu "A Campanha contra o Clima" como estudo de caso. **Liinc em Revista**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, 2022.

PIVARO, G. F.; GIROTTI JÚNIOR, G. O ataque organizado à ciência como forma de manipulação: do aquecimento global ao coronavírus. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, p. 1074-1098, dez. 2020.

PRAZERES, L. Brasil cortou 93% da verba para pesquisa em mudanças climáticas. **BBC News Brasil**, Brasília, 3 nov. 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-59096013>. Acesso em: 05 ago. 2024.

RIGUE, A. Chuvas no RS: equipes correm com resgates para aproveitar trégua antes de o tempo virar. **CNN Brasil**, 06 mai. 2024. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/chuvas-no-rs-equipes-correm-com-resgates-para-aproveitar-tregua-antes-de-o-tempo-virar/>. Acesso em: 05 ago. de 2024.

SANTINI, R. M., BARROS, C. E. Negacionismo climático e desinformação online: uma revisão de escopo. **Liinc em Revista**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, 2022.

SCHMIDT, J. P. Ciclo das Políticas Climáticas: por que o problema mais grave da humanidade não se tornou o problema político no 1? **Redes**, Santa Cruz do Sul, v. 28, p. 1-28, 2023.

WACQUANT, L. Poder simbólico e fabricação de grupos: como Bourdieu reformula a questão das classes. **Novos estudos CEBRAP**, n. 96, p. 87-103, 2013.

8

*Guilherme Rodrigues Weihmann
Eliane Angela Veit
Ives Solano Araujo*

FORMAÇÃO DE IDENTIDADES EM ESPAÇOS NÃO FORMAIS:

A CONSTRUÇÃO DE UM INSTRUMENTO DE PESQUISA À
LUZ DA TEORIA SOCIAL DA APRENDIZAGEM DE WENGER

1. INTRODUÇÃO

O ensino de Física na rede pública da educação básica enfrenta desafios estruturais que comprometem seu potencial formativo. Aulas predominantemente expositivas, centradas na resolução mecânica de exercícios, somadas à escassez de recursos didáticos e à desmotivação docente, contribuem para que muitos estudantes percebam a disciplina como desinteressante ou inacessível. Sem encontrar sentido nos conteúdos, acumulam frustrações que os afastam da possibilidade de se reconhecerem como sujeitos capazes de compreender e aplicar saberes científicos (Moreira, 2017). Vale salientar que resultados recentes apontam que abordagens com atividades práticas e resolução orientada de problemas tendem a gerar mais motivação do que formatos expositivos tradicionais (Battistel; Holz; Sauerwein, 2022).

Esse quadro se soma às mudanças recentes no ensino médio, que reorganizaram o currículo a partir de 2025 e ampliaram a formação geral básica para 2.400 horas (Brasil, 2024). O ponto central desta reorganização é qualificar o tempo de aula e, para tanto, torna-se necessário propor experiências ancoradas em problemas do cotidiano dos estudantes, capazes de mobilizar curiosidade, motivação e pensamento crítico, conectando conhecimento científico e formação cidadã.

Entre as alternativas promissoras nesse cenário, destacam-se espaços não formais que articulam ensino, pesquisa e extensão. Um exemplo marcante é o Centro de Tecnologia Acadêmica Júnior (CTA Jr.), vinculado ao Colégio de Aplicação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Criado em 2013 como desdobramento do Centro de Tecnologia Acadêmica (CTA), laboratório universitário voltado à tecnologia e ao conhecimento livre (Pezzi *et al.*, 2017), o CTA Jr. propicia a estudantes do ensino básico a oportunidade de desenvolver projetos de iniciação científica em parceria com alunos



da graduação, a partir de desafios concretos e socialmente relevantes. O ambiente configura-se como uma comunidade intergeracional de aprendizagem, na qual o protagonismo estudantil, a autonomia e a cooperação constituem práticas cotidianas.

Um fenômeno particularmente instigante observado nesse contexto é o retorno espontâneo de ex-alunos, já ingressos no ensino superior, que passam a atuar voluntariamente como monitores do projeto, os chamados “regressantes”. Tal movimento sugere que o CTA Jr. promove transformações que ultrapassam a dimensão técnica, gerando vínculos duradouros e ressignificações identitárias. Com o objetivo de compreender como tais experiências influenciam a formação desses jovens, realizou-se um estudo (Weihmann, 2022) apoiado na Teoria Social da Aprendizagem (TSA) proposta por Etienne Wenger. Para Wenger (2001), aprender implica participar de comunidades de prática onde significados são negociados coletivamente e as formas de estar no mundo se transformam. Para compreender como os regressantes ressignificaram suas identidades ao longo de sua participação no CTA Jr. estabelecemos as seguintes questões de pesquisa:

QP1: Como a participação em atividades do CTA Jr. influenciou no percurso formativo dos regressantes? E na identidade dos regressantes?

QP2: Quais valores cultivados na participação no CTA Jr. são considerados pelos regressantes ao optarem pelo regresso àquele ambiente exercendo um novo papel? Qual a influência desses valores na formação de identidade dos regressantes?

Para responder a essas questões de pesquisa foi necessário construir um instrumento de pesquisa capaz de captar trajetórias e sentidos de pertencimento. Especificamente, foi construída uma entrevista semiestruturada.



Neste capítulo, apresentamos, como objetivo central, a construção dessa entrevista, originalmente elaborada para servir como instrumento de pesquisa em um estudo específico no escopo de uma dissertação de mestrado acadêmico em Ensino de Física (Weihmann, 2022). Nas próximas seções, descrevemos brevemente o referencial teórico adotado, a Teoria Social da Aprendizagem (TSA) de Wenger (2001), com foco na identidade em comunidades de prática e nos modos de afiliação. Em seguida, detalhamos o processo de elaboração da entrevista, explicitando os princípios que orientaram a formulação das perguntas, ancoradas nos indicadores de CoP de Wenger e nos modos de afiliação. Por fim, apresentamos as considerações finais, discutindo contribuições, limites do instrumento e possibilidades de aplicação em outros espaços não formais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO: COMUNIDADES DE PRÁTICA

Na teoria de Wenger, cinco conceitos essenciais — Prática, Identidade, Significado, Comunidade e Aprendizagem (PISCA) — compõem um sistema orgânico em que cada elemento se manifesta com intensidades diferentes a depender do momento. Isso significa que “o que” se faz (prática) e “com quem” se faz (comunidade) condicionam “como” a experiência ganha sentido (significado), o que aprendemos e “quem nos tornamos” (identidade), num fluxo cíclico (Wenger, 2001; Wenger, McDermott e Snyder, 2002).

Assim sendo, ao participar de uma Comunidade de Prática (CoP) estaremos, em algum grau, compromissados mutuamente em prol de empreendimentos conjuntos, compartilhando repertórios para que a prática e a identidade se desenvolvam (*ibid.*, 2001). Esse repertório inclui tanto artefatos materiais (documentos, protótipos,



registros) quanto narrativas, jargões e histórias, que funcionam como “pistas” para o reconhecimento mútuo. À medida que participamos de diferentes formas, construímos uma trajetória dentro da CoP e gradativamente vamos construindo identidade. Essas trajetórias podem ser construídas da periferia para posições mais centrais, envolver mudanças de papel e até transitar entre comunidades, compondo identidades plurais ao longo do tempo (ibid., 2001). O estudo realizado sobre os regressantes do CTA Jr. teve como foco a formação de identidade, buscando compreender como a vivência no CTA Jr. ressignificou quem os participantes se tornaram enquanto estudantes e futuros profissionais (Weihmann, 2022).

Um aspecto importante da TSA é a relação entre participação (engajamento com pessoas, atividades e discursos) e coisificação (artefatos, normas, relatórios, protótipos e registros que estabilizam a prática). É na negociação de significados entre agir e materializar o que se faz que a identidade se transforma ao longo do tempo (Wenger, 2001). No CTA Jr., por exemplo, a filosofia do conhecimento livre (documentação aberta de projetos, protocolos compartilhados e o uso de softwares livres) não apenas organiza o trabalho, mas também define “quem são” enquanto comunidade e orienta as trajetórias dos participantes.

Wenger (2001) descreve três modos de afiliação que conectam o indivíduo e a comunidade: compromisso, que diz respeito ao engajamento direto nas atividades; imaginação, que projeta cenários e papéis futuros; e alinhamento, que conecta ações individuais a objetivos ou valores mais amplos (por exemplo, a filosofia do conhecimento livre).

Descreveremos brevemente cada um desses modos e analisaremos de que maneiras tais conceitos se constituem como fontes de identidade. Para que o compromisso seja, de fato, uma fonte de identidade, tanto individual quanto coletiva, em uma CoP, é necessária uma conjuntura específica e mútua de participação.



Essa conjuntura envolve três aspectos fundamentais: a negociação contínua de significados, a construção de trajetórias e o desenrolar de histórias da prática. Quando esses aspectos se encontram ativos e interligados, torna-se possível negociar identidades com outros membros da comunidade. Tal negociação transforma simultaneamente o nosso “eu” e o “eu” do outro, abrindo caminho para que nos tornemos membros da CoP, entre outras possibilidades.

Em síntese, formamos uma nova identidade, ou seja, passamos a ser um “outro eu” e essa transformação é viabilizada pelo compromisso que “transforma comunidades, práticas, pessoas e artefatos e sua relação mútua” (Wenger, 2001, p. 217). O alcance dessa transformação depende da intensidade e da transparência das relações entre os membros. Com o tempo, esses três aspectos, de certo modo coisificados, tendem a se reforçar mutuamente, originando uma das dimensões centrais da prática em uma CoP: o compromisso mútuo. Como conclui Wenger, “cada membro de uma comunidade encontra um lugar único e adquire uma identidade própria que vai se integrando e se definindo conforme o compromisso mútuo” (Wenger, 2001, p. 103).

A imaginação, por sua vez, é “um componente importante da nossa experiência de mundo e da nossa sensação de lugar que ocupamos nele” (ibid., 2001, p. 218). Trata-se de um processo criativo no qual se formam imagens que, por meio da articulação espaço-tempo, geram novas relações constitutivas do “eu” (ibid., 2001, p. 219). Ao imaginar, projetamos imagens do mundo em que vivemos em múltiplos contextos que conectam passado e futuro, permitindo elaborar uma visão de nós mesmos nesses cenários. Esse modo de afiliação é particularmente relevante porque, ao imaginarmos um mesmo objeto ou prática, diferentes indivíduos podem gerar projeções que se relacionam com o mundo de formas distintas, revelando a diversidade de significados atribuídos a partir de experiências comuns.

A Figura 1 representa os modos de afiliação associados a fatores que os caracterizam.

Figura 1 - Modos de afiliação



Fonte: Weihmann, 2022.

Esses modos não são etapas lineares, mas aspectos que se sobrepõem e se reforçam: um estudante pode imaginar possibilidades de futuro que alimentam seu compromisso no presente, enquanto o alinhamento a valores coletivos fornece a direção e permite coerência às ações. Para verificar em que grau um grupo pode ser entendido como uma CoP, Wenger (2001) elenca 14 indicadores embasados na prática e na identidade, que, em suma, funcionam como diretrizes para identificar aspectos de CoP que grupos podem ter. Vale ressaltar que tais indicadores não se apresentam como uma ordem a ser seguida, mas sim, sinais que se apresentam em certos contextos.



Investigar tais trajetórias demanda mais do que listar tarefas realizadas: é preciso compreender como cada regressante interpreta sua própria história de participação e se reconhece (ou não) como parte da comunidade. Para isso, foi construída uma entrevista semiestruturada ancorada nos indicadores de CoP e nos três modos de afiliação de Wenger (2001). O instrumento equilibra perguntas abertas que estimulam a narrativa pessoal, com questões diretamente alinhadas aos conceitos teóricos, permitindo captar nuances de pertencimento, projeções de futuro e alinhamento a valores coletivos. A seguir, apresentamos o processo de elaboração dessa entrevista, destacando as decisões teóricas e metodológicas que orientaram sua construção.

3. CONSTRUÇÃO DO PROTOCOLO DA ENTREVISTA

Partimos dos 14 indicadores propostos por Wenger (2001) para reconhecer traços de Comunidades de Prática (CoP) e destacamos aqueles sete que, em nossa avaliação, apresentam maior relação com a formação de identidade. São eles:

- a.** relações mútuas consolidadas;
- b.** compartilhamento de maneiras participativas na realização de atividades;
- c.** ausência de introduções pois as conversas ocorrem dando a ideia de nunca terem cessado, interação contínua;
- d.** sobreposições de descrições dos participantes sobre quem é ou não, membro da CoP;
- e.** saber o que sabem, o que podem fazer e como é possível contribuir para a atividade em questão;

- 
- f. estilos reconhecidos como amostras de afiliação;
 - g. discursos compartilhados que refletem a visão de mundo.

O roteiro foi elaborado para que esses indicadores emergissem naturalmente nas narrativas dos regressantes, evitando qualquer indução e buscando manter a maior espontaneidade possível. As perguntas convidam o participante a relatar sua vivência no CTA Jr., trazendo à tona, por exemplo, o que aconteceu, com quem, que decisões foram tomadas, quais tecnologias foram utilizadas e qual filosofia orientou as ações. A entrevista alterna momentos mais abertos, acompanhados de sondagens breves, com outros em que se busca aprofundar aspectos específicos da trajetória.

Tais aspectos foram definidos com base em diretrizes essenciais para a condução de uma boa entrevista (Johnson; Christensen, 2008 *apud* Weihmann, 2022, p. 43):

- As questões devem estar relacionadas com as questões de pesquisa e com o referencial, mas é preciso cuidar para não torná-las difíceis de responder por quem desconhece o referencial teórico;
- Começar com questões mais amplas, não direcionadas, para aumentar as chances de colher informações e opiniões não esperadas;
- Pensar no fluxo da conversa: a indicação é ordenar perguntas cujos acontecimentos sigam ordem cronológica, evitando alternar de forma abrupta, por exemplo, ora uma pergunta se referir ao passado, a próxima ao presente e a seguinte novamente ao passado, salvo haja uma razão clara para isso, como contrastações do tipo “antes e depois”;
- Construir questões de reforço que só serão feitas caso a resposta principal seja insuficiente para atingir os objetivos específicos.

Em busca de respostas às nossas questões de pesquisa, consideramos necessário levar em conta também os modos de afiliação de Wenger e para isso estabelecemos objetivos específicos, que estão relacionados no Quadro 1, juntamente aos indicadores e modos de afiliação de Wenger.

Quadro 1 – Correspondência entre objetivos específicos das perguntas da entrevista, indicadores e modos de afiliação de Wenger (2001)

Objetivos específicos	Indicadores de Wenger	Modelo de Afiliação de Wenger (Compromisso, Imaginação, Alinhamento)
1. Mapear as trajetórias de participação dos entrevistados no CTA Jr.	a, b, d, e, f	C, I, A
2. Descrever como ocorreu (passado) e/ou ocorre (presente) a prática no CTA Jr.	a, b, c, e	C, I, A
3. Traçar como se deu/dá os processos de identificação via modelos de afiliação.	b, d, f, g	C, I, A
4. Descrever as relações pessoais do entrevistado com outros membros e/ou estudantes (seus pares).	a, c, g	C, A
5. Interpretar de que forma ocorria (passado) e ocorre (presente) a negociabilidade (prática & identidade) entre os membros do CTA Jr.	a, b, e	A
6. Descrever o papel desempenhado pelo entrevistado enquanto aluno do EB (passado) ou atualmente (presente).	d, e, f, g	I
7. Identificar os valores considerados na aprendizagem pelos entrevistados enquanto alunos do EB.	f, g	C, I, A
8. Identificar os valores considerados pelos entrevistados para retornar ao CTA Jr. em nova posição.	f, g	C, I, A
9. Identificar se o entrevistado se sente pertencente/faz parte do CTA Jr.	c, d, f, g	C, I, A
10. Dizer quais as motivações pessoais dos entrevistados, Figura 1 – Modos de afiliação que os moveu/move.	f	I, A
11. Conhecer a estrutura e os procedimentos do CTA Jr.	-	C, A

Fonte: adaptado de Weihmann (2022).



Esses objetivos se distribuem pelos eixos de análise adotados: Trajetórias (1, 6, 9); Práticas (2, 5, 11); Relações com os demais membros do CTA Jr. (4); e Valores (7, 8, 10), com sobreposições naturais entre eles.

Partindo dessa estrutura, que inclui sete indicadores de Wenger de CoP, os três modos de afiliação (compromisso, imaginação e alinhamento) e objetivos específicos distribuídos nos eixos de análise, foi elaborado o roteiro da entrevista, que inicia com questões introdutórias, de natureza simples e não direcionada, formuladas com o propósito de favorecer a ambientação do participante e estabelecer um clima propício à comunicação. Essa etapa inicial teve como foco rememorar a entrada no CTA Jr. e as primeiras atividades desempenhadas, permitindo situar temporalmente a trajetória e criar condições para que emergissem, de forma espontânea, elementos relacionados ao pertencimento e à identidade no grupo.

Em seguida, o foco da entrevista concentrou-se na participação dos regressantes durante o período em que eram estudantes do ensino médio e bolsistas do CTA Jr., com o objetivo de reconstituir o início de suas trajetórias por meio de narrativas sobre o *modus operandi* do grupo e de identificar episódios concretos de trabalho colaborativo naquele espaço. Para aprofundar determinadas passagens, foram formuladas perguntas como: "4e. O que mais te motivava a participar do CTA Jr.? E os teus colegas, era a mesma coisa?"; "6b. Teu envolvimento com as atividades mudou ao longo da tua participação?"; "7a. Os participantes tinham papéis fixos, sempre desempenhando o mesmo tipo de atividade, ou isso mudava ao longo do tempo ou em diferentes projetos?".

Tais questionamentos costumam revelar o compromisso em ação e tornar visíveis os indicadores a, b, c, d, e. Em alguns relatos, por exemplo, diante da falha de um protótipo, o grupo se reunia de forma improvisada, retomava a conversa "de onde tinha parado", consultava registros e protocolos e distribuía tarefas sem longos combinados — um encadeamento que evidencia relações consolidadas, repertórios partilhados e negociação situada (Weihmann, 2022; Wenger, 2001).



Na sequência, a atenção voltou-se para a maneira como o participante se percebia no grupo em diferentes momentos de sua trajetória. Ao reconstruir “quem eu era ao iniciar no CTA Jr. e quem me tornei depois dele”, emergiram aspectos compartilhados entre os regressantes sobre o que significa ser membro, sobre quem detém determinados conhecimentos e sobre como cada um contribui para a coletividade. Não surpreende que, ao longo dessas trajetórias, tenham ocorrido mudanças de papel, como a passagem de estudante a monitor, alinhadas aos indicadores d e e, e ao modo de imaginação (Weihmann, 2022).

O bloco dedicado à prática, ainda no período em que os participantes eram estudantes do ensino médio, foi pensado para que a narrativa do entrevistado revelasse (sem aprofundamento teórico) como o trabalho acontecia e, de alguma forma, as particularidades do CTA Jr. A entrevista foi construída com perguntas que nos permitiam visualizar cenas do trabalho ocorrendo de forma mais aprofundada. Perguntas do tipo “o que aconteceu, com quem, que decisão foi tomada, quais tecnologias foram utilizadas e onde isso ficou registrado” são importantes, pois acreditamos que assim se tornam visíveis os indicadores de Comunidade de Prática de Wenger (2001) que nos interessavam: compartilhamento de maneiras participativas na realização de atividades e interação contínua (indicadores b e c), o reconhecimento recíproco do que cada pessoa sabe e contribui (indicador e) e, muitas vezes, estilos reconhecidos de afiliação e discursos compartilhados (indicadores f e g) (Wenger, 2001). Em termos de objetivos específicos, esse tipo de pergunta nos permite fazer a descrição da prática e dos procedimentos, bem como conhecer a estrutura do espaço (2 e 11) e conhecer a negociação entre prática e identidade (5) que pode ter ocorrido, sem exigir do entrevistado o vocabulário que o referencial adotado exige.

Visando entender o papel exercido por cada participante do CTA Jr., as perguntas pediam que o participante contasse quando assumiu algum novo papel, quem percebeu e como isso se



materializou na rotina dele: conduzir uma reunião de trabalho; assumir a documentação de um projeto; orientar ou ajudar um aluno ou monitor que estava chegando. Esse tipo de enunciado permite reconstruir deslocamentos da periferia para posições mais centrais da prática e possibilita aferirmos como se consolida o pertencimento — “quem é (ou não é) membro”, “o que se espera de quem assume tal tarefa” — a partir dos indicadores d e e, e contemplando objetivos ligados a trajetórias, papéis e pertencimento (1, 6 e 9). Para exemplificar, os relatos trazem os indícios de reconhecimento: o colega que “sempre puxa o checklist de teste”, a colega que “cuida do repositório”, expressões internas que se transformam em marcas de estilo (indicador f) e sustentam uma linguagem comum (indicador g) (Weihmann, 2022).

A documentação ocupou um lugar central na construção desse bloco referente ao passado, pois documentar para quem trabalha à luz da filosofia do conhecimento livre é algo fundamental. As perguntas foram redigidas para provocar tanto o como (padrões, ferramentas, rotinas de registro) quanto o porquê (finalidades, justificativas) dos registros. Essa escolha tem duas funções: entender quando e por que certo procedimento “passou a valer”, e tornar explícita a articulação entre participação e coisificação (Wenger, 2001). Ao mesmo tempo, a ênfase em documentação aberta e o uso de *software* livre alinha o instrumento a práticas de cultivo de comunidades (manutenção de repertórios e continuidade de valores) discutidas por Wenger, McDermott e Snyder (2002), ativando os indicadores a, b, f e g e cobrindo objetivos voltados à negociação prática-identidade (5) e os procedimentos e estrutura do CTA Jr. (11). Um exemplo interessante seria um problema técnico ocorrido com algum dispositivo: uma reunião improvisada se daria; retoma-se a conversa “de onde parou”; consulta-se cadernos e repositórios disponíveis abertamente; decide-se o próximo passo; e distribuem-se tarefas sem combinados longos. Este pequeno caso apresenta uma sequência de trabalho que evidencia relações consolidadas (indicador a), repertórios compartilhados e negociação de significado (Weihmann, 2022; Wenger, 2001).



Na segunda parte do roteiro — já relativa ao presente, com o retorno do regressante como monitor — as perguntas seguem solicitando que o participante relate situações concretas: o que aconteceu, qual foi o seu papel, qual a sistemática de trabalho, que decisões e registros decorreram disso e etc. Entretanto, o foco agora está nas razões do retorno, as responsabilidades assumidas e o cuidado com a comunidade (CTA Jr.). As questões iniciais foram elaboradas para que os valores apareçam, por exemplo: quando a decisão de voltar se consolidou; o que passou a fazer a partir daí, e que compromissos assumiu. Desse modo, os objetivos específicos que tratavam do valor do retorno, do pertencimento e das motivações pessoais (8, 9 e 10) foram atendidos. Com isso, a tendência é que o compromisso (engajamento) e o alinhamento (conexão com objetivos e valores do coletivo como o conhecimento livre, por exemplo) se manifestem de forma entrelaçada, apoiados nos indicadores a, b, f e g (Wenger, 2001; Wenger; McDermott; Snyder, 2002; Weihmann, 2022).

Para concluir o instrumento, foram acrescentadas duas questões de fechamento, tendo como objetivo reforçar conceitos da teoria que surgiram nas narrativas e valores presentes na trajetória reconstruída até aquele momento. As questões de fechamento foram:

- Desconsiderando os efeitos da quarentena, se tivesses que convencer um estudante a participar do CTA Jr., o que dirias a ele? Por que vale a pena participar (se é que vale)?
- O que tu consideras que aprendeste no CTA Jr. (prática, relações pessoais etc.) que poderá ser útil no futuro?

O protocolo da entrevista se encontra no apêndice, juntamente com um quadro que indica como se espera que as respostas a cada questão contribuam simultaneamente para alcançar objetivos específicos, responder às questões de pesquisa (QP1 ou QP2), evidenciar modos de afiliação e alimentar os diferentes eixos de análise. No caso de nossa pesquisa, os dados foram interpretados usando a análise de conteúdo de Bardin (2011), mas o leitor poderia optar por outro tipo de análise.



As discussões dessa seção evidenciam que o uso articulado de indicadores e modos de afiliação amplia a capacidade da entrevista de captar nuances do pertencimento, da negociação de significados e da transformação identitária. Assim, mesmo que este roteiro tenha sido concebido para o caso específico do CTA Jr., ele pode servir como guia metodológico para a construção de instrumentos de investigação em diferentes comunidades de prática, desde que sejam respeitadas as adaptações necessárias ao contexto, à linguagem e à experiência dos participantes.

4. COMENTÁRIOS FINAIS

O processo de construção do roteiro de entrevista apresentado neste capítulo evidenciou que a qualidade metodológica de um instrumento de pesquisa qualitativa depende de uma articulação criteriosa entre três dimensões: a questão de pesquisa, o referencial teórico adotado e o contexto investigado. No caso aqui apresentado, a Teoria Social da Aprendizagem de Wenger, aliada à compreensão da realidade do CTA Jr., orientou a seleção de indicadores e modos de afiliação capazes de atender aos objetivos da investigação.

Essa integração permitiu conceber um instrumento em condições de captar nuances do pertencimento, da negociação de significados e da transformação identitária. Embora tenha sido concebido para um estudo específico no CTA Jr., o roteiro proposto revela-se adaptável a outros espaços educativos, formais ou não formais, desde que sejam respeitadas as especificidades culturais, linguísticas e organizacionais, e que se mantenha o vínculo estreito com a questão de pesquisa.

A experiência de elaboração também mostrou a relevância de equilibrar questões abertas, que possibilitam narrativas espontâneas, e questões direcionadas, que asseguram a conexão com os conceitos e objetivos centrais da investigação.

Por fim, reforça-se que o potencial desse instrumento não reside apenas na coleta de dados, mas também na possibilidade de estimular processos reflexivos nos próprios participantes, permitindo que revisitem suas trajetórias e reconheçam, de forma mais consciente, os valores e práticas que constituem sua identidade profissional e pessoal.

AGRADECIMENTOS

Ives Solano Araujo agradece ao CNPq pela bolsa Produtividade em Pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Trad. Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. 1 ed. São Paulo: Edições 20. 2011.
- BATTISTEL, O. L.; HOLZ, S. M.; SAUERWEIN, I. Motivação e eficiência em estratégias de ensino de física no nível médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 44, 2022.
- BRASIL. **Lei nº 14.945, de 31 de julho de 2024**. Altera a Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, para dispor sobre a organização do ensino médio. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 1 ago. 2024.
- MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o Ensino de Física na Educação Contemporânea. **Revista do Professor de Física**, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2017.
- PEZZI, R. et al. Desenvolvimento de tecnologia para ciência e educação fundamentado nos preceitos de liberdade do conhecimento: o caso do Centro de Tecnologia Acadêmica. **Liinc em Revista**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 205-222, 2017.

WEIHMANN, G. R. **Contribuições de um espaço de ensino não formal na formação de identidades de estudantes do ensino básico à luz da Teoria Social da Aprendizagem de Wenger**: um estudo de caso no Centro de Tecnologia Acadêmica Júnior (CTA Jr.). Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.

WENGER, E. **Comunidades de Práctica**: aprendizaje, significado e identidad. Trad. Genís Sánchez Barberán. Barcelona: Paidós, 2001.

WENGER, E.; McDERMOTT, R.; SNYDER, W. **Cultivating Communities of Practice**: a guide to managing knowledge. Massachusetts: Harvard Business School Press, 2002.

APÊNDICE

Enunciado das questões da entrevista:

- Q1) Me conta um pouco quem é o(a) [nome do(a) entrevistado(a)].
- Q2) Como foi tua trajetória nos estudos? Escolas que frequentou, cursos que fez...
- Q3) Em relação à escolha do curso de [curso de graduação do(a) entrevistado(a)], o que te fez decidir por ele? Na tua opinião, o que mais pesou na tua escolha?
- Q3a) Ter participado do CTA Jr. fez alguma diferença para essa decisão? Por quê?
- Q4) Fala um pouco sobre a tua experiência em participar do CTA Jr. quando estudavas no CAp.
- Q4a) Como conheceste o CTA?
- Q4b) Quais tuas primeiras impressões?
- Q4c) O que te fez querer participar dele?

Q4d) De quais projetos/atividades participaste? Qual foi o mais marcante? Por quê?

Q4e) O que mais te motivava a participar do CTA? E os teus colegas, a mesma coisa?

Q4f) Quanto tempo participaste até terminares teus estudos no CAp?

Q5) Sabes dizer qual era o principal objetivo do CTA Jr.? O que movia aquele espaço?

Q5a) É o que te movia também? Se não, o que te movia?

Q6) O quanto intensa dirias que foi tua participação naquela época?

Q6a) E a participação dos teus colegas?

Q6b) Teu envolvimento com as atividades mudou ao longo da tua participação?

Q6c) Em linhas gerais, como descreverias tua relação com teus colegas?

Q7) Como era a sistemática de trabalho do grupo? Quem eram os participantes, o que faziam?

Q7a) Os participantes tinham papéis fixos, sempre desempenhando o mesmo tipo de atividade ou isso mudava ao longo do tempo ou em diferentes projetos?

Q7b) Qual a frequência das reuniões?

Q7c) Os monitores ou o professor sempre as acompanhavam? Como eram esses contatos?

Q8) Caso tu não concordasses com alguma coisa, tu te sentias confortável em expressar tua opinião? Consideras que tinhas "voz" dentro do grupo?

Q9) Tua participação no CTA Jr. influenciou teu interesse e/ou desempenho nas disciplinas no colégio? Como?

Q10) Em termos de aprendizagem, o que dirias que participar do CTA Jr. te proporcionou (se é que proporcionou alguma coisa)?

Q11) O que te fez voltar para o CTA Jr.? O que te motiva a continuar participando? Presente, momento anterior à pandemia (para situar o entrevistado).

Q12) Houve alguma mudança no CTA Jr. comparado com o tempo em que eras estudante do CAp? Comente.

Q12a) Quem estava participando?

Q12b) Quais projetos estavam sendo desenvolvidos?

Q12c) Como era a sistemática de trabalho, reuniões?

Q12d) E o espaço físico disponível para a realização das atividades? Mudou comparado com o tempo em que eras aluno do CAp?

Q13) Nesse período, o quanto intensa dirias que foi tua participação?

Q13a) Teu envolvimento com as atividades mudou desde que voltaste?

Q13b) E dos demais participantes, notas envolvimento?

Q13c) Como descreverias tua relação com eles?

Q14) O CTA Jr. continuou desenvolvendo alguma atividade, e os participantes mantendo contato depois que começou a pandemia?

Q15) O que foi o CTA Jr. para ti? Significado na vida (valor).

Q15a) E hoje?

Q16) Desconsiderando os efeitos da quarentena, se tivesses que convencer um estudante a participar do CTA Jr., o que dirias a ele? Por que vale a pena participar (se é que vale)?

Q17) O que tu consideras que aprendeste no CTA Jr. (prática, relações pessoais etc.) que poderá ser útil no futuro?

Quadro 2 – Para cada questão da entrevista, são apontadas as suas relações com os onze objetivos específicos, questões de pesquisa (QP1 e QP2), modos de afiliação (Compromisso, Imaginação, Alinhamento) – e Valor, bem como eixos de análise (Trajetórias, Prática, Relações com os demais; e Valores, com sobreposições naturais entre eles. Negrito é usado para indicar que o item é fortemente contemplado na questão da entrevista e itálico para indicar que há possibilidade de ser contemplado.

Questão da entrevista	Objetivo específico											QP1 QP2	Modos de afiliação e valor			Eixo de análise				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		C	I	A	V	T	P	R	V
Q01	X											QP1					X			
Q02	X		X									QP1					X			
Q03	X		X				X			X		QP1 QP2	X	X	X	X	X	X	X	X
Q04	X	X	X	X		X		X	X	X		QP1	X	X	X		X	X	X	X
Q05	X	X	X				X		X	X	X	QP1 QP2	X	X	X	X			X	X
Q06	X	X	X	X		X						X	QP1 QP2	X	X	X	X	X	X	X
Q07	X	X		X	X	X						X	QP1		X	X	X	X	X	X
Q08	X	X	X	X	X	X						QP1	X		X		X	X	X	X
Q09	X	X					X					QP1 QP2	X	X			X			X
Q10	X	X		X			X			X		QP1 QP2	X	X	X	X	X	X		X
Q11	X		X					X	X	X		QP1 QP2	X			X	X			X
Q12	X	X	X									X	QP1	X	X	X	X	X	X	X
Q13	X	X	X	X	X	X				X	X	QP1	X	X	X		X	X	X	X
Q14	X	X	X	X					X	X	X	QP1			X		X	X	X	X
Q15	X		X				X	X	X	X		QP1 QP2	X	X	X	X	X	X	X	X
Q16			X				X	X		X		QP2	X	X	X	X	X			X
Q17	X								X	X		QP1 QP2	X			X	X			X

Fonte: Weihmann, 2022.

- [1] Este trabalho contém excertos da dissertação de mestrado do primeiro autor (Weihmann, 2022).
- [2] A fim de conhecimento, seguem os demais indicadores de CoP de Wenger (2001): fluxo rápido de informação e propagação de inovações; sobreposições de descrições dos participantes sobre quem é ou não, membro da CoP; capacidade de avaliar a adequação entre ações e produtos; tradições locais, histórias compartilhadas, piadas internas, sorrisos; uma linguagem e alguns atalhos para a comunicação, produzindo novos atalhos.

9

*Daniel Farias Mega
Ives Solano Araujo
Eliane Angela Veit*

ENTRE O SONHO E A REALIDADE:

DESAFIOS DA CONSTITUIÇÃO
DE UMA COMUNIDADE DE
PRÁTICA NO ENSINO MÉDIO

1. INTRODUÇÃO

Os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (IFs) foram criados em 2008, alicerçados no modelo de Ensino Médio Integrado (EMI), e têm se consolidado como uma proposta inovadora no País. Seu modelo, cuja premissa é a articulação entre a formação básica e a formação profissional, apoia-se na ideia de um ensino interdisciplinar alinhado às demandas sociais, culturais e econômicas locais, visando, sobretudo, a formação integral do sujeito (Frigotto *et al.*, 2014; Frigotto; Ciavatta; Ramos, 2005).

Inspirados na perspectiva da formação omnilateral, os IFs propõem a articulação entre trabalho, ciência, cultura e tecnologia, promovendo um currículo integrado e interdisciplinar, em que ensino, pesquisa e extensão constituam práticas indissociáveis. Essa proposta visa romper com a dualidade estrutural entre formação propedêutica e formação profissional, historicamente presente na educação brasileira (Ciavatta; Ramos, 2012). Quando se promove um currículo integrado, interdisciplinar e contextualizado, se espera que os conhecimentos científicos e tecnológicos não sejam compartimentados em disciplinas isoladas, mas sim integrados em projetos e práticas que articulem teoria e prática, trabalho e educação, ciência e tecnologia, sempre em sintonia com as necessidades e realidades locais.

Apesar do marco legal que sustenta essa proposta, diversos estudos têm apontado dificuldade na implementação do EMI nos IFs (Alvarez; Acácio, 2019; Castaman; Hannecker, 2017; Chagas; Martins; Barbosa, 2019; Pacheco, 2020). Práticas herdadas da institucionalidade anterior – Centros Federais de Educação Tecnológica (CEFETs) e as Escolas Agrícolas Federais –, como o tecnicismo e neotecnicismo, a supremacia das disciplinas técnicas e a falta de experiências integradoras, dificultam a consolidação de práticas pedagógicas integradoras. Muitas dessas práticas, embora combatidas, ainda



fazem parte do fazer pedagógico nos Institutos Federais, criando um distanciamento entre o que é proposto nos documentos orientadores e o que se pratica no ensino profissional dessas instituições.

Concordamos com Araujo e Frigotto (2015) quando defendem existir práticas pedagógicas mais adequadas ao modelo de EMI e julgamos ser de extrema importância promover essas práticas que atendam às especificidades desse formato de ensino. Além disso, defendemos que investigar iniciativas planejadas e pensadas no contexto do EMI possa auxiliar na compreensão das barreiras enfrentadas para a sua implementação e as potencialidades que apresentam.

Este estudo investiga a trajetória de uma dessas experiências: o Núcleo de Tecnologias Livres (NTL) do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) – Campus Rio Grande, um empreendimento idealizado para desenvolver ações integradas de ensino, pesquisa e extensão. Na sua origem o núcleo baseava-se na proposta de criar condições para o desenvolvimento de projetos que utilizassem e promovessem tecnologias livres assegurando as liberdades de usar, estudar, modificar e redistribuir esses produtos em benefício da comunidade. O grupo buscava integrar a tríade ensino-pesquisa-extensão por meio de projetos que privilegiariam a interdisciplinaridade, fomentando a atitude científica e o caráter socialmente engajado do aprendizado. Suas ações de extensão visavam atender a grupos sociais da comunidade local por meio do desenvolvimento de produtos como *hardware* e *software* livres, além de materiais multimídia diversos, tais como artigos, apostilas, livros, vídeos, imagens e diagramas. Todos esses produtos seriam disponibilizados sob licenças permissivas *Creative Commons*¹,

1 As licenças *Creative Commons* são um conjunto de licenças públicas que permitem aos autores concederem permissões específicas sobre o uso de suas obras, de forma padronizada e juridicamente válida. Elas oferecem diferentes combinações de direitos, como a possibilidade de uso comercial, criação de obras derivadas e a exigência de atribuição ao autor original. O objetivo é facilitar o compartilhamento e a reutilização de produções intelectuais, respeitando os direitos autorais.

Fonte: CREATIVE COMMONS. About The Licenses. Disponível em: <https://creativecommons.org/share-your-work/ccllicenses/>. Acesso em: 1 abr. 2025.

garantindo amplo acesso a reprodução acadêmica e tecnológica dos produtos desenvolvidos pelo grupo.

Nossa percepção inicial foi a de que o NTL pudesse ser investigado sob a perspectiva teórica das Comunidades de Prática (CoP) (Lave; Wenger, 1991; Wenger, 2001; Wenger; Trayner; Laat, 2011), uma vez que o grupo reunia indivíduos com objetivos comuns, seus integrantes se engajavam em atividades colaborativas e compartilhavam conhecimento e experiências na prática. Dessa forma, o referencial teórico das CoPs se mostrava apropriado para a compreensão das práticas que realizavam e para entender como os participantes daquele grupo construíam suas identidades à medida que participam das práticas do NTL.

Dado esse panorama, o propósito desta investigação narrativa, foi compreender como ocorreu o processo de implementação do NTL no IFRS – Campus Rio Grande, por meio das experiências vivenciadas por professores e alunos que participaram da construção desse grupo, para que pudéssemos melhor entender como uma prática pedagógica pensada para o EMI se estabelece na realidade de um Instituto Federal. Esse propósito levou às seguintes questões de pesquisa:

1. *Quais foram as histórias vivenciadas pelos colaboradores do NTL durante a implementação e tentativa de consolidação do grupo dentro do IFRS – Campus Rio Grande?*
2. *Em que medida o NTL apresentou características de uma Comunidade de Prática, segundo os pressupostos de Wenger, e como essas características se relacionam com os desafios e potencialidades para a formação integral nos Institutos Federais?*

Dessa forma, este trabalho busca contribuir para a compreensão dos desafios e potencialidades envolvidos na implementação de iniciativas pedagógicas que promovam a integração dentro dos IFs.

Pensamos que os resultados dessa investigação possam fornecer subsídios para que docentes e dirigentes aperfeiçoem práticas pedagógicas e promovam uma educação profissional verdadeiramente integrada. A seguir apresentamos os pressupostos teórico-metodológicos que guiaram esta investigação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este estudo apoia-se na Teoria Social da Aprendizagem, desenvolvida por Wenger (2001), segundo a qual a aprendizagem ocorre por meio da participação dos sujeitos em práticas sociais compartilhadas no âmbito de grupos denominados de comunidades de prática. Nessa abordagem, o conhecimento não é concebido como algo transmitido ou exclusivamente individual, mas como algo que se constrói por meio do engajamento mútuo e contínuo entre os participantes. A aprendizagem, portanto, é compreendida como um processo simultaneamente individual e coletivo, que se realiza à medida que os sujeitos aderem as atividades da comunidade de prática, quando mobilizam e entrelaçam quatro dimensões fundamentais: significado, prática, comunidade e identidade.

O conceito de Comunidade de Prática, central nessa teoria, refere-se a grupos de indivíduos que compartilham um domínio de interesse, comprometem-se mutuamente em levar adiante um empreendimento comum e desenvolvem, ao longo do tempo, um repertório compartilhado de práticas, saberes e significados (Wenger; Mcdermott; Snyder, 2002). A identidade dos participantes é construída nesse processo, à medida que negociam sua participação, seu pertencimento e suas trajetórias dentro desses grupos.

A pertinência da utilização do conceito de CoP para investigar iniciativas desenvolvidas no contexto dos Institutos Federais reside na possibilidade de compreender como grupos organizados com o



intuito de desenvolver práticas integradoras podem, ou não, constituir espaços capazes de atingir uma formação integral. Mais do que verificar se o NTL se caracteriza ou não como uma CoP, este estudo busca compreender em que medida as práticas desenvolvidas no grupo contribuíram para promover a integração preconizada pelo modelo de EMI. Pela lente teórica das CoPs, avaliamos se as ações do NTL mobilizaram elementos como o compromisso mútuo entre os participantes, a construção de repertórios compartilhados e a negociação de significados a favor da realização de práticas integradoras.

A pertinência do referencial teórico proposto aqui, reside na possibilidade de compreender os sentidos atribuídos pelos sujeitos às experiências vividas no grupo e avaliar seu potencial integrador, para além da estrutura formal da instituição.

Além disso, o trabalho se apoia na proposta de Wenger, Trayner e Latt (2011) sobre a avaliação do valor produzido por uma CoP a partir das narrativas construídas pelos próprios participantes. Essa perspectiva amplia a análise para além de critérios estruturais do grupo, permitindo visualizar o valor percebido pelos sujeitos participantes da Comunidade de Prática.

3. REFERENCIAL METODOLÓGICO

Para compreender como as dimensões de uma CoP se manifestaram no contexto do NTL e verificar sua efetividade na promoção de práticas integradas, adotamos como abordagem metodológica a pesquisa narrativa (Connelly; Clandinin, 2015; 1995), que tem como foco as experiências vividas e narradas pelos sujeitos. A narrativa é aqui compreendida não apenas como um modo de representar essas experiências, mas também como um recurso da pesquisa.

Além disso, ela é capaz de revelar sentidos, tensões, valores e práticas que estruturam os processos educativos no contexto do grupo. Nesse sentido, a narrativa cumpre duplo papel: é fenômeno e método, pois constitui o próprio objeto de investigação (as histórias vividas no NTL) e o modo pelo qual essas histórias são acessadas, construídas e analisadas.

Apoiado na noção de espaço tridimensional da pesquisa narrativa — composto pelas dimensões de interação (pessoal e social), continuidade (passado, presente e futuro) e situação (contexto em que ocorrem) —, realizamos entrevistas com professores e estudantes envolvidos nas atividades do Núcleo de Tecnologias Livres, além de observações e análise documental. Os registros foram tratados como textos de campo e, posteriormente, reorganizados em textos de pesquisa, buscando reestoriar a trajetória de constituição do NTL como uma possível Comunidade de Prática e sua efetividade como espaço integrador dentro de um Instituto Federal.

A análise procurou identificar elementos relacionados às três dimensões centrais das CoPs: o empreendimento conjunto, o compromisso mútuo e o repertório compartilhado. Além disso, foi considerada a dimensão da identidade, compreendida como uma construção contínua mediada pelas experiências de participação nas práticas do grupo.

3.1. COMPOSIÇÃO DOS TEXTOS DE CAMPO

A produção do material empírico deste estudo segue os princípios da pesquisa narrativa, conforme delineado por Connelly; Clandinin (2015), e se ancora na noção de que os “dados” não são descobertos, mas construídos na interação do pesquisador com os sujeitos e os contextos investigados. Por isso são denominados de textos de campo, expressão que enfatiza o caráter interpretativo e situado dos registros produzidos durante a investigação. De acordo



com os autores, os textos são moldados pelos interesses e relações entre pesquisadores e participantes, sendo já, desde a origem, resultado de um processo interpretativo:

O que pode parecer uma gravação objetiva de uma entrevista estruturada já é um texto interpretado e contextualizado: ele é interpretado porque é modelado pelo processo interpretativo do pesquisador, do participante e de sua relação, e é contextualizado pelas circunstâncias particulares das origens e do cenário da entrevista (Clandinin; Connelly, 2015, p. 135).

Neste estudo os textos de campo foram produzidos durante uma visita de 12 dias ao IFRS – Campus Rio Grande, em outubro de 2019, pelo período em que se realizou um processo intenso de aproximação com participantes do NTL. Os registros envolveram diferentes estratégias, dentre elas: Seis entrevistas gravadas em áudio, com cinco estudantes e quatro professores envolvidos em diferentes momentos com o NTL. Algumas foram individuais; outras, realizadas em duplas. Embora houvesse um roteiro semiestruturado, o objetivo foi estimular narrativas livres, com ênfase nas experiências vividas e nos sentidos atribuídos à participação no Núcleo; conversas informais com professores e estudantes, especialmente durante almoços e cafés, que permitiram sondagens espontâneas e profundas da experiência vivida, em um ambiente de escuta mútua e de confiança; observação não participante do ambiente de trabalho e das atividades cotidianas do *campus*, a partir do uso da sala do coordenador no NTL como espaço-base durante a visita.

Essas observações permitiram captar elementos da cultura institucional, das interações e das dinâmicas do grupo de professores e alunos.

Além disso, foram analisados materiais fornecidos pelo coordenador do grupo, documentos de projetos, relatórios, avaliações internas e materiais de divulgação produzidos pelo NTL.

Todas essas fontes compuseram um conjunto de textos de campo, que foram organizados, classificados e armazenados no software *NVivo 12*², com uso complementar de notas de campo. Embora estas tenham tido menor centralidade no processo, serviram como apoio para reconstruir contextos e registrar impressões subjetivas do pesquisador.

Esse processo permitiu a identificação de episódios e sentidos que, posteriormente, seriam reconfigurados como textos de pesquisa, compondo a narrativa analítica do estudo. A distinção entre textos de campo e textos de pesquisa foi central para garantir a coerência epistemológica com a abordagem narrativa, orientando a transição entre a vivência no campo e a análise das experiências narradas.

3.2. COMPOSIÇÃO DOS TEXTOS DE PESQUISA

Conforme indicado por Connelly e Clandinin (2015), os textos de campo são modelados por escolhas interpretativas — do pesquisador e dos participantes — e são profundamente situados. A transição desses textos para os textos de pesquisa demandou um trabalho de reconfiguração narrativa, com o objetivo de construir um relato coerente, reflexivo e alinhado ao objetivo do estudo.

O primeiro passo consistiu na transcrição das entrevistas, o que permitiu uma leitura aprofundada do material e facilitou a identificação de passagens significativas, recorrentes ou emblemáticas. A partir disso, os trechos foram codificados à luz das dimensões que compõem uma Comunidade de Prática: empreendimento conjunto, compromisso mútuo e repertório compartilhado (Wenger, 2001).

² O NVivo é um software voltado à análise qualitativa de dados, utilizado especialmente para organizar, codificar e explorar dados textuais, audiovisuais e de pesquisa social. Mais informações disponíveis em: <https://www.qsrinternational.com/nvivo-qualitative-data-analysis-software/home>.

Essa análise buscou evidenciar em que medida tais elementos emergiam nas práticas relatadas e vividas pelos sujeitos, especialmente no que se refere à promoção de práticas integradas, em sintonia com os princípios do Ensino Médio Integrado.

Esse processo culminou na elaboração de uma narrativa central intitulada “Do Sonho à Realidade: o Núcleo de Tecnologias Livres do IFRS – *Campus Rio Grande*”, estruturada em três movimentos complementares: (i) Uma necessidade: a identificação da carência por práticas integradoras no *campus*; (ii) Um sonho: o ideal de criação de um grupo inovador após a visita ao CTA (UFRGS); e (iii) A realidade: os desafios enfrentados para a consolidação institucional do NTL.

3.3. A CONSTRUÇÃO DA NARRATIVA COMO EIXO DE ANÁLISE

A construção da narrativa permitiu entrelaçar as dimensões pessoais das trajetórias docentes e discentes com os aspectos estruturais e simbólicos da história institucional do *campus*. Isso possibilitou o entendimento de como o Núcleo de Tecnologias Livres (NTL) se configurou — ou foi impedido de se configurar — como um espaço de práticas integradoras voltadas à formação omnilateral. Em sintonia com os princípios do Ensino Médio Integrado, a narrativa buscou compreender não apenas o percurso do NTL como iniciativa pedagógica, mas também as tensões entre o ideal de uma formação articulada e os limites impostos por uma cultura institucional fragmentada. Ao evidenciar os sentidos atribuídos pelos sujeitos às suas experiências no NTL, foi possível analisar em que medida suas práticas se aproximaram (ou não) dos elementos constitutivos de uma Comunidade de Prática, revelando as barreiras e potencialidades para o fortalecimento de espaços coletivos de aprendizagem nos Institutos Federais.

Essa abordagem narrativa, ao articular histórias pessoais e coletivas, forneceu uma compreensão densa e situada das condições que favoreceram — ou restringiram — a constituição de práticas integradoras sustentadas por vínculos de identidade e de colaboração mútua nas práticas do NTL. Dessa forma, a narrativa se configurou como um instrumento analítico capaz de iluminar tanto os potenciais quanto os limites da constituição de comunidades de prática voltadas à formação integral no interior dos Institutos Federais.

Do Sonho à Realidade: o núcleo de Tecnologias Livres do IFRS Campus Rio Grande

A NECESSIDADE REALIZAR PRÁTICAS INTEGRADAS

O prédio onde hoje funciona o IFRS – Campus Rio Grande carrega mais de seis décadas de história na formação técnica e tecnológica. Inicialmente sede da Escola de Engenharia Industrial e depois do Colégio Técnico Industrial (CTI), passou a integrar a rede federal com a criação dos Institutos Federais em 2008, dando início a uma nova etapa institucional marcada pela ampliação de cursos, ingresso de novos docentes e uma proposta pedagógica mais complexa.

Entre os novos professores que ingressaram nesse processo de expansão, quatro nomes³ são sujeitos desta pesquisa: Sérgio (Engenharia Mecânica), João (Geografia), Magno (Tecnologia da Informação) e Manuel (Automação Industrial). Eles iniciaram suas trajetórias entre 2009 e 2011, num momento em que os cursos técnicos integrados ao ensino médio começavam a tomar forma. O desafio da integração curricular logo se impôs:

3 Nesta narrativa utilizamos pseudônimos, o que permitiu resguardar a identidade dos participantes da pesquisa. Todos os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), garantindo a voluntariedade, o anonimato e a confidencialidade das informações. Esta investigação integra uma pesquisa mais ampla, desenvolvida na tese de doutorado do primeiro autor, defendida em 2021 no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Todos os princípios para pesquisas com seres humanos nas Ciências Humanas e Sociais foram observados.



"Pra mim o curso técnico integrado não é integrado. Eu visualizo ele como sendo um concomitante. Tá bem claro isso. São algumas ações pontuais desenvolvidas por alguns professores" (Professor Sérgio).

Essa percepção revela uma tensão recorrente entre o ideal do ensino integrado e a realidade de currículos fragmentados. Muitos professores, formados em cursos de bacharelado, encontraram dificuldades para compreender e aplicar os fundamentos do EMI. Como observa o professor João:

"A formação de professores no Brasil não prevê a dimensão tecnológica [...]. O cara que faz uma licenciatura em Química, por exemplo, não entende a indústria química. Quem faz Física, não percebe a automação como campo de atuação."

A convivência entre professores de diferentes áreas, muitas vezes em espaços compartilhados, foi o ponto de partida para experiências de aproximação entre as áreas. Como relata João, foi da informalidade do cotidiano que surgiram as primeiras ideias:

"A convivência entre eu, o Júlio da Física e o Manuel da Automação criou uma motivação [...]. Eu pensei: 'Cara, quem sabe fazer um projeto no 1º ano em que os alunos construam um instrumento meteorológico usando algo de eletrônica' Seria um motivador pro aprendizado deles em várias disciplinas ao mesmo tempo."

Essa iniciativa pontual logo se expandiu. Manuel relembra:

"Ficou eu e outro professor da Automação, um de Física, um de Geografia, dois de Geoprocessamento... Tudo junto. E aí, numa conversa, a gente buscou um elo entre as áreas. Foi aí que surgiu a ideia da estação meteorológica."

Essas experiências revelam a potência das interações informais entre docentes e das ações pedagógicas articuladas com problemas reais e tecnologias acessíveis. A seguir, a narrativa apresenta o surgimento do Núcleo de Tecnologias Livres (NTL), impulsionado por essas experiências iniciais e pela inspiração em um modelo

externo: o Centro de Tecnologia Acadêmica⁴ (CTA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

A partir dessas primeiras experiências integradoras — ainda que pontuais e limitadas pelas estruturas institucionais —, emergiu entre os professores o desejo de construir algo mais estruturado. A necessidade de articular saberes e promover práticas pedagógicas com maior enraizamento coletivo os levou a imaginar um espaço comum, onde projetos interdisciplinares pudessem florescer. É nesse contexto que nasce o sonho do Núcleo de Tecnologias Livres.

O sonho: implementar no IFRS um modelo promissor

A experiência com o projeto das estações meteorológicas abriu portas para reflexões mais amplas. João relata como, a partir de uma conversa com um colega professor da UFRGS, teve contato com uma iniciativa que inspiraria a criação do NTL:

“Conversando sobre o que a gente tava fazendo aqui, ele começou a me relatar: ‘Tem um pessoal aqui na UFRGS que tá fazendo coisas parecidas! Aí começamos a olhar os projetos no site do CTA e eu me apaixonei [...]. O hardware e o software livre têm um potencial transformador enorme.”

A visita ao Centro de Tecnologia Acadêmica e ao CTA Jr. (Pezzi *et al.*, 2017), da UFRGS, foi decisiva. João e Manuel voltaram empolgados com o que viram:

“Foi muito legal ver uma gurizada super engajada. Vários projetos rolando ao mesmo tempo, todo mundo trocando ideia... Um ajudando o outro. Eu disse: ‘A gente precisa montar um negócio nessa linha.’ (Professor João).

4

Em um estudo anterior (Mega; Araujo; Veit, 2020), caracterizamos o Centro de Tecnologia Acadêmica da UFRGS como uma Comunidade de Prática.



"Quando voltamos, a ideia era criar um grupo parecido, que motivasse os alunos a continuar os projetos, mesmo depois do primeiro ano. Um espaço em que eles pudessem seguir aprendendo, desenvolvendo soluções com relevância social" (Professor Manuel).

Inspirados pelo CTA, os professores começaram a se reunir e elaborar uma "proposta filosófica" para o NTL: um grupo interdisciplinar voltado ao desenvolvimento de tecnologias livres, capaz de integrar ensino, pesquisa e extensão.

"A ideia era acolher os alunos mais engajados e criar um projeto grande, um núcleo de trabalho que disseminasse a informação sem se preocupar com valor financeiro. Era algo colaborativo, aberto" (Professor João).

A animação era grande; o sonho, concreto. Mas, como vemos a seguir, a transposição desse desejo para a realidade encontrou barreiras institucionais significativas. A ausência de um espaço físico, de uma política de incentivo à integração e de uma cultura institucional voltada à interdisciplinaridade comprometeu a consolidação do NTL como um projeto coletivo e sustentável.

Na próxima seção, analisamos como essas barreiras afetaram o desenvolvimento do Núcleo e discutimos, à luz da teoria das Comunidades de Prática, por que o NTL não se consolidou como tal.

A realidade: dificuldades na consolidação do NTL

O entusiasmo inicial deu lugar a uma realidade desafiadora. Embora a proposta do NTL tenha nascido de um desejo legítimo de integrar saberes e promover práticas interdisciplinares, sua efetivação enfrentou entraves concretos — estruturais, institucionais e culturais.

A ausência de um espaço físico próprio foi um dos primeiros obstáculos apontados:



"O NTL é um espaço... que vai ser. Porque ele ainda não é, no meu ponto de vista. Falta um lugar de encontro, um espaço pra criar de verdade" (Professor Sérgio).

"A ideia era que os alunos que fizessem os projetos no 1º ano continuassem no NTL... mas a gente não tem laboratório. Como manter esse engajamento?" (Professor João).

Sem uma sala fixa, as atividades do núcleo ocorriam de forma dispersa: em laboratórios emprestados, em casa, ou mesmo nos corredores da escola. Essa fragmentação dificultava a construção de uma prática compartilhada, essencial para consolidar uma Comunidade de Prática.

As falas dos alunos evidenciam essa desarticulação:

"Nosso grupo anda meio desunido. A gente até marcava encontros, mas poucos apareciam. Faltava tempo e lugar" (Aluno Wanderson – relatório de projeto).

"Eu fiz o projeto porque era obrigatório, mas depois disso nunca mais participei do NTL" (Aluna Alice).

Essa falta de continuidade mostra que a participação dos alunos estava mais relacionada a demandas avaliativas do que a um engajamento voluntário em uma comunidade. Como aponta João:

"A gente não conseguiu criar uma sequência. Os projetos do 1º ano têm o selo do NTL, mas não são o NTL. Falta uma estrutura que dê continuidade."

Além disso, o próprio conceito de "tecnologias livres" não estava claro para muitos dos envolvidos. Um exemplo emblemático é o uso do software proprietário SolidWorks nos projetos, sem que os alunos percebessem a contradição com a filosofia do NTL:

"Eu acho que o NTL é pra desenvolver projetos... com ajuda dos professores. Mas o que significa 'livres'? Não sei bem..." (Aluno Wanderson).

Diante disso, o que se construiu foi mais uma sequência de atividades isoladas do que um processo coletivo sustentado por um empreendimento conjunto, um repertório compartilhado e um compromisso mútuo — dimensões essenciais para o funcionamento de uma Comunidade de Prática (Wenger, 2001).

“A ideia era que os alunos participassem de um projeto e quisessem continuar. Mas não conseguimos manter isso vivo. Não tem espaço, não tem tempo, não tem reconhecimento” (Professor João).

A frustração, porém, não apaga a potência do projeto. O desejo de construir um espaço de troca, criação e aprendizagem continuava vivo entre os professores. Mas, como veremos na próxima seção, a ausência das três dimensões da prática impediu, naquele momento, que o NTL se consolidasse como uma Comunidade de Prática.

4. UMA ANÁLISE A PARTIR DAS TRÊS DIMENSÕES DA PRÁTICA: POR QUE O NTL NÃO SE CONSOLIDOU COMO UMA COMUNIDADE DE PRÁTICA

Como já discutido, a teoria social da aprendizagem, proposta por Wenger (2001), oferece uma perspectiva potente para analisar como os sujeitos constroem conhecimento, pertencimento e identidade por meio da participação em práticas sociais significativas. No centro dessa abordagem está o conceito de Comunidade de Prática (CoP), sustentado por três dimensões interdependentes: o compromisso mútuo entre os participantes, o empreendimento conjunto que os mobiliza e o repertório compartilhado que dá sentido às ações coletivas. Neste estudo, tomamos essas dimensões como categorias analíticas para investigar em que medida o Núcleo de Tecnologias



Livres (NTL) se constituiu como uma CoP capaz de fomentar práticas integradoras em consonância com os princípios do Ensino Médio Integrado. A análise dos dados revelou que, apesar das intenções dos professores e do potencial formativo do projeto, o NTL não alcançou uma configuração consolidada como Comunidade de Prática. Ainda assim, emergem indícios importantes de sua potência formadora, sobretudo no que diz respeito à articulação entre saberes técnicos e científicos e à busca por uma formação omnilateral.

4.1. COMPROMISSO MÚTUO: FRAGILIDADE NAS RELAÇÕES DE PERTENCIMENTO

A primeira dimensão de uma CoP diz respeito ao comprometimento entre os participantes. Não se trata apenas de trabalhar juntos, mas de estabelecer relações sustentadas de colaboração, confiança e interdependência. No caso do NTL, as interações entre alunos e professores se limitaram, em grande parte, a momentos específicos dentro das disciplinas — principalmente como exigência avaliativa — sem continuidade ou aprofundamento dessas relações fora do contexto da sala de aula.

As falas dos estudantes deixam clara a ausência de vínculos mais duradouros entre os membros:

"A gente se reunia só pra montar o relatório e entregar. Cada um fazia a sua parte" (Aluno Wanderson).

"Não sabia direito o que os outros estavam fazendo, era cada um no seu canto" (Aluno José).

Esse tipo de organização fere a própria ideia de CoP, que pressupõe interação significativa entre os participantes, compartilhamento de experiências, histórias e práticas. Além disso, muitos estudantes sequer compreendiam os objetivos do NTL ou o que significava o termo “tecnologias livres”, demonstrando uma desconexão com o que seria o repertório compartilhado do grupo:



"Eu acho que é um lugar onde a gente faz projeto próprio com a ajuda dos professores. Mas não sei bem explicar o nome" (Aluno José).

A ausência de um discurso compartilhado e de vínculos identitários com o grupo enfraquece o sentimento de pertencimento, essencial à construção de uma CoP.

4.2. EMPREENDIMENTO CONJUNTO: FALTA DE NEGOCIAÇÃO E DE CONTINUIDADE

A segunda dimensão proposta por Wenger (2001) refere-se ao compromisso coletivo em torno de um objetivo comum, construído por meio de negociação contínua entre os participantes. No NTL, embora os docentes tenham demonstrado forte engajamento na proposição dos projetos, esse empreendimento não foi compartilhado com os estudantes.

Os projetos, embora integradores do ponto de vista dos conteúdos, não emergiram de uma construção coletiva. Foram definidos previamente pelos professores e repassados aos alunos como uma tarefa, muitas vezes obrigatória:

"A gente fazia porque era um trabalho da disciplina. Depois que terminou, cada um foi pro seu lado" (Aluna Alice).

"No final do ano alguns alunos perguntam: 'ano que vem posso ser bolsista?', e eu digo: 'no máximo dois.' A sequência acaba se perdendo" (Professor João).

Essa lógica verticalizada compromete a criação de uma Comunidade de Prática, que exige apropriação da prática pelos participantes, coautoria nas decisões e responsabilidade compartilhada. Sem isso, o que se estabelece é uma relação pontual e funcional, que não contribui para a construção de uma identidade coletiva.

4.3. REPERTÓRIO COMPARTILHADO: INEXISTÊNCIA DE PRÁTICAS SEDIMENTADAS

O repertório compartilhado envolve o acúmulo de artefatos, expressões, narrativas, rotinas e ferramentas que caracterizam a prática do grupo e lhe conferem singularidade. No NTL, essa dimensão aparecia de forma bastante incipiente. Não existia uma prática estabelecida, nem procedimentos recorrentes que definiam um estilo ou um modo característico de fazer as coisas.

A ausência de documentação sistemática dos projetos, por exemplo, impedia a coisificação das experiências — um elemento central para a construção de um repertório compartilhado.

"Acho que nem tenho mais os códigos que a gente fez. Ficaram no Arduino, a gente entregou ao final do projeto e pronto" (Aluna Alice).

Mesmo entre os professores, há a percepção de que o grupo não consolidou práticas que permitissem a continuidade e o compartilhamento:

"No projeto de ensino eu tento fazer com que eles documentem, mas depois disso a gente não conseguiu consolidar essa prática" (Professor João).

Além disso, não há encontros regulares nem um espaço físico dedicado ao grupo, fatores que contribuem para a dispersão das iniciativas. A ausência de um local próprio impossibilita a convivência cotidiana e a emergência espontânea de uma linguagem comum, de rituais e de um *ethos* coletivo.

Na próxima seção, retomaremos essas questões com foco nas barreiras institucionais e nas potencialidades que poderiam ter favorecido a consolidação do NTL como uma CoP no contexto do IFRS.

5. A CENTRALIDADE DAS CONDIÇÕES INSTITUCIONAIS

Embora tenha, muitas vezes, um caráter orgânico não se pode desconsiderar que a formação de uma Comunidade de Prática também depende de condições estruturais mínimas. No caso do grupo estudado, havia diversos entraves institucionais que dificultavam seu amadurecimento: a inexistência de um espaço próprio, a carga horária excessiva dos estudantes em sala de aula, a ausência de valorização da extensão e da pesquisa nos planos de curso e a fragmentação da matriz curricular.

Esses elementos não apenas dificultaram a construção de uma prática compartilhada, como também inviabilizam o engajamento dos estudantes nas práticas do NTL. Como relatado por um professor:

"O NTL é sempre uma proposta que vai ser. Porque ainda não é. Falta espaço, falta tempo, falta reconhecimento da instituição" (Professor Sérgio).

Diante do exposto, concluímos que o NTL não apresentava, naquela data, as condições necessárias para se consolidar como uma Comunidade de Prática, nos termos propostos por Wenger (2001). Apesar das boas intenções e dos esforços dos docentes envolvidos, as práticas desenvolvidas não geraram um compromisso mútuo estável entre os participantes, tampouco foram sustentadas por um empreendimento conjunto ou ancoradas em um repertório compartilhado que permitisse a continuidade e o fortalecimento das ações.

Essa constatação, no entanto, não invalida o potencial formativo de experiências como o NTL. Pelo contrário, evidencia que a consolidação de iniciativas alinhadas aos princípios do Ensino Médio Integrado — tais como a articulação entre trabalho, ciência, tecnologia e cultura — depende da criação de condições institucionais

favoráveis à construção coletiva do conhecimento. A ausência de uma Comunidade de Prática estável compromete justamente a possibilidade de integrar os saberes escolares e extraescolares em uma proposta formativa omnilateral, como requer o EMI.

Nesse sentido, tornar o NTL uma CoP consolidada exigiria o fortalecimento de espaços de convivência, processos participativos de decisão, práticas sistemáticas de documentação e reconhecimento institucional efetivo. A experiência do CTA, que inspirou os docentes do IFRS, mostra que tais caminhos são possíveis — desde que se reconheça a importância de uma cultura organizacional voltada à aprendizagem colaborativa e à integração curricular. Na próxima seção, discutimos em maior profundidade as barreiras e potencialidades identificadas ao longo do processo, e refletimos sobre as implicações desses achados para a efetivação do EMI nos Institutos Federais.

5.1. BARREIRAS E POTENCIALIDADES NO PROCESSO DE CONSOLIDAÇÃO DO NTL

A análise anterior evidenciou que o Núcleo de Tecnologias Livres (NTL), embora promissor, não se consolidou como uma Comunidade de Prática (CoP). Nesta seção, examinamos os fatores que dificultaram essa consolidação, assim como os elementos que podem representar potenciais vetores de transformação e fortalecimento do grupo.

Barreiras estruturais e institucionais

Uma das barreiras mais recorrentes diz respeito à ausência de um espaço físico próprio para o NTL. Essa limitação impediu sobremaneira a criação de um ambiente contínuo de negociação de significados entre seus membros. A falta de um “território simbólico”



dificulta a consolidação de vínculos, práticas e rotinas — elementos fundamentais para o desenvolvimento de uma CoP. Como afirmado por um dos docentes:

"A gente não tem laboratório. O máximo que consigo é dois bolsistas, o resto se dispersa" (Professor João).

Além disso, o NTL enfrentou dificuldade no reconhecimento institucional. Sua atuação não era prevista nos planos de curso, nem formalizada como ação permanente dentro do *campus*. Essa condição o mantinha sempre em segundo plano, limitando sua influência no currículo e nas práticas pedagógicas da instituição.

Outro ponto crítico era a organização fragmentada dos cursos técnicos integrados, que reforçavam uma lógica disciplinar pouco propícia à integração. Apesar de alguns Projetos Pedagógicos de Curso (PPCs) mencionarem a interdisciplinaridade como princípio formativo, a estrutura curricular e a dinâmica institucional continuavam priorizando atividades isoladas, desconectadas entre si. Essa incongruência comprometeu o papel de projetos como o NTL como espaços de integração efetiva entre os saberes da formação técnica e propedêutica.

A valorização excessiva das atividades de sala de aula também apareceu como um forte entrave. Projetos interdisciplinares e ações de extensão, quando não diretamente vinculados à carga horária docente, acabavam sendo realizados de forma voluntária, sobrecarregando os professores. Isso contribuiu para a descontinuidade das iniciativas e para o desestímulo à sua manutenção:

Independente se tu faz projeto ou não, tua carga de aula é a mesma de um professor que só dá aula. Isso gera um desequilíbrio na força de trabalho (Professor Sérgio).

Do ponto de vista da cultura docente, destaca-se a ausência de espaços regulares para o planejamento coletivo. Os professores relatam que raramente se reúnem para discutir suas práticas, e que os poucos encontros são tomados por questões burocráticas.

A fragmentação do trabalho docente — muitas vezes reforçada pela distribuição dos gabinetes e pela lógica universitária herdada — dificulta a emergência de práticas colaborativas e a formação de vínculos interdisciplinares.

Como já mencionado na introdução, o EMI exige uma formação integral que articule os saberes técnico-científicos com os conhecimentos da formação básica, em práticas interdisciplinares e contextualizadas. No entanto, os dados revelam que essa articulação se mostrou incipiente no NTL, reforçando o diagnóstico de que o modelo institucional ainda privilegia a lógica disciplinar. Essa fragmentação contraria diretamente os princípios orientadores do EMI, que propõe uma formação omnilateral.

Potencialidades do NTL como espaço formativo

Apesar dos obstáculos, o NTL apresenta elementos importantes que podem ser ativados para impulsionar sua transformação em uma CoP. O primeiro deles é o domínio de interesse claramente compartilhado pelos professores fundadores: a proposta de trabalhar com tecnologias livres, ciência aberta, projetos integradores e a articulação entre ensino, pesquisa e extensão.

Há também evidências do interesse de parte dos estudantes, especialmente daqueles que participaram dos projetos no primeiro ano e manifestaram vontade de continuar. O desafio está em oferecer trajetórias de continuidade, por meio de bolsas, extensão ou monitorias, que poderiam favorecer o engajamento progressivo — o que Lave e Wenger (1991) chamam de participação periférica legítima.

Outra potencialidade reside na possibilidade de o NTL se tornar um espaço capaz de agregar diferentes níveis de ensino — médio, técnico, superior — promovendo o que Wenger, Trayner e Laat (2011) denominam de comunidades de prática intergeracionais, com estudantes mais experientes atuando como mentores dos ingressantes no grupo.



A própria estrutura multicurricular e multisseriada dos Institutos Federais é, em si, uma oportunidade. Como afirmam Pacheco, Pereira e Sobrinho (2010), os IFs são espaços de articulação entre diferentes níveis e modalidades de ensino, o que permite criar práticas formativas mais integradas e coerentes. Nesse sentido, o NTL poderia se constituir como um espaço privilegiado de experimentação e inovação pedagógica — desde que receba condições institucionais para tal.

Desta forma alguns caminhos possíveis para que esse grupo pudesse se tornar uma CoP seriam: (i) organização de ações internas (NTL): encontros periódicos, documentação sistemática dos projetos, recrutamento de estudantes de diferentes níveis e organização de rotinas que fortaleçam o repertório e o compromisso mútuo; (ii) ações institucionais (IFRS): reconhecimento do NTL nos documentos oficiais, disponibilização de espaço físico, valorização da carga horária dedicada a projetos integradores e criação de momentos coletivos de planejamento entre docentes.

Defendemos que essas medidas, discretas, porém impactantes, poderiam alterar significativamente o ecossistema de aprendizagem da instituição, favorecendo a emergência de uma prática compartilhada, situada e significativa — os pilares de uma Comunidade de Prática.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo compreender, a partir das narrativas de seus participantes, o processo de implementação e tentativa de consolidação do Núcleo de Tecnologias Livres (NTL) no IFRS – Campus Rio Grande. Mais do que descrever a linearidade dos eventos, buscamos reconstruir as histórias vividas pelos sujeitos



envolvidos, evidenciando suas intenções formativas, os sentidos atribuídos às práticas desenvolvidas e as tensões entre o projeto desejado e a realidade institucional. A escolha por utilizar a teoria social da aprendizagem de Wenger (2001) como lente analítica permitiu aprofundar a análise sobre em que medida o NTL apresentou ou não as características de uma Comunidade de Prática (CoP), compreendida como um espaço de aprendizagem coletiva sustentado por compromisso mútuo, empreendimento conjunto e repertório compartilhado.

As narrativas construídas revelam um esforço genuíno, por parte de alguns docentes, de constituir o NTL como uma proposta formativa articulada aos princípios do Ensino Médio Integrado, promovendo a articulação entre ciência, técnica, cultura e trabalho. As histórias dos colaboradores apontam para o desejo de criar um ambiente de aprendizagem aberto, colaborativo, baseado na produção coletiva de conhecimento e no protagonismo estudantil. No entanto, os dados analisados indicam que o NTL não conseguiu consolidar-se como uma Comunidade de Prática nos moldes propostos por Wenger. A ausência de um compromisso mútuo sustentado por práticas regulares, a dificuldade de consolidar um empreendimento conjunto entre docentes e estudantes, bem como a falta de um repertório compartilhado com continuidade, foram fatores que fragilizaram a constituição do grupo.

Essa constatação, no entanto, não reduz a importância da experiência. Ao contrário, permite compreender que iniciativas como o NTL podem atuar como espaços germinais de integração curricular, desde que contem com condições institucionais mínimas, reconhecimento formal, tempo de planejamento coletivo e estímulo à permanência estudantil. O estudo mostra que a formação integral no contexto dos institutos federais exige mais do que diretrizes curriculares: requer práticas efetivas, sustentadas no tempo e compartilhadas por sujeitos que se reconhecem como parte de um projeto comum.



É nesse ponto que a análise baseada nas Comunidades de Prática se mostra potente, ao explicitar os elementos que dificultam ou potencializam a emergência de coletivos formativos autênticos.

Do ponto de vista da pesquisa em ensino, os resultados reforçam a relevância de investigar não apenas experiências consolidadas, mas também as tentativas de constituição de práticas integradoras. Tais tentativas revelam as tensões estruturais, institucionais e subjetivas que atravessam a implementação do EMI e ajudam a iluminar caminhos possíveis para seu fortalecimento. Do ponto de vista institucional, este trabalho aponta para a necessidade de políticas que valorizem a integração curricular como prática coletiva e não como responsabilidade isolada de professores engajados. Criar espaços interdisciplinares, reconhecer institucionalmente os projetos integradores, fomentar a cultura da documentação e promover a articulação entre gerações de estudantes são algumas das ações concretas que podem favorecer a consolidação de práticas que dialogam com os princípios do Ensino Médio Integrado.

Concluímos, portanto, que o NTL, apesar de não ter se configurado como uma Comunidade de Prática plena, constitui uma experiência valiosa de tentativa de integração curricular. Sua análise contribui para compreender os desafios reais enfrentados por docentes e discentes na implementação de propostas formativas mais integradas e, sobretudo, aponta que é no fortalecimento de vínculos, no compartilhamento de práticas e na construção coletiva de sentidos que reside a possibilidade de uma formação verdadeiramente integral.

AGRADECIMENTOS

Daniel Farias Mega agradece ao Instituto Federal Catarinense – *Campus Concórdia* pelo apoio institucional e pela concessão de afastamento integral, que possibilitou a realização do curso de pós-graduação no Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e contribuiu diretamente para a produção deste capítulo.

Ives Solano Araujo agradece ao CNPq pela bolsa Produtividade em Pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, C. P. T.; ACÁCIO, M. L. B. M. Caminhos para a consolidação do currículo da educação profissional integrada ao ensino médio: a experiência do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre. *In: SOBRINHO, S. C.; PLÁCIDO, R. L.; RIBERIRO, E. A. W. (Orgs.). Os “nós” que fortalecem a Rede Federal de Educação Profissional Científica e Tecnológica: experiências e expertises nos/dos Institutos Federais.* Blumenau: Instituto Federal Catarinense, 2019.

ARAUJO, R. M. L.; FRIGOTTO, G. Práticas pedagógicas e ensino integrado. **Revista Educação em Questão**, Natal, v. 52, n. 38, p. 61-80, 2015.

CASTAMAN, A. S.; HANNECKER, L. A. Currículo integrado: pensando o ensino integrado nos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia no Brasil. **Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, Manaus, v. 3, n. 5, p. 48-57, 2017.

CHAGAS, S. E. A.; MARTINS, L. S.; BARBOSA, F. A. C. Passados presentes nos Institutos Federais: Ensino Médio Integrado e as (des)continuidades nas (in)determinações da dualidade estrutural. **Educação Unisinos**, v. 23, n. 3, p. 559-575, 2019.

CIAVATTA, M.; RAMOS, M. Ensino Médio e Educação Profissional no Brasil: dualidade e fragmentação. **Revista Retratos da Escola**, Brasília, v. 5, n. 8, p. 27-41, 2012.

CONNELLY, F. M.; CLANDININ, D. J. Pesquisa narrativa: experiências e história na pesquisa qualitativa. Uberlândia: EDUFU, 2015.

CONNELLY, F. M.; CLANDININ, D. J. Relatos de experiência e investigação narrativa. In: LARROSA, J. et al. (Orgs.). **Déjame que te cuente**: ensayos sobre narrativa y educación. Barcelona: Laertes, 1995.

FRIGOTTO, G.; CIAVATTA, M.; RAMOS, M. A gênese do Decreto n. 5.154/2004: um debate no contexto controverso da democracia restrita. **Revista Trabalho Necessário**, v. 3, n. 3, p. 1-26, 2005. DOI: <https://doi.org/10.22409/tn.3i3.p4578>.

FRIGOTTO, G.; CIAVATTA, M.; RAMOS, M.; GOMES, C. Produção de conhecimentos sobre ensino médio integrado: dimensões epistemológicas e político-pedagógicas. In: COLÓQUIO. **Produção de conhecimentos de ensino médio integrado**: dimensões epistemológicas e político-pedagógicas. Rio de Janeiro: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio/Fiocruz, 2014.

LAVE, J.; WENGER, E. **Situated learning**: legitimate peripheral participation. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

MEGA, D. F.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Centro de tecnologia acadêmica da UFRGS como comunidade de prática e possibilidade de criação de espaços não formais de aprendizagem: um estudo etnográfico. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 22, p. 1-28, 2020.

PACHECO, E. Desvendando os Institutos Federais: identidade e objetivos. **Educação Profissional e Tecnológica em Revista**, v. 4, n. 1, p. 4-22, 2020.

PACHECO, E. M.; PEREIRA, L. A. C.; SOBRINHO, M. D. Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia: limites e possibilidades. **Linhas Críticas**, Brasília, v. 16, n. 30, p. 71-88, 2010.

PEZZI, R. et al. Desenvolvimento de tecnologia para ciência e educação fundamentado nos preceitos de liberdade do conhecimento: o caso do Centro de Tecnologia Acadêmica. **Liinc em Revista**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 205-222, 2017.

WENGER, E. **Comunidades de prática**: aprendizagem, significado e identidade. [S. I.]: Paidós, 2001.

WENGER, E.; MCDERMOTT, R.; SNYDER, W. **Cultivating communities of practice**: a guide to managing knowledge. Boston: Harvard Business School Press, 2002.

WENGER, E.; TRAYNER, B.; LAAT, M. **Promoting and assessing value creation in communities and networks**: a conceptual framework. Ruud de Moor Centrum, Report 18, 2011.

10

Ana Amélia Petter
Tobias Espinosa
Ives Solano Araujo

FATORES QUE INFLUENCIAM A MUDANÇA INSTRUCIONAL NO ENSINO DE FÍSICA

1. INTRODUÇÃO

As transformações necessárias para qualificar os processos de ensino e aprendizagem têm sido tema recorrente em debates educacionais, atravessando diferentes níveis e áreas do conhecimento. No campo do Ensino de Física e, de maneira mais ampla, nas disciplinas que compõem a área STEM (sigla em inglês para Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática), reconhece-se a necessidade de repensar práticas pedagógicas. Nesse caso, espera-se que as tradicionais exposições orais seguidas de exercícios de fixação abram espaço para participação ativa dos estudantes e para a construção crítica do conhecimento científico.

A literatura da área de Ensino de Ciências tem apontado um conjunto de estratégias didáticas sustentadas por evidências empíricas quanto à sua efetividade, conhecidas como estratégias de ensino baseadas em pesquisa (*Research-Based Instructional Strategies*) ou práticas pedagógicas baseadas em evidências (*Evidence-Based Instructional Practices*) (Henderson, 2008; Henderson; Dancy, 2007; Yik *et al.*, 2022a). Tais abordagens incluem métodos como o *Peer Instruction* (Mazur, 2015), a aprendizagem ativa (Freeman *et al.*, 2014) e a integração de aspectos históricos e filosóficos da ciência em sala de aula (Lima; Heidemann, 2023).

Contudo, a incorporação dessas estratégias em contextos universitários ainda enfrenta resistências e limitações. Estudos sobre mudança instrucional têm mostrado que esse processo é multifacetado e envolve tanto fatores estruturais, como infraestrutura e tempo disponível, quanto elementos subjetivos, como as crenças docentes sobre o ensino, o papel do professor, a aprendizagem dos estudantes e a eficácia percebida das estratégias inovadoras (Borda *et al.*, 2020; Sturtevant; Wheeler, 2019; Yik *et al.*, 2022b, 2022a).



Este capítulo retoma e expande uma análise exploratória previamente apresentada em 2024 no XX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF) (Petter *et al.*, 2024), na qual realizamos uma revisão exploratória das variáveis que influenciam a mudança instrucional no ensino de Física. Na ocasião, identificamos diversas barreiras e condições que afetam a adoção de estratégias inovadoras, com destaque para a importância das percepções docentes sobre o ensino e a aprendizagem como fator decisivo, tanto como obstáculo quanto como facilitador. Neste capítulo, fornecemos uma análise revisada e ampliada dos dados, com o objetivo de identificar categorias que visam agrupar os fatores que atuam como barreiras e os que consideramos facilitadores da mudança instrucional. Além disso, apontamos nas considerações finais elementos que podem aumentar a probabilidade de adoção de estratégias inovadoras. Nossa intenção é oferecer subsídios que contribuam para a formação de professores em geral, e docentes de instituições do ensino superior em particular, interessados em inovar ou fomentar inovações pedagógicas.

2. METODOLOGIA

Este estudo tem caráter exploratório e integra a pesquisa de doutorado da primeira autora, que propôs um modelo teórico para auxiliar no planejamento da adoção de inovações didáticas por docentes de Ciências e, em particular, de Física. O objetivo específico do presente capítulo foi identificar, na literatura da área de Ensino de Ciências/Física, os principais fatores que atuam como barreiras ou facilitadores à mudança instrucional e as estratégias que favorecem as mudanças.

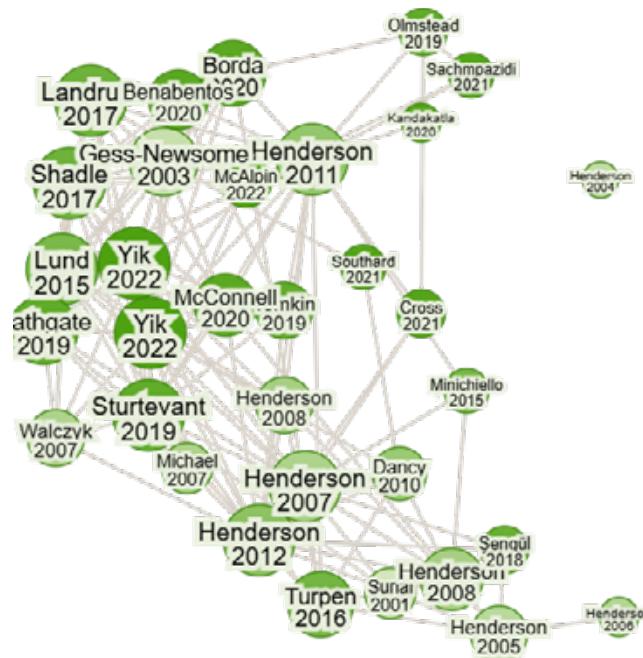


Para a realização da busca bibliográfica, utilizamos a plataforma digital *Research Rabbit*¹, uma ferramenta que combina recursos de busca por artigos e autores com algoritmos de inteligência artificial para sugerir conexões relevantes na literatura científica. Essa plataforma utiliza o repositório digital *Semantic Scholar*. Optamos por empregá-la, em vez de uma revisão sistemática formal, porque, nas nossas consultas, a plataforma recuperou estudos mais relevantes do que as estratégias tradicionais. As palavras-chave adotadas foram “*instructional change*” combinado com “*physics*” e, em uma segunda etapa, com “*STEM*” (sigla de, *Science, Technology, Engineering and Mathematics*). A escolha desses descritores se justifica por dois aspectos. Primeiro pela dificuldade de mapear a literatura sobre inovações educacionais de forma precisa, dada a polissemia da noção de “inovação” e a diversidade temática presente nos estudos sobre o tema (Petter *et al.*, 2025; Tavares, 2019). Em segundo lugar, pela relevância desses termos no campo da pesquisa em ensino de Ciências, especialmente por sua utilização em investigações conduzidas pelo grupo de pesquisa do professor da Western Michigan University (EUA) Charles Henderson, um dos autores mais citados em revisões sistemáticas recentes sobre mudança instrucional (Petter, 2021).

A partir de buscas iniciais, selecionamos 20 estudos com base na leitura dos títulos e resumos disponíveis até setembro de 2023. Em seguida, ampliamos esse conjunto utilizando os recursos da própria plataforma, que recomenda textos relacionados com base em algoritmos de análise de citações e proximidade temática. A partir disso, examinamos os 50 primeiros artigos relacionados sugeridos como similares e os 10 mais recentes identificados pelo sistema, totalizando 34 textos submetidos à leitura integral. Na Figura 1 apresentamos a rede destes 34 trabalhos identificados na plataforma *Research Rabbit*.

Durante a leitura, foram excluídos 15 artigos que não apresentavam, de forma explícita, variáveis, barreiras ou estratégias facilitadoras, associadas à mudança das práticas pedagógicas, foco da análise pretendida. Restaram, ao final do processo de triagem, 19 estudos que compuseram o *corpus* da análise. Esses trabalhos são artigos publicados em periódicos e anais de eventos científicos e em sua maioria referem-se a disciplinas do campo STEM e apresentam dados empíricos coletados com docentes universitários atuantes na disciplina de Física. A amostra analisada é composta exclusivamente por estudos voltados ao ensino superior.

Figura 1 – Rede de trabalhos identificados no Research Rabbit



Fonte: Retirado de Research Rabbit (2025).

3. DISCUSSÕES E RESULTADOS

Os achados desta revisão são apresentados e discutidos a partir da análise das evidências identificadas na amostra de estudos selecionada, com o objetivo de identificar e categorizar fatores relevantes que atuam como barreiras ou facilitadores da mudança instrucional em disciplinas de Física/Ciências. Salientamos que alguns fatores descritos podem não se manifestar ou podem assumir formas distintas no contexto da educação básica, mas esta análise também pode auxiliar a identificar possíveis barreiras e facilitadores desse contexto. Além disso, esses trabalhos empregam diferentes metodologias para investigar desafios e estratégias de promoção de mudanças instrucionais, mas o foco desta revisão não é examinar tais métodos, e sim identificar os fatores que influenciam a adoção de inovações.

Dos 19 estudos revisados, 12 utilizaram de formas variadas o modelo de decisão pela inovação de Everett Rogers (2003), tanto em profundidade quanto em finalidade. Alguns autores apenas citam Rogers (2003) para sustentar alguma afirmação na contextualização ou nas discussões, sem incorporá-lo propriamente ao trabalho (Henderson; Dancy, 2008; Shadle; Marker; Earl, 2017; Turpen; Dancy; Henderson, 2016; Yik *et al.*, 2022b). Na revisão de Henderson, Beach e Finkelstein (2011), o uso deste modelo também é identificado. Outros trabalhos empregam o modelo como referencial teórico de seus estudos (Henderson; Dancy; Niewiadomska-Bugaj, 2012; Lund; Stains, 2015). McConnell, Montplaisir e Offerdahl (2020), ao expandirem a compreensão do processo de tomada de decisão pedagógica dos professores, utilizam diversos modelos de decisão pela inovação, inclusive o de Rogers (2003). Henderson (2004, 2005) também utiliza esse modelo como ponto de partida para descrever processos de mudança instrucional analisados. Por fim, Borda *et al.* (2020) descrevem a implementação do projeto C-CORE, estruturado com

base no modelo de Rogers, enquanto Sturtevant e Wheeler (2019) indicam que o modelo por eles proposto está alinhado à quinta etapa do processo decisório de Rogers (2003), de confirmação.

A partir da síntese dos estudos revisados, foi possível organizar os fatores em duas dimensões de análise: fatores que dificultam e fatores que favorecem a adoção de mudanças instrucionais. Na primeira dimensão (vide Seção 3.1) reunimos as barreiras mais recorrentes, considerando tanto as dificuldades estruturais e institucionais quanto as individuais e de percepção. Na segunda dimensão (vide Seção 3.2) abordamos os fatores que atuam como facilitadores.

3.1. BARREIRAS À MUDANÇA INSTRUCIONAL

A adoção de inovações didáticas no ensino de Física é um processo multifacetado, que envolve não apenas a disposição pessoal para mudar, mas também a superação de resistências institucionais, limitações estruturais e percepções individuais que moldam a atuação docente. Nesta subseção, nos dedicamos a apresentar as principais barreiras identificadas na literatura analisada, agrupadas em duas grandes categorias: (i) barreiras situacionais e contextuais, associadas a aspectos institucionais, estruturais e organizacionais; e (ii) barreiras individuais e de percepção, relacionadas às crenças, experiências e atitudes de docentes e estudantes.

Barreiras situacionais e contextuais

As barreiras situacionais e contextuais dizem respeito aos aspectos institucionais/departamentais e estruturais do ambiente de ensino, a exemplo de inadequação ou ausência de: tempo, expectativas educacionais, cultura da instituição (recompensas e reconhecimento), infraestrutura e recursos. Um dos aspectos identificados na literatura é que os incentivos institucionais são um reflexo das



prioridades das instituições, especialmente as universidades, onde o reconhecimento acadêmico é fortemente atrelado à publicação e à pesquisa (Bathgate *et al.*, 2019; Benabentos *et al.*, 2021; Henderson; Dancy, 2007; Shadle; Marker; Earl, 2017; Sturtevant; Wheeler, 2019; Walczyk; Ramsey; Zha, 2007; Yik *et al.*, 2022b, 2022a). Essa estrutura pode desmotivar os docentes a investirem tempo e esforço para conhecer e adotar inovações. Além disso, a sobrecarga de trabalho dos docentes (Turpen; Dancy; Henderson, 2016) pode auxiliar a entender a baixa taxa de mudança. A exigência de manter uma produção de pesquisa constante, aliada às responsabilidades administrativas e de lecionar as aulas, deixa pouco espaço para o professor buscar e/ou implementar novas práticas didáticas. Nesse sentido, a priorização institucional que desvaloriza o ensino em relação à pesquisa perpetua uma concepção onde a inovação pedagógica é vista como um esforço adicional, e não como parte integrante das atividades educacionais.

Dentro desse contexto, o tempo necessário para conhecer e compreender novas metodologias, adaptar materiais, implementar estratégias de ensino e avaliar sua efetividade torna-se escasso e pode representar outra barreira (Bathgate *et al.*, 2019; Henderson, 2004, 2005; Michael, 2007; Sturtevant; Wheeler, 2019; Turpen; Dancy; Henderson, 2016). Portanto a escassez de tempo não é apenas um problema de gestão individual, mas pode refletir prioridades institucionais que colocam o ensino em segundo plano.

Além disso, a estrutura dos currículos e a preocupação com a cobertura de uma extensa lista de conteúdos (Bathgate *et al.*, 2019; Henderson, 2005; Henderson; Dancy, 2007; Lund; Stains, 2015; Sturtevant; Wheeler, 2019; Turpen; Dancy; Henderson, 2016) revelam uma tensão entre a quantidade de conteúdo a ser ensinado e a qualidade da aprendizagem. Por vezes, a percepção docente de que a aprendizagem ativa limitaria a quantidade de conteúdos abordados em sala leva-os a priorizar aulas expositivas como forma de garantir que vão cumprir os requisitos curriculares (Bathgate *et al.*, 2019;



Henderson, 2005; Lund; Stains, 2015; Turpen; Dancy; Henderson, 2016), mesmo que isso possa reduzir a qualidade da aprendizagem. Tal percepção pode ser reforçada por crenças docentes, expectativas departamentais/institucionais, avaliações externas padronizadas, entre outras demandas externas que contribuem para o modelo tradicional de ensino baseado na transmissão de informações pelo professor (Turpen; Dancy; Henderson, 2016). Esta concepção de “cobrir” o currículo, em vez de priorizar a aprendizagem, também pode ser reflexo de práticas instrucionais historicamente enraizadas tanto nas instituições como na sociedade. Tal percepção de cobertura dos conteúdos somada à frequente baixa carga horária das disciplinas de Ciências tornam a mudança instrucional ainda mais difícil (Henderson; Dancy, 2007; Shadle; Marker; Earl, 2017). Em alguns contextos, os períodos nem mesmo podem ser reorganizados para possibilitar atividades em grupo ou discussões mais profundas, levando o docente a optar por exposições orais que possibilitam “cobrir” o conteúdo (Henderson, 2005; Henderson; Dancy, 2007; Sturtevant; Wheeler, 2019; Turpen; Dancy; Henderson, 2016).

A cultura departamental e institucional, incluindo suas normas tácitas, suas expectativas de ensino, sistemas de avaliação docente e gestão, também frequentemente reforçam práticas expositivas, dificultando a adoção de métodos que promovam a aprendizagem ativa (Henderson; Dancy, 2007, 2008). Borda *et al.* (2020) comenta que a percepção de que o ensino baseado em exposição oral está associado às decisões de permanência, promoção e recontratação também reforçam a resistência à inovação, podendo ser considerado um obstáculo. Assim como, a ausência de critérios relacionados à eficácia do ensino nessas decisões também pode afetar a escolha do docente pela mudança, estagnando suas práticas (Shadle; Marker; Earl, 2017). Entendemos que quando a eficácia do ensino não é valorizada ou reconhecida, a decisão pela mudança pode ser vista como um esforço extra e não como parte da prática docente.

Outros obstáculos estão relacionados à configuração das salas com assentos fixos e ao grande número de estudantes por turma (Henderson; Dancy, 2007; Michael, 2007; Shadle; Marker; Earl, 2017; Sturtevant; Wheeler, 2019; Yik *et al.*, 2022b, 2022a). No entanto, embora esses fatores apareçam com frequência na literatura internacional, em determinados contextos, como o brasileiro, as turmas costumam ser menores (até 30/40 alunos) e os assentos são móveis, o que poderia favorecer a inovação. Mesmo nesses casos, a carência de recursos materiais e infraestruturais, a falta de formação continuada e o frágil reconhecimento institucional do trabalho docente ainda limitam as mudanças. A ausência de apoio institucional que garanta suporte contínuo, como formação pedagógica, recursos e infraestrutura para metodologias ativas, também revela uma visão reduzida sobre o potencial das inovações para o ensino, a aprendizagem e o prestígio institucional (Bathgate *et al.*, 2019; Benabentos *et al.*, 2021; Henderson; Dancy, 2007; Henderson; Dancy; Niewiadomska-Bugaj, 2012; Shadle; Marker; Earl, 2017). Tais recursos e infraestrutura, incluem, por exemplo, assistentes de ensino, materiais didáticos e salas para uso de estratégias centradas nos estudantes.

Por fim, a implementação de estratégias de aprendizagem ativa enfrenta desafios adicionais devido à sua complexidade e ao esforço necessário para adaptar essas estratégias aos contextos específicos (e.g., disciplina e nível). A ausência de métodos de avaliação alinhados com habilidades desenvolvidas a partir das práticas inovadoras exacerba esses desafios, evidenciando a necessidade de uma revisão das políticas e normas curriculares e avaliativas que permeiam o sistema educacional. Dessa forma, as barreiras situacionais e contextuais formam um ambiente de ensino que desestimula a testabilidade de inovações didáticas e perpetua-se um modelo de ensino que valoriza as práticas expositivas. Vale salientar que com isso não estamos defendendo que a remoção dessas barreiras garante, por si só, uma adoção ou sustentabilidade das inovações nas instituições, mas aumenta a probabilidade de sua incorporação.

Barreiras individuais e de percepção

As barreiras individuais e de percepção envolvem elementos que se referem às características docentes e discentes, inclusive relacionadas às suas identidades, experiências, resistência à inovação e falta de formação. No caso dos professores, as crenças e concepções sobre o ensino são profundamente influenciadas por suas experiências como estudantes e profissionais (Michael, 2007; Turpen; Dancy; Henderson, 2016). A ausência de uma formação pedagógica com disciplinas específicas sobre estratégias pedagógicas nas trajetórias acadêmicas e profissionais dos docentes contribui para uma restrição do ensino aos métodos que eles conhecem bem, mas que podem não ser os mais eficazes (Henderson; Beach; Finkelstein, 2011; Lund; Stains, 2015; Michael, 2007; Shadie; Marker; Earl, 2017; Sturtevant; Wheeler, 2019; Turpen; Dancy; Henderson, 2016; Walczyk; Ramsey; Zha, 2007). A falta de familiaridade com abordagens baseadas em evidências, somada à ausência de oportunidades de formação continuada, limita o repertório metodológico do professor. Yik *et al.* (2022b, 2022a) mencionam que a participação docente em cursos relacionados ao ensino, como novas estratégias, está diretamente associada à redução de tempo de exposição oral em sala de aula e ao aumento da adoção e testabilidade de inovações.

A resistência pessoal à mudança também está vinculada à identidade profissional dos docentes, que muitas vezes se veem primariamente como pesquisadores, e não como educadores (e.g., Bathgate *et al.*, 2019; Sturtevant; Wheeler, 2019). Esta dicotomia entre pesquisa e ensino é um obstáculo significativo que poderia ser abordada em programas de desenvolvimento profissional que divulgam e auxiliam no planejamento de novas práticas pedagógicas para os conteúdos disciplinares. Novamente, a tensão entre as identidades de professor e pesquisador, onde a identidade de pesquisador é frequentemente mais valorizada do que a de professor, também pode ser uma barreira.



Além disso, as percepções docentes sobre a necessidade de inovar, seus valores e motivação podem influenciar na decisão pela mudança instrucional ou não (Bathgate *et al.*, 2019; Henderson, 2004; Michael, 2007). Professores com pouca confiança nas estratégias de ensino ou com experiências anteriores negativas com métodos ativos têm mais chance de decidir não adotar ou descontinuar inovações (Turpen; Dancy; Henderson, 2016). A relação com a pesquisa em educação em Ciências também pode ser marcada por desconfiança, especialmente quando os docentes percebem os pesquisadores como dogmáticos em relação aos currículos com a expectativa de adoção inalterada, sem considerar os contextos de ensino específicos de cada professor ou então apenas como divulgadores de um método em particular (Henderson; Beach; Finkelstein, 2011; Henderson; Dancy, 2008). Isso pode levar os professores a terem uma sensação de que sua experiência profissional em sala de aula não é valorizada, gerando uma resistência às novas práticas.

Os estudantes, também acostumados com um modelo passivo de ensino, com exposições orais docente seguidas de listas de exercícios numéricos na Física, podem resistir a mudanças que exigem maior engajamento, autonomia e responsabilidade para sua própria aprendizagem (Bathgate *et al.*, 2019; Borda *et al.*, 2020; Michael, 2007). Essa resistência pode gerar insegurança e preocupação nos docentes, que temem por avaliações negativas dos alunos, por resistência ou falta de disposição para papel mais ativo no processo de ensino e aprendizagem (Bathgate *et al.*, 2019; Michael, 2007; Yik *et al.*, 2022a). Tal preocupação reflete em uma pressão para manter a satisfação estudantil, podendo esta não priorizar a implementação de inovações didáticas. Nesse sentido, é importante preparar os alunos para a implementação de estratégias de ensino centradas no estudante, explicando os benefícios e ajustando as expectativas. Uma maneira de diminuir a resistência à novidade por parte dos estudantes é mostrar pesquisas com resultados de aprendizagem melhores quando utilizadas estratégias de ensino baseadas em pesquisa do que quando utilizadas exposições orais.



As barreiras individuais e de percepção evidenciam que a forma como professores e estudantes percebem seus papéis, suas responsabilidades e o próprio processo de ensino e aprendizagem influencia diretamente a possibilidade de adoção de inovações. A resistência à mudança, nesses casos, não é necessariamente um sinal de conservadorismo, mas um reflexo de experiências anteriores, condições de trabalho, medos e inseguranças. Assim, políticas de formação continuada e ações de valorização docente precisam ser sensíveis a essas questões para se fomentar inovações no contexto educacional.

Essas duas categorias de barreiras apresentadas representam os principais fatores que podem dificultar a adoção de uma inovação para o ensino de Física/Ciências na amostra analisada. Quando as duas categorias se sobrepõem, ou seja, quando um aspecto de cada uma está presente, a mudança instrucional fica ainda mais complexa. Por exemplo, a falta de tempo dos docentes é intensificada quando há necessidade de reinventar práticas pedagógicas para contornar a resistência dos alunos e as limitações estruturais das instituições. Da mesma forma, a ausência de incentivos institucionais para o uso de estratégias de ensino inovadoras também pode reduzir a motivação dos docentes em buscar formações pedagógicas, perpetuando crenças e práticas tradicionais.

O Quadro 1 apresenta uma síntese das barreiras, organizada em categorias amplas, acompanhadas de suas descrições e dos fatores associados a cada uma.

Quadro 1 – Síntese das barreiras identificadas

Categoria	Descrição	Fatores
Desvalorização institucional da docência e demandas que restringem o tempo para inovar	Reflete a desvalorização da docência em relação à pesquisa nas instituições acadêmicas, onde a pesquisa é mais reconhecida e incentivada, e as demandas institucionais que sobrecarregam o tempo dos docentes, dificultando a implementação de inovações pedagógicas. Inclui a falta de tempo para preparação e a pressão para cumprir programas extensos, além da sobrecarga de trabalho que não valoriza adequadamente o esforço para melhorar práticas de ensino.	<ul style="list-style-type: none"> - Priorização da pesquisa sobre o ensino na cultura departamental; - Falta de incentivos e reconhecimento para inovações no ensino; - Escassez de tempo para preparar e implementar novas estratégias pedagógicas; - Necessidade de cobrir extensos programas curriculares, limitando a adoção de inovações; - Sobrecarga de trabalho acadêmico e administrativo.
Ambiente organizacional resistente à inovação	Diz respeito às limitações materiais, como infraestrutura inadequada, e às normas e valores institucionais que criam um ambiente resistente à adoção de práticas pedagógicas transformadoras.	<ul style="list-style-type: none"> - Salas de aula não adequadas para aprendizagem ativa; - Falta de recursos suficientes; - Normas sociais e pedagógicas que desencorajam inovação.
Formação pedagógica insuficiente e distanciamento da pesquisa em ensino	Refere-se à carência de formação específica em estratégias de ensino baseadas em evidências e ao distanciamento entre os docentes e a pesquisa em ensino, que muitas vezes é vista como algo que não se aplica diretamente à realidade da sala de aula.	<ul style="list-style-type: none"> - Dificuldade para planejar as atividades de aula; - Falta de formação pedagógica na pós-graduação; - Pouco conhecimento sobre a inovação para implementá-la; - Percepção de que a pesquisa em ensino é prescritiva ou descontextualizada.
Resistência estudantil e impactos sobre a autonomia docente	Trata da resistência dos estudantes a métodos de ensino inovadores, o que pode influenciar negativamente a autonomia e as decisões dos docentes devido ao medo de reações negativas e avaliações desfavoráveis.	<ul style="list-style-type: none"> - Receio de avaliações ou classificações negativas dos alunos; - Estudantes não estão dispostos a participar de aprendizagem ativa; - Atitude negativa dos estudantes em relação a novas abordagens.

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

3.2. FACILITADORES E ESTRATÉGIAS PARA A MUDANÇA INSTRUCIONAL

A adoção de inovações didáticas no ensino de Ciências/Física é fortalecida a partir de condições contextuais, culturais e individuais que favorecem a experimentação e a sustentabilidade de novas

práticas, não se limitando à superação de barreiras. Nesta subseção, organizamos os principais facilitadores identificados na literatura revisada, agrupando-os em duas categorias: (i) facilitadores situacionais e contextuais, relacionados ao ambiente institucional, aos recursos e às dinâmicas coletivas; e (ii) facilitadores individuais e de percepção, vinculados a crenças, experiências e disposições pessoais dos docentes.

Facilitadores situacionais e contextuais

Os facilitadores situacionais e contextuais dizem respeito a condições institucionais, departamentais e organizacionais que criam um ambiente favorável à mudança instrucional. Um dos elementos mais recorrentes é o apoio percebido (social, material, infra-estrutural e pedagógico) (Bathgate *et al.*, 2019; Benabentos *et al.*, 2021; Henderson, 2004, 2005; Henderson; Beach; Famiano, 2009; Henderson; Beach; Finkelstein, 2011; Sturtevant; Wheeler, 2019; Walczyk; Ramsey; Zha, 2007; Yik *et al.*, 2022b, 2022a). Bathgate *et al.* (2019) identificaram em seu estudo que o apoio está mais fortemente associado à implementação de práticas de ensino baseadas em evidências do que às barreiras percebidas. Ou seja, mesmo quando havia barreiras, se o professor percebia apoio, ele implementava as estratégias. Isso sugere que eliminar as barreiras não é o suficiente para aumentar a probabilidade de adoção de inovações, também é preciso oferecer suporte aos adotantes.

Outro tipo de apoio importante é o departamental/institucional. Em instituições e/ou departamentos que valorizam e incentivam explicitamente a inovação, por exemplo por meio de reconhecimento formal ou flexibilização de normas, estas tendem a aumentar a confiança dos docentes e a reduzir a percepção de risco associada à mudança (Henderson; Dancy, 2007; Lund; Stains, 2015; McConnell; Montplaisir; Offerdahl, 2020; Sturtevant; Wheeler, 2019). Além disso, ambientes em que as normas sociais e pedagógicas da instituição e/ou departamento incentivam a colaboração em torno do ensino,



também impactam no comportamento dos seus professores, e assim aumenta a probabilidade de procura por inovações (McConnell; Montplaisir; Offerdahl, 2020).

Outra forma da instituição apoiar é incentivando e recompensando os professores que se envolvem em bolsas de ensino e pesquisa educacional (Walczuk; Ramsey; Zha, 2007; Yik *et al.*, 2022b, 2022a). Essa valorização, quando incorporada às normas e culturas institucionais, pode transformar a inovação pedagógica de uma ação pontual para uma prática legitimada coletivamente.

A decisão compartilhada sobre mudanças instrucionais nas instituições também se mostra relevante. Estudos apontam que docentes que compartilham as decisões de ensino com colegas, por exemplo com o coensino (Henderson; Beach; Famiano, 2009) em que um professor novo ensina com um experiente uma disciplina, tendem a reduzir o tempo de aula expositiva (Yik *et al.*, 2022b). Tais práticas também podem ser favorecidas com comunidades de prática ou de ensino ou de aprendizagem docentes, nas quais os adotantes conseguem, entre outras coisas, trocar experiências e materiais (Benabentos *et al.*, 2021; McConnell; Montplaisir; Offerdahl, 2020; Sturtevant; Wheeler, 2019).

No campo da formação, intervenções de longo prazo, como programas semestrais ou anuais de desenvolvimento docente, são mais eficazes do que cursos pontuais (Henderson; Beach; Finkelstein, 2011). No entanto, cursos sobre estratégias de ensino também costumam diminuir o tempo de exposição oral dos professores (Henderson; Beach; Finkelstein, 2011; Yik *et al.*, 2022b, 2022a). Esse acompanhamento, quando aliado ao acompanhamento de especialista e *feedback* contínuo, permite que os docentes adaptem gradualmente suas práticas, reduzindo a sensação de sobrecarga. Esses fatores evidenciam que, em ambientes onde as normas institucionais legitimam a inovação e fornecem suporte duradouro, a mudança instrucional passa a integrar a identidade e o funcionamento da instituição.

Facilitadores individuais e de percepção

Os facilitadores individuais e de percepção se referem a características, crenças e experiências que ampliam a receptividade e a disposição dos docentes para inovar. Uma dessas dimensões é a formação pedagógica prévia. Professores que tiveram acesso a disciplinas de didática ou vivenciaram metodologias ativas como estudantes demonstram maior propensão a incorporá-las em suas aulas (Walczuk; Ramsey; Zha, 2007; Yik *et al.*, 2022b, 2022a). Turpen, Dancy e Henderson (2016) elencam como uma das razões mais comuns apresentadas pelos docentes para alinhar sua prática ao método de ensino, instrução pelos colegas, é ter vivenciado experiências positivas com a metodologia no passado. A experiência de coensino também aparece como um facilitador. Ao compartilhar a condução de uma disciplina com um colega experiente em estratégias de ensino baseadas em pesquisa, docentes novatos podem além de se apropriar de novas estratégias também desenvolver confiança para adaptá-las ao seu contexto (Henderson; Beach; Famiano, 2009).

Outro aspecto que podemos considerar facilitador, mas que não foi apontado diretamente na literatura, seria a flexibilidade da estratégia para adoção, ou seja, a possibilidade de reinvenção para adequá-las à sua realidade. Tal fator poderia diminuir a divergência de expectativas entre professores e pesquisadores. Além disso, essa disposição docente, quando apoiada por materiais adaptáveis e orientações claras sobre os princípios subjacentes à metodologia, poderia aumentar as chances de implementação bem-sucedida. No entanto, salientamos que a reinvenção de uma metodologia deve ser realizada com cautela, mantendo os princípios pedagógicos que a sustentam. Inclusive, a iniciativa do professor de se familiarizar com inovações é apontada como um aspecto facilitador ou pré-requisito para sua adoção (Borda *et al.*, 2020; Henderson, 2004, 2005).

Como facilitador à mudança relacionado ao perfil dos estudantes, identificamos apenas um estudo. Nele, a receptividade estudantil,



em relação ao quanto os alunos cooperam e se engajam nas atividades, também foi identificada como um apoio à mudança (Bathgate *et al.*, 2019).

Em relação às crenças docentes, a literatura aponta que aqueles que reconhecem a aprendizagem como um processo em constante desenvolvimento tendem a adotar práticas de aprendizagem ativa com mais frequência (Yik *et al.*, 2022b, 2022a). Borda *et al.* (2020) também aponta que a percepção de eficácia da estratégia de aprendizagem ativa é um dos fatores de suporte à adoção mais frequentes. Os programas e iniciativas de ensino para professores, mencionados anteriormente, também podem contribuir para a inovação, uma vez que os conectam à comunidade acadêmica de pesquisa educacional, a qual legitima e valoriza inovações. Por fim, as comunidades de prática atuam como um elo entre o nível individual e o coletivo, e como mencionado anteriormente ao oferecer um espaço seguro para testar ideias e refletir sobre resultados, aumentam as possibilidades de adoção de uma inovação (Benabentos *et al.*, 2021; McConnell; Montplaisir; Offerdahl, 2020; Sturtevant; Wheeler, 2019). Esse tipo de rede de colaboração, que combina encorajamento e troca de experiências, pode sustentar mudanças instrucionais de forma mais duradoura.

A análise dos facilitadores evidencia que a mudança instrucional bem-sucedida não resulta apenas de ações individuais de docentes motivados, mas da articulação entre apoios institucionais e individuais, cultura departamental/institucional e formação. Entendemos que mesmo em condições ideais, a adoção de uma inovação pode não ser continuada, até mesmo quando apresentar melhores resultados de aprendizagem. No entanto, consideramos que professores que estão motivados, têm conhecimento da estratégia e atuam em uma instituição que valoriza e apoia a inovação têm mais chances de implementar e continuar as mudanças instrucionais. No Quadro 2 apresentamos uma síntese dos facilitadores à mudança instrucional identificados nos trabalhos analisados.

Quadro 2 – Síntese dos facilitadores à mudança instrucional

Categoria	Descrição	Fatores
Valorização institucional/ departamental da inovação	Refere-se ao incentivo e legitimação de práticas pedagógicas inovadoras pela instituição ou departamento, incluindo reconhecimento formal e expectativas culturais que valorizam a inovação no ensino.	- Reconhecimento pela adoção de práticas inovadoras; - Importância de práticas inovadoras para promoção e estabilidade.
Apoio percebido e recursos disponíveis	Envolve a percepção dos docentes de que possuem suporte social, pedagógico e material, além da existência de recursos que facilitam a implementação de mudanças instrucionais, como materiais de ensino e tecnologia.	- Disponibilidade de materiais didáticos e tecnológicos; - Suporte de professores experientes; - Receptividade estudantil.
Colaboração docente	Ações coletivas que promovem a troca de experiências, decisões conjuntas e redes de apoio entre professores, reduzindo o isolamento e facilitando a inovação pedagógica.	- Participação em comunidades de prática ou de aprendizagem ou de ensino; - Decisões compartilhadas sobre estratégias de ensino; - Suporte de colegas.
Formação, desenvolvimento profissional e conhecimento e experiências com inovações	Oportunidades formais e informais de aprendizado sobre estratégias de ensino inovadoras, desde a formação inicial até o desenvolvimento profissional, e as vivências prévias, como aluno ou professor com a estratégia, que tornam os professores mais receptivos à mudança.	- Cursos sobre práticas de ensino inovadoras; - Formação pedagógica na pós-graduação; - Experiências anteriores com inovações como aluno ou professor; - Conhecimento sobre eficácia de estratégias de ensino.
Crenças favoráveis e engajamento com pesquisa educacional	Relaciona-se às disposições pessoais dos docentes, como crenças positivas sobre inovação e engajamento com pesquisa educacional, que os motivam a buscar e implementar novas práticas de ensino.	- Insatisfação com práticas tradicionais; - Preferência por ensino interativo; - Bolsas para se aproximar da pesquisa educacional.

Fonte: elaborado pelos autores (2025).

4. CONCLUSÃO

A análise realizada neste trabalho buscou evidenciar que a mudança instrucional no ensino de Física é um fenômeno complexo, permeado por interações entre fatores institucionais, sociais e individuais. A distinção entre barreiras e facilitadores foi utilizada



para organizar a discussão, mas os resultados indicaram que esses elementos frequentemente coexistem e se sobrepõem, criando dinâmicas que podem tanto potencializar quanto inviabilizar as mudanças instrucionais.

Os resultados sugerem que, embora a remoção de barreiras seja importante, ela não é suficiente para garantir a implementação e a sustentabilidade de práticas baseadas em evidências. O apoio percebido pelo adotante (e.g., de natureza material, institucional, social e pedagógica) aparece como fator central, sendo capaz de compensar parcialmente a presença de barreiras e facilitar a experimentação. Essa constatação reforça a importância de que para promover mudanças instrucionais é necessário pensar em estratégias que abordem tanto os facilitadores quanto busquem superar as barreiras. Estas estratégias podem ser ações em diferentes níveis do sistema educacional. Por exemplo:

- **Revisar políticas institucionais:** Incentivar a mudança instrucional a partir do reconhecimento de práticas inovadoras e da valorização da prática didática do professor em sala de aula nas avaliações de desempenho docente.
- **Oferecer formação continuada:** Oferecer suporte pedagógico e oportunidades de desenvolvimento profissional como cursos de formação continuada ou pós-graduações na área educacional para os docentes, alinhado às suas necessidades, bem como integrar disciplinas pedagógicas na formação docente.
- **Engajar os estudantes:** Preparar os alunos para o uso de estratégias de aprendizagem ativa, ajustando suas expectativas e enfatizando os benefícios associados às novas práticas.
- **Flexibilizar o currículo:** Permitir a mudança dos currículos, possibilitando mudanças de conteúdos, métodos de avaliação e estratégias para alinhar os resultados esperados com as novas abordagens de ensino e aprendizagem.

- **Oferecer recursos e suporte:** Disponibilizar materiais didáticos e tecnológicos e proporcionar apoio de especialistas ou de colegas experientes com a inovação didática para sua implementação.
- **Fomentar colaboração docente:** Estimular a criação de espaços para troca de experiências e decisões compartilhadas na instituição, podendo estabelecer comunidades de prática focadas em inovação pedagógica.

Do ponto de vista individual, as experiências prévias com metodologias ativas, a formação pedagógica contínua e as crenças favoráveis às estratégias de ensino baseadas em pesquisa destacam-se como alavancas para a mudança. Ao mesmo tempo, a resistência estudantil e o distanciamento entre pesquisadores em educação e docentes demandam estratégias para aproximação e colaboração, visando alcançar seus objetivos educacionais comuns. Nesse sentido, programas de desenvolvimento profissional de longo prazo e comunidades de prática podem não apenas disseminar estratégias inovadoras, mas também construir uma cultura de confiança e abertura à experimentação.

Em suma, os resultados desta revisão exploratória indicam que a adoção de inovações didáticas no ensino de Física não é resultado de uma decisão isolada do professor, mas de um ambiente permeado de fatores interdependentes. Fortalecer esse ambiente implica reconhecer a complexidade da mudança instrucional, valorizar o papel do docente como educador e investir de forma contínua na criação de ambientes institucionais que legitimem e apoiem a inovação. Tal perspectiva é fundamental para que o ensino de Física/Ciências avance em direção a práticas mais participativas e eficazes para a aprendizagem dos estudantes.

AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado e o terceiro autor agradece a bolsa de produtividade do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

- BATHGATE, M. E. *et al.* Perceived supports and evidence-based teaching in college STEM. **International Journal of STEM Education**, v. 6, n. 11, 2019.
- BENABENTOS, R. *et al.* Measuring the implementation of student-centered teaching strategies in lower- and upper-division STEM courses. **Journal of Geoscience Education**, v. 69, n. 4, p. 342-356, 2021.
- BORDA, E. *et al.* Initial implementation of active learning strategies in large, lecture STEM courses: lessons learned from a multi-institutional, interdisciplinary STEM faculty development program. **International Journal of STEM Education**, v. 7, n. 4, 2020.
- FREEMAN, S.; EDDY, S. L.; McDONOUGH, M.; WENDEROTH, M. P. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 23, p. 8410-8415, 2014.
- HENDERSON, C. Easier Said Than Done: A Case Study of Instructional Change Under the Best of Circumstances. 2003 PHYSICS EDUCATION RESEARCH CONFERENCE: 2003 PHYSICS EDUCATION CONFERENCE. **AIP Conference Proceedings**. Madison: AIP, 2004.
- HENDERSON, C. The challenges of instructional change under the best of circumstances: A case study of one college physics instructor. **American Journal of Physics**, v. 73, n. 8, p. 778-786, 2005.
- HENDERSON, C. Promoting instructional change in new faculty: An evaluation of the physics and astronomy new faculty workshop. **American Journal of Physics**, v. 76, n. 2, p. 179-187, 2008.

HENDERSON, C.; BEACH, A.; FAMIANO, M. Promoting instructional change via co-teaching. *American Journal of Physics*, v. 77, n. 3, p. 274–283, 2009.

HENDERSON, C.; BEACH, A. L.; FINKELSTEIN, N. Facilitating change in undergraduate STEM instructional practices: An analytic review of the literature. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 48, n. 8, p. 952–984, 2011.

HENDERSON, C.; DANCY, M. H. Barriers to the use of research-based instructional strategies: The influence of both individual and situational characteristics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, v. 3, n. 2, 2007.

HENDERSON, C.; DANCY, M. H. Physics faculty and educational researchers: Divergent expectations as barriers to the diffusion of innovations. *American Journal of Physics*, v. 76, n. 1, p. 79–91, 2008.

HENDERSON, C.; DANCY, M.; NIEWIADOMSKA-BUGAJ, M. Use of research-based instructional strategies in introductory physics: Where do faculty leave the innovation-decision process? *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, v. 8, n. 2, 2012.

LIMA, N. W.; HEIDEMANN, L. A. Diferentes níveis de hipóteses científicas: uma proposta para discutir fatores epistêmicos e sociais das Ciências na formação de professores de Física a partir de fontes históricas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 45, 2023.

LUND, T. J.; STAINS, M. The importance of context: an exploration of factors influencing the adoption of student-centered teaching among chemistry, biology, and physics faculty. *International Journal of STEM Education*, v. 2, n. 13, 2015.

MAZUR, E. **Peer Instruction:** a revolução da aprendizagem ativa. 1. ed. Porto Alegre: Penso, 2015.

MCCONNELL, M.; MONTPLAISIR, L.; OFFERDAHL, E. G. A model of peer effects on instructor innovation adoption. *International Journal of STEM Education*, v. 7, n. 53, 2020.

MICHAEL, J. Faculty Perceptions about Barriers to Active Learning. *College Teaching*, v. 55, n. 2, p. 42–47, 2007.

PETTER, A. A. **Inovação didática no Ensino de Física:** um estudo sobre a adoção do método Peer Instruction pelos alunos de Mestrados Profissionais em Ensino no Brasil. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

PETTER, A. A.; SOUZA, D. G.; OLIVEIRA, T. E.; ARAUJO, I. S. Um panorama das variáveis envolvidas na mudança instrucional no ensino de Física. *In: XX ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA. Anais do XX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física.* Recife, 2024.

PETTER, A. A.; SOUZA, D. G.; OLIVEIRA, T. E.; ARAUJO, I. S. Inovação em Educação: uma análise sistemática de revisões de literatura. *Revista Brasileira de Educação*, Rio de Janeiro, v. 30, 2025.

ROGERS, E. M. *Diffusion of Innovations*. 5^a ed. New York: Free Press, 2003.

SHADLE, S. E.; MARKER, A.; EARL, B. Faculty drivers and barriers: laying the groundwork for undergraduate STEM education reform in academic departments. *International Journal of STEM Education*, v. 4, n. 8, 2017.

STURTEVANT, H.; WHEELER, L. The STEM Faculty Instructional Barriers and Identity Survey (FIBIS): development and exploratory results. *International Journal of STEM Education*, v. 6, n. 35, 2019.

TAVARES, F. G. O. O conceito de inovação em educação: uma revisão necessária. *Educação (UFSM)*, Santa Maria, v. 44, 2019.

TURPEN, C.; DANCY, M.; HENDERSON, C. Perceived affordances and constraints regarding instructors' use of Peer Instruction: Implications for promoting instructional change. *Physical Review Physics Education Research*, v. 12, n. 1, 2016.

WALCZYK, J. J.; RAMSEY, L. L.; ZHA, P. Obstacles to instructional innovation according to college science and mathematics faculty. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 44, n. 1, p. 85–106, 2007.

YIK, B. J. *et al.* Association of malleable factors with adoption of research-based instructional strategies in introductory chemistry, mathematics, and physics. *Frontiers in Education*, v. 7, 2022a.

YIK, B. J. *et al.* Evaluating the impact of malleable factors on percent time lecturing in gateway chemistry, mathematics, and physics courses. *International Journal of STEM Education*, v. 9, n. 15, 2022b.

11

Matheus Barros
Alan Alves-Brito

O ENSINO E A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA:

AS FRONTEIRAS DA ASTRONOMIA
E DA FÍSICA NO SÉCULO 21

1. INTRODUÇÃO

A Astronomia e a Física ocupam lugares de destaque na história da ciência moderna e contemporânea (Kuhn, 2013; Oliveira Filho; Saraiva, 2015; Guerini; Costa; Custódio, 2022). Consideradas modelos para a definição hegemônica de ciência e de metodologia científica¹, bem como das práticas de divulgação em ciências, dados recentes atestam que a Astronomia e a Física estão entre as áreas de pesquisa mais consolidadas² no País, que têm nos ajudado a formular e responder a algumas das questões mais fundamentais acerca da formação, constituição e evolução do Universo (Oliveira Filho; Saraiva, 2015).

Apesar dos esforços realizados no século 20 e no início do presente século para fortalecer as distintas áreas de investigação no campo da Astronomia e da Física, por meio sobretudo da criação de programas robustos de pós-graduação (Maciel, 2014; Oliveira Filho, 2014), são poucos os programas de pesquisa no País voltados para os grandes temas de investigação nas áreas de ensino e divulgação das ciências físicas (Slovinski, 2022).

Se, por um lado, a Astronomia e a Física ocupam papel de destaque no currículo da educação básica — a Astronomia no ensino fundamental e a Física no ensino médio (Brasil, 2018) — questões de Astronomia e Física Moderna e Contemporânea (AFMC) são, por exemplo, vagamente discutidas na educação básica e/ou em espaços de divulgação científica (Barros; Alves-Brito; Martins, 2025). Além disso, as relações entre os museus de ciências, o ensino e a divulgação são também pobramente abordadas nas ciências físicas

1 Não compartilhamos com a ideia de que há somente uma forma de fazer ciência. Há múltiplas metodologias.

2 Ver, por exemplo, o relatório da Clarivate Analytics# para a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/17012018-capes-incitesreport-final-pdf/view>. Acesso em: 14 Ago 2025.



(Alves-Brito; Nunes, 2024) e, por fim, somente nos últimos anos, a partir de contribuições fundamentais do nosso grupo de pesquisa (Alves-Brito *et al.*, 2023; mas ver também outros livros e artigos disponíveis na literatura, criados por nosso grupo e por colegas da educação em ciências), temos conseguido ampliar a discussão sobre as relações étnico-raciais no ensino e na divulgação da Astronomia e da Física.

Muito longe de haver consenso sobre a sua definição, os estudos da divulgação científica concentram uma variedade de linhas temáticas que se manifestam no uso de diferentes referenciais teóricos, nomenclaturas, bem como estudos de públicos, espaços e tendências (Alves-Brito; Macedo, 2022; Oliveira dos Santos; Barbosa Müller, 2022; Massarani *et al.*, 2024; Valério; Takata, 2025). Neste contexto, podemos destacar as aproximações com o Ensino de Física, diante de publicações que envolvem pesquisas sobre reflexões teóricas no campo, uso de textos, mídias, produção de materiais, além de atividades em espaços não escolares, como feiras, mostras, visitas aos museus, entre outros (Queirós; Souza, 2016; Almeida; Zonatello, 2020; Alves-Brito; Massoni; Guimarães, 2020; Barros; Martins, 2020; Lorenzetti; Damasio; Raicik, 2022; Labarca; Teixeira, 2021; Alves-Brito; Nunes, 2024; Watanabe, 2024; Barros; Alves-Brito; Martins, 2025).

Desse modo, a promoção do conhecimento científico na sociedade é atravessada por diversas questões educacionais, políticas, sociais, entre outras dimensões que fazem parte da vida humana, de modo geral, e dos processos educacionais e culturais que acontecem durante a formação básica, de modo específico (Alves-Brito; Massoni; Guimarães, 2020).

Considerando a história da divulgação científica e do Ensino de Física no Brasil, argumentamos que estes dois campos têm relações próximas, e se desenvolveram paralelamente à construção do conhecimento científico. Nesse sentido, tendo como base as pesquisas que temos realizado no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sintetizamos,



neste capítulo, algumas reflexões sobre (em nossas perspectivas) três grandes questões de fronteira para a Astronomia e a Física, no século 21, no âmbito de seus processos de ensino e divulgação científica. Refletimos sobre qual é o papel destas duas ciências básicas, simbólicas para a produção e a divulgação do conhecimento científico no Ocidente, para abranger as grandes questões sociais do Brasil no presente século. E, por fim, apontamos quais são as intersecções possíveis entre o ensino e a divulgação de ciências físicas para ampliar e aprofundar não apenas as concepções sobre ciência, mas sobretudo a ideia de democracia no País.

2. O ENSINO E A DIVULGAÇÃO DA ASTRONOMIA E DA FÍSICA NO SÉCULO 21

Não há dúvida de que as lutas e disputas em torno do desenvolvimento do plano de carreira docente, que se conecta à (des)valorização da carreira docente na sociedade brasileira, bem como a (re)estruturação física e epistemológica das escolas públicas e de seus projetos políticos pedagógicos, são dois fatores essenciais para pensarmos os desafios do ensino de Astronomia e de Física no século 21, sobretudo quando se leva em conta a altíssima evasão, bem como a baixa densidade na procura pelos cursos de Física/Astronomia no Brasil (Lima Jr; Ostermann; Rezende, 2012; Slovinscki, 2022). Para além desses dois grandes desafios, há questões intrínsecas de caráter teórico-metodológico, epistemológico e político que precisam ser aprofundadas no âmbito das pesquisas no campo.

No que tange a divulgação científica em Astronomia e Física, para além das questões críticas de linguagem envolvidas na comunicação entre os pesquisadores e as sociedades, vale também ressaltar



o pouco acesso das pessoas, de forma geral, ao universo material e simbólico dessas duas ciências fundamentais. Grande parte da população se declara entusiasta e/ou fascinada pela Astronomia, mas ainda reticente à Física, expressando sentimento de frustração, medo, pavor e raiva quando em contacto com essa ciência básica crucial para compreender as transformações científicas e tecnológicas que o mundo atravessa. Além disso, como parte dos desafios estruturais, professores da educação básica apresentam dificuldade material para, por exemplo, levar os estudantes a visitar museus, observatórios e planetários, quando estes existem em seus territórios de origem. Sem contar, obviamente, os sérios problemas enfrentados no País para garantir a formação inicial e continuada de professores e promotores da cultura científica (educação museal, por exemplo) no campo da Astronomia e da Física.

É recorrente que, quando se trata da formação de professores de Física, pode ser comum imaginar um currículo lotado de fórmulas, leis e experimentos clássicos, assim como noções epistemológicas (inclusive das práticas pedagógicas) que considerem o espaço de aprendizagem como constituídos de detentores do saber, de um lado, e seres que precisam receber a informação, de outro. Essa visão contrasta o perfil de educação/ensino do século 21 que, por vezes, insiste em seguir o modelo adotado no século 19. Contudo, considerando a atual estruturação da sociedade, assim como sua complexidade de espaços, agentes e relações, é preciso incorporar na formação docente as atividades que podem, ou não, fazer parte da tomada de decisões de uma sociedade onde o professor atua.

Nesse sentido, quando pensamos nas possibilidades de atuação do docente de Física, a divulgação das ciências pode se tornar uma forte aliada, uma vez que podemos entender a Física como parte da cultura e do social. Não é apenas sobre "ensinar", mas sobre criar pontes entre a sociedade, os diversos espaços e outros grupos sociais que a tangenciam. Desse modo, é preciso considerar a pluralidade e a subjetividade dos públicos, já que estes vêm carregados de



vivências, histórias e perspectivas de mundo que podem se conectar, ou não, com os conteúdos, as práticas e as vivências científicas.

Mas, então, o que realmente acontece quando o professor precisa explicar Física para alguém dentro e fora das salas de aula — no corredor de um museu, num podcast ou mesmo numa conversa de ônibus?

Com as novas demandas e temas que surgem na sociedade contemporânea, uma nova epistemologia para promoção de determinada área da ciência (como a Física) carece de estratégias e estruturação. É necessário que considerem a realidade, a fim de fugir da acriticidade e da ideia de tempo estático, fugindo de noções de mundo que não considerem a ideia de ciência como construção social (Alves-Brito; Massoni; Guimarães, 2020).

Nos museus de ciências, nas mostras, feiras, nos clubes de ciência, em encontros que vão desde o espaço universitário até praças e escolas, surge a necessidade de transformar termos técnicos em histórias que despertem brilho nos olhos de públicos de diversas faixas etárias. Esse tipo de habilidade não aparece sozinha: precisa ser cultivada na formação docente (Barros; Martins, 2020), como parte central do trabalho do professor que vai dialogar com diferentes públicos e realidades.

Um professor de Física que ignora o cenário das políticas educacionais, científicas e de divulgação vive um risco constante: trabalhar isolado, acreditando que suas ações existem num vácuo, quando na verdade estão atravessadas por diretrizes, metas e interesses maiores. Neste contexto, conhecer e se alinhar a essas políticas não significa concordar acriticamente com todas elas, mas entender o campo em que se está jogando.

No ensino de Física, isso começa pelo reconhecimento de que os currículos nacionais — como a Base Nacional Curricular Comum, BNCC (Brasil, 2018), e os currículos estaduais específicos —



moldam expectativas e parâmetros de aprendizagem, influenciando o que chega à sala de aula e até o que os alunos construirão como concepções de vida. No entanto, o alinhamento não é submissão: é encontrar brechas para incluir debates críticos, temas da Astronomia e da física moderna e contemporânea e, principalmente, estratégias de ensino que dialoguem com a realidade local.

Quando se fala em políticas de desenvolvimento científico e tecnológico, o professor pode encontrar aí tanto inspiração quanto justificativa para integrar a Astronomia e a Física aos desafios reais do país — energia limpa, tecnologias digitais, exploração espacial, sustentabilidade, questões sociocientíficas atreladas aos distintos marcadores sociais da diferença etc. Essas políticas apontam prioridades de pesquisa e investimento, e podem servir de gancho para que o professor mostre aos estudantes que a Astronomia e a Física não estão apenas nos livros, mas também no planejamento estratégico de estados-nações.

Já nas políticas públicas de divulgação científica, o cenário é igualmente relevante. Muitas vezes, programas de fomento, editais e iniciativas culturais definem o que será viável em termos de ações educativas em museus, centros de ciência e escolas. Desse modo, estar por dentro desses movimentos permite que o professor aproveite oportunidades — como parcerias institucionais, formação continuada, produção de materiais — e se posicione como parte de uma rede maior de comunicação da ciência. Da mesma forma, educadores museais se beneficiam de distintos documentos e resoluções referentes à formação docente.

Tomando como exemplo, podemos citar uma experiência em um museu de ciências, no cenário em que é possível articular uma atividade de física moderna com um edital de popularização da ciência. Outros exemplos serão dados mais adiante nesse texto. Por ora, vale salientar que uma proposta desse tipo só é possível quando se conhece as diretrizes do programa e se sabe moldar a



ação para dialogar com seus objetivos. Isso não reduz a autonomia pedagógica, ao contrário, amplia o alcance e o impacto das atividades propostas. A aproximação com essas políticas é, portanto, um movimento estratégico e crítico: o professor não é mero executor de orientações “de cima para baixo”, mas um agente que interpreta, adapta e, quando necessário, tensiona essas diretrizes para que elas sirvam à formação científica, cultural e cidadã de estudantes e de outras pessoas em interação.

2.1. ASTRONOMIA E FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA (AFMC)

A história da Astronomia e da Física, nos últimos séculos, pode ser abordada, em linhas gerais, a partir de três grandes cenários: (i) astronomia e física clássicas, situadas no contexto da revolução copernicana (Kuhn, 2013); (ii) astronomia e física modernas, marcando os estudos teóricos, experimentais e observacionais na área, na virada do século 19 e início do século 20 que favorecem, sobretudo, o nascimento da astrofísica e de outros campos da Física (Oliveira Filho; Saraiva, 2015); (iii) a astronomia e a física contemporâneas, em voga desde os grandes eventos científicos e históricos do século 20 como, por exemplo, a detonação da bomba atômica, até os nossos dias (Oliveira Filho; Saraiva, 2015).

Em geral, os livros-texto de Astronomia e Física, em todos os níveis, quando se trata de abordar as questões de AFMC, colocam ênfase em temas como (i) primeira luz e primeiras estrelas do Universo (época da reionização); (ii) conexões gás-poeira e estrelas-planetas; (iii) física fundamental e estrutura da matéria; (iv) relatividade especial e geral e teoria quântica; (v) e o problema da matéria e da energia escuras. Há também, na literatura, uma vasta discussão sobre as razões e os problemas inerentes ao ensino e à divulgação de temas voltados à AFMC (Perez; Senent; Solbes, 1985; Ostermann;

Moreira, 2000; Barros; Alves-Brito; Martins, 2025; e referências lá citadas), os quais devem ser atualizados e contextualizados, principalmente no campo da divulgação científica.

Temos argumentado que, para além das complexidades teóricas, observacionais e experimentais que os temas de AFMC trazem para o ensino e a divulgação científica, eles se constituem como lugares fundamentais de articulação do pensamento e da ampliação das perspectivas epistemológicas e estratégias didático-pedagógicas que podem ser elaboradas em escolas e museus em vista a ampliar o debate público sobre a importância do conhecimento científico e como este pode ampliar as leituras de mundo de discentes, docentes, promotores da cultura científica e de todas as pessoas interessadas em ciência.

É, por exemplo, perturbador imaginar que estudantes saem da educação básica sem ter e/ou discutir uma perspectiva mais ampla de Universo para além do Sistema Sol-Terra-Lua (quando muito). É mais desafiador ainda imaginar que essa realidade também se aplica aos estudantes egressos dos cursos de licenciatura do País com foco em algumas das ciências básicas marcadamente presentes na BNCC (Física, Química, Biologia entre outras) e/ou em outros referentes curriculares adotados em escolas. Além disso, são poucos os espaços de divulgação científica em que as grandes questões que envolvem o campo da AFMC são articuladas a partir de múltiplas linguagens (literatura, música, teatro e dança).

Nos últimos anos, por exemplo, temos experimentado, em Astronomia, o que podemos denominar de Ecos da Revolução Copernicana (Francisco; Barros; Alves-Brito, 2025) e temos sido impactados pelos achados surpreendentes de expressivas empreitadas espaciais como as missões Gaia³ e James Webb⁴, que ao mesmo

3 Disponível em: https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Gaia. Acesso em: 16 ago. 2025.

4 Disponível em: <https://webh telescope.org/home>. Acesso em: 16 ago. 2025.



tempo que ampliam as possibilidades de articulação e discussão do conhecimento científico com foco em AFMC em sala de aula e nos espaços não formais de educação e interação cultural, nos colocam desafios epistemológicos e estéticos para tratar dos distintos assuntos que os atravessam. Entre essas fronteiras do pensamento em Astronomia e Física no presente século está, certamente, a possibilidade de encontrarmos uma Terra 2.0 e detectarmos a assinatura precisa de vida, como nós a conhecemos no nosso planeta, fora do Sistema Solar.

Vale destacar que tudo isso acontece concomitantemente, em nossas escalas antropológicas, enquanto ampliamos a discussão sobre os efeitos que certos humanos têm produzido sobre a geo-história da Terra (Pádua; Saramago, 2023). E, para além disso, quando grupos, movimentos sociais e corpos-territórios têm feito deslocamentos para questionar as formas com as quais as ciências modernas e contemporâneas têm lidado com a noção de democracia.

Temos, no nosso grupo de pesquisa na UFRGS, construído as bases históricas, teórico-metodológicas, epistemológicas e políticas para não apenas ressaltar a importância da AFMC para a formação de docentes, discentes e promotores culturais, mas, sobretudo, para questionar as desigualdades sociais que, inclusive, impedem que certos corpos (negros, indígenas, quilombolas, pessoas empobrecidas, entre outros) usufruam desses conhecimentos (ver, por exemplo, Vieira; Massoni; Alves-Brito, 2025; Alves-Brito; Slovinski, 2025; Barros; Alves-Brito; Martins, 2025) e/ou que a própria área de AFMC usufrua dos conhecimentos e saberes que são acionados por esses corpos-territórios-pensamentos alijados dos espaços de produção legitimado de conhecimento.

2.2 O PAPEL DOS MUSEUS DE ASTRONOMIA E DE FÍSICA

Os museus, de maneira geral, têm sido tensionados para a criação de narrativas decoloniais⁵ sobre as suas coleções e estruturações metodológicas e epistemológicas e sobre as representações de corpos que foram historicamente excluídos das ciências (Vergès, 2023).

Os museus de Astronomia e de Física, em particular, assim como outros espaços de divulgação e educação científica, apesar de desempenharem um papel multifacetado e crucial na sociedade contemporânea, especialmente em um cenário de pós-verdade⁶ e desigualdade social (Alves-Brito; Massoni; Guimarães, 2020; Watanabe, 2024), reproduzem modelos de subalternização e dominação neocolonial (Alves-Brito; Nunes, 2024).

Nesse sentido, o papel desses museus (e espaços) pode ser compreendido em diversos eixos, como por exemplo: espaços de poder e cultura científica; democratização e acessibilidade do conhecimento; fomento ao pensamento crítico e engajamento; contextualização e humanização da ciência; e papel na circulação e legitimação do conhecimento, sem perder de vista, em momento algum, o diálogo profundo com povos e comunidades que foram deixados à margem do abismo neocolonial.

Queirós e Souza (2016) apontam que os museus podem funcionar como “educação não formal”, complementando o ensino formal e possibilitando a visualização e concretização de conceitos abordados nos currículos tradicionais. No entanto, consideramos que esses locais podem ser considerados “espaços científicos de poder”,

5 No contexto de ideias que questionam e enfrentam as estruturas neocoloniais de dominação do ser, saber e poder, no âmbito político, ético e epistemológico.

6 Os processos de epistemocídio estão também conectados ao conceito de pós-verdade quando usado para justificar a exclusão do pensamento de pessoas que foram retiradas dos sistemas de criação, produção e divulgação de conhecimentos científicos.



em que discussões sobre questões sociocientíficas contemporâneas podem e devem ocorrer (Alves-Brito; Massoni; Guimarães, 2020; Alves-Brito; Nunes, 2024). Argumentamos que quando tal função é atingida, os museus podem contribuir para a construção de uma plataforma de ensino, aprendizagem e experimentação da cultura científica, visando alcançar a população marginalizada, que vive à margem dos bens materiais e simbólicos do conhecimento científico (Alves-Brito; Massoni; Guimarães, 2020; Alves-Brito; Nunes, 2024).

Desse modo, entendemos que os museus desempenham um papel importante na democratização do conhecimento e na promoção da cultura científica para estudantes e o público em geral (Labarca; Teixeira, 2021; Santos; Souza, 2022; Fiorese; Silva, 2022; Alves-Brito; Nunes, 2024), uma vez que auxiliam na aproximação entre universidade e sociedade, trazendo estudantes da educação básica, famílias, grupos de jovens, entre outros, para o espaço de produção do conhecimento científico e descaracterizando um perfil elitizado da ciência. É fundamental que o museu chegue aos espaços periféricos, a fim de promover diálogos e fomentar o combate à desigualdade científico-tecnológica (Watanabe, 2024). Além disso, a partir dos museus é possível a promoção de discussões e reflexões sobre a História e filosofia da ciência, o que pode dinamizar atividades em espaços escolares e não escolares, contextualizar as dinâmicas de articulação do pensamento científico e desmistificar a visão de que há um método científico único e infalível. Isso é crucial para áreas como a AFMC, que muitas vezes são pouco abordadas no ensino formal (Lorenzetti; Damasio; Raicik, 2022).

Ao colaborarem com a desconstrução do imaginário social de uma ciência feita por cientistas geniais e uma elite privilegiada, os museus permitem que as pessoas formulem contra-argumentos que viabilizam o debate científico e cultural de qualidade na sociedade, apresentando as complexidades e desafios da ciência (Alves-Brito; Massoni; Guimarães, 2020; Lorenzetti; Damasio; Raicik, 2022; Watanabe, 2024). Assim, quando os museus se estabelecem como



espaços de diálogo e pertencimento, contribuem para o desenvolvimento de pessoas críticas, capazes de atuar no ambiente em que vivem ao relacionar a ciência apresentada, seja nas escolas, nas mídias, entre outros, com o cotidiano dos seus visitantes, tratando assuntos científicos frequentemente presentes na vivência das pessoas (Lorenzetti; Damasio; Raicik, 2022). É necessário que os museus permitam com que as pessoas compreendam a ciência como um empreendimento humano, falível, inacabado e não neutro, mostrando suas relações dialéticas com a sociedade e a cultura (Alves-Brito; Massoni; Guimarães, 2020; Lorenzetti; Damasio; Raicik, 2022), desmascarando as narrativas neocoloniais (Alves-Brito; Nunes, 2024).

Ademais, os museus que tratam de temas de Astronomia e Física não podem se caracterizar apenas como repositórios de objetos ou informações, mas é necessário que se tornem centros dinâmicos de mediação, engajamento e reflexão crítica sobre a ciência, contribuindo ativamente para a formação cidadã e para a superação de desigualdades ao democratizar o acesso ao conhecimento científico. É necessário que componham um movimento bidirecional entre a ciência e o público, onde a compreensão e aceitação do saber pelo público podem ter um efeito epistemológico retroativo sobre o círculo de especialistas, legitimando e validando o conhecimento científico (Fioresi; Silva, 2022) e, para além disso, contribuam para trazer outras narrativas e perspectivas sobre o céu, sobre suas relações com a terra, humanos, não humanos e extra-humanos (Alves-Brito, 2024; Alves-Brito; Nunes, 2024; Alves-Brito, 2025).

Temos refletido sobre o papel dos museus no contexto das ciências físicas e, particularmente, do ensino e da divulgação da Astronomia e da Física, nas suas interfaces entre a formação inicial e continuada de docentes e educadores museais. Um dos trabalhos do grupo, em particular, foca os seus esforços para entender essas relações no contexto do Museu dos Laboratórios de Ensino de Física do Instituto de Física da UFRGS⁷.

2.3 EDUCAÇÃO PARA AS RELAÇÕES ÉTNICO-RACIAIS E O ENSINO E A DIVULGAÇÃO DA ASTRONOMIA E DA FÍSICA

Outra questão de pesquisa, no âmbito do ensino e da divulgação científica em Astronomia e Física para o século 21, que o nosso grupo tem desenvolvido ao longo dos anos, é focada no projeto de Educação para as Relações Étnico-Raciais (ERER), amparado em perspectivas negras africanas, afro-brasileiras e indígenas (amefri-caninas)⁸ (Alves-Brito *et al.*, 2023; Alves-Brito; Nunes, 2024; Oliveira, 2024). Tratar a ERER no ensino e na divulgação científica seja, talvez, um dos maiores desafios do nosso século. Por um lado, há o desejo genuíno de mudança epistemológica; por outro, há apropriação cultural e/ou mesmo a reincidência de práticas neocoloniais por parte de sistemas de opressão que mudam as regras do jogo para seguir mantendo os seus privilégios.

Nos nossos trabalhos, temos argumentado que a ERER, no contexto do ensino e da divulgação científica, não é apenas sobre como abordar conteúdos de Astronomia e Física que devem ser ensinados/vividos em espaços formais e não formais, mas principalmente sobre como a construção de outras formas de contar e historicizar a ciência, levando em conta saberes e fazeres ancestrais negros e indígenas, acontecem. No âmbito da ERER, a grande maioria das pessoas que protagonizam as ciências físicas tem se colocado (ainda) em um lugar de neutralidade e apatia, baseando-se no discurso da universalidade e da objetividade científica, desprezando a história colonial brasileira, enraizada no racismo.

No que tange a ERER e o ensino de ciências (físicas), um dos estudantes do grupo de pesquisa investiga como a rede municipal de Porto Alegre implementa o art. 26A da Lei de Diretrizes e Bases

⁸ Conforme sistematizado na tese de um de nós (AAB), *Cosmologias e cosmopolíticas afropindorâmicas: relações céu-terra para a educação antirracista das ciências na América*, a ser defendida em outubro de 2025 na Faculdade de Educação da UFRGS.



(LDB) da Educação Nacional, o qual prevê a inclusão, em todos os níveis da educação brasileira, de conteúdos da história e da cultura africana, afro-brasileira e indígena e dos fundamentos éticos e políticos da ERER. O trabalho de pesquisa está focado em desvendar como os recém-criados Espaço Educativo Afro-Brasileiro e Indígena (EEABI) de escolas públicas da rede municipal de ensino de Porto Alegre têm articulado a ERER do ponto de vista das ciências (físicas). Os resultados parciais são (des)animadores. Apesar dos avanços na implementação do art. 26A, a partir de distintas áreas do conhecimento, há ainda dificuldades/barreiras para que esta aconteça, no chão das escolas, no contexto das ciências (físicas). Faltam estudos detalhados sobre a situação dos museus no que tange o alinhamento de suas práticas com a ERER, mas numa análise recente realizada por um de nós (AAB), para os museus de ciências da América Latina e do Caribe (18 países), o cenário é tampouco promissor.

Como parte dos processos de enfrentamento desse cenário, o nosso grupo, articulando ensino, pesquisa, extensão e divulgação científica, criou uma exposição de ciência e arte sobre cosmologias e cosmopolíticas afropindorâmicas⁹ (Alves-Brito, 2025), bem como um filme animado de curta-metragem, Jeguatá-Xirê¹⁰, que trazem, em diálogo com a AFMC, outras cosmologias (filosofias) e formas de interagir com as ciências físicas por meio de múltiplas linguagens. A exposição, de longa duração, encontra-se no momento no Planetário do Rio de Janeiro e, uma versão itinerante desta, na Universidade Federal do Pará. O filme Jeguatá-Xirê foi finalista em 15 festivais, incluindo o Festival de Cinema de Gramado 2025, em que saiu premiado com um Kikito, o prêmio mais importante de cinema no País.

A exposição e o filme, com o livro associado (Alves-Brito, 2025), são exemplos concretos de como, no contexto da ERER, as

⁹ A partir das ideias de Nêgo Bispo (1959-2023), um dos grandes pensadores do Brasil, quilombola do Piauí, esse termo dá conta das histórias e culturas de povos africanos, afro-brasileiros e indígenas.

¹⁰ Disponível em: <https://youtu.be/0l62likxBBs>. Acesso em: 16 ago. 2025.



interações entre o ensino e a divulgação científica da AFMC podem potencializar as fronteiras do conhecimento no século 21. Por séculos, a ciência ocidental tem se desenvolvido a partir de uma compartmentalização do mundo e da vida das pessoas, amparada por discursos excludentes de epistemes (e vidas) que não se enquadram na narrativa da própria definição de modernidade, ou seja, baseada na hierarquização de pessoas e de seus pensamentos. A ERER, ao problematizar as relações sociais, politiza a discussão e devolve a cientistas, docentes, educadores e divulgadores responsabilidades éticas e políticas nunca antes problematizadas sobre as geografias de suas realidades sociais. Não há espaço, na ERER, para a criação de projetos de ensino e de divulgação sem a participação efetiva de pessoas que não estão ainda presentes, como gostaríamos, no campo das ciências físicas.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino e a divulgação da AFMC, em sinergia com as fronteiras do conhecimento e das grandes questões sociais do século 21, trazem implicações naturais, históricas, ontoepistemológicas e tecnológicas que devem estar conectadas à vida das pessoas e com as relações do dia a dia, nos ajudando a construir outras sinapses e ideias acerca da própria ciência, dos imaginários e das relações físicas e humanas com os ecossistemas de saberes. Nesse processo profundo de reflexão e de elaboração de nossas práticas didático-pedagógicas e de interação museal, para além das complexidades inerentes ao campo, do ponto de vista teórico, experimental e observacional, é preciso despertar as sensibilidades e a imaginação que nos permitem criar outras possibilidades de coexistência. Se a Astronomia e a Física nos ajudaram, historicamente, a construir uma perspectiva de ciência que tem, na razão, sua forma sublime

de ser e estar no mundo, as relações entre as pessoas das ciências — pesquisadores, divulgadores e educadores — e as instituições — universidades, escolas e museus — devem ser baseadas nos princípios de compartilhamento de um pensar-sentir que deve ser libertador e, para isso, antirracista (na intersecção com distintos marcadores sociais).

A AFMC desenvolve papel crucial para ajudar a construir outras narrativas sobre a produção e a divulgação do conhecimento científico no Ocidente, abarcando as grandes questões sociais do Brasil profundo no presente século. Ainda que o ensino e a divulgação científica tenham suas metodologias e referências teóricas próprias, as intersecções entre esses dois campos de conhecimento precisam ser aprofundadas para que possamos não apenas ampliar as concepções sobre ciência, mas, sobretudo, fomentar a ideia mais enraizada de democracia no País por meio do compartilhamento de saberes e fazeres entre mundos que podem coexistir, mas que foram apartados como parte de lógicas de morte alicerçadas no âmago do projeto colonial. Trata-se, assim, de, no limite, fomentar processos educativos libertadores, antenados com as questões que, no século 21, nos fazem reviver memórias e práticas do século 15.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a agências públicas e privadas, nacionais e internacionais, como a CAPES, o CNPq, a FNDCT e a União Astronômica Internacional.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Maria José P. M. de; ZANOTELLO, Marcelo. Representações de licenciandos em física sobre a divulgação científica como recurso pedagógico no Ensino Médio. **Ensino & Multidisciplinaridade**, v. 6, n. 1, p. 17-29, 14 Mar 2020.
- ALVES-BRITO, Alan. A resiliência de corpos celestes museológicos: os céus como patrimônios históricos, culturais e naturais da humanidade. **Revista Da Associação Brasileira De Pesquisadores/as Negros/As (ABPN)**, v. 18, n. 46, 2024.
- ALVES-BRITO, Alan. **Cosmologias e cosmopolíticas afropindorâmicas**. Porto Alegre: Marcavisual, 2025.
- ALVES-BRITO, Alan; MACEDO, José Rivair. A história da ciência e a educação científica pelas perspectivas ameríndia e amefricana. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 15, n. 2, p. 400-417, 2022.
- ALVES-BRITO, Alan; MASSONI, Neusa T.; GUIMARAES, Ricardo R. 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**, v. 37, p. 1598-1627, 2020.
- ALVES-BRITO, Alan; NUNES, Cícera. Museu colonial x Antimuseu: uma abordagem sobre relações étnico-raciais a partir do Museu de Ciências do Observatório Astronômico da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 41, n. 3, p. 687-714, 2024.
- ALVES-BRITO, Alan; OLIVEIRA, Anderson; SLOVINSCKI, Luciano; ALHO, Kaleb. Encontro de saberes: novas interfaces de pesquisa em Ensino, Educação e Divulgação de Ciências Físicas. In: OSTERMANN, Fernanda; ARAUJO, Ives Solano; NASCIMENTO, Matheus Monteiro (Orgs.). **Cadernos de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFRGS**. São Paulo: Pimenta Cultural, 2023.
- ALVES-BRITO, Alan; SLOVINSCKI, Luciano. Produção de elementos químicos no universo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 47, 2025.
- BARROS, Matheus; ALVES-BRITO, Alan; MARTINS, Silvia. A mecânica quântica para não especialistas. **Revista Ciência e Cultura**, v. 77, n. 2, 2025.

BARROS, Matheus; MARTINS, Silvia. Artefatos digitais para o Museu DICA: contribuições para a formação de professores de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, p. 283-314, 2020.

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

FIORESI, Claudia Almeida; SILVA, Henrique César da. Ciência popular, divulgação científica e Educação em Ciências: elementos da circulação e textualização de conhecimentos científicos. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 28, p. e22049, 2022.

FRANCISCO, Andrey Campos; BARROS, Matheus; ALVES-BRITO, Alan. Ecos teórico-observacionais e epistemológicos da Revolução Copernicana: Um Olhar para os Exoplanetas a partir das Leis de Kepler e da Epistemologia de Kuhn. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 47, n. 1, 2025.

GUERINI, Silvete Coradi; COSTA, David Antonio da; CUSTÓDIO, José Francisco. História do ensino de física no Brasil: Período 1549 a 1930. **Revista da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**. Cuiabá, v. 10, n. 2, 2022.

KUHN, Thomas S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. 12^a ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.

LABARCA, Yeté Abunã Marques; TEIXEIRA, Ricardo Roberto Plaza. Divulgação científica, ensino de física e a ciência envolvida no estudo de satélites. **Revista Prática Docente**, v. 6, n. 2, 2021.

LIMA JR, Paulo; OSTERMANN, Fernanda; REZENDE, Flavia. Análise dos condicionantes sociais da evasão e retenção em cursos de graduação em Física à luz da sociologia de Bourdieu. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 1, p. 37-60, 2012.

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**. v. 4, n. 2, p. 294-307, 2022.

MACIEL, Walter Junqueira. Pós-Graduação em Astronomia - 40 anos de pós-graduação em astronomia no IAG/USP: uma história de sucesso. In: MATSUURA, Oscar T. (Org.). **História da astronomia no Brasil**. Volume II. Recife: Cepe, 2014.

MASSARANI, Luisa; ALVARO, Marcela; MAGALHÃES, Danilo; VALADARES, Penélope. Investigación en divulgación de la ciencia: Un estudio de los artículos científicos en América Latina. **Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad**. v. 19, n. 56, p. 33-57, 2024.

OLIVEIRA, Anderson Castro de. **Educação das relações étnico-raciais e o ensino de Física e de Astronomia no Brasil**: explorando novas perspectivas na formação docente. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2024.

OLIVEIRA DOS SANTOS, Lucas; BARBOSA MÜLLER, Karen. Caracterização do atual cenário da divulgação científica brasileira em mídias digitais a partir do levantamento dos perfis de divulgadores científicos. **Journal of Science Communication-América Latina**. v. 5, n. 2, p. A01, 2022.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza. Pós-Graduação em Astronomia - A multiplicação de centros de astronomia no país. In: MATSUURA, Oscar T. (Org.). **História da astronomia no Brasil**. Volume II. Recife: Cepe, 2014.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira. **Astronomia e Astrofísica**. São Paulo: Livraria da Física, 2a edição, 2015.

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**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 23-48, jan. 2000.

PÁDUA, José Augusto; SARAMAGO, Victoria. O Antropoceno na perspectiva da análise histórica: uma introdução. **Topoi (Rio J.)**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 54, p. 659-669, 2023.

PEREZ, D. G.; SENENT, F.; SOLBES, J. Análisis crítico de la introducción de la física moderna en la enseñanza media. **Revista de Enseñanza de la Física**, Rosario, v. 2, n. 1, p. 16-21, abr. 1985.

QUEIRÓS, Wellington Pereira de; SOUZA, Daniele Cristina de. Texto de divulgação científica sobre a utilização do parque de diversões no ensino de física: uma análise sobre a concepção de licenciado em física. **Tecné, Episteme y Didaxis: TED**, n. 40, p. 175-191, 2016.

SANTOS, Jonan de Oliveira; SOUZA, Divanizia Nascimento. Textos de divulgação científica no ensino de física: a opinião de professores da educação básica. **Scientia Plena**, v. 18, n. 8, 2022.

SLOVINSCKI, Luciano. **Um diagnóstico da pesquisa em ensino de astronomia no Brasil:** contribuições para a formação de professores da educação básica. Tese (Doutorado em Ensino de Física) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2022.

VALÉRIO, Marcelo; TAKATA, Roberto. Afinal, o que é divulgação científica? Explanação e proposição de uma definição plural. **Pro-Posições**, v. 36, p. e2025c0502BR, 2025.

VERGÈS, Françoise. **Decolonizar o museu:** programa de desordem absoluto. São Paulo: Ubu. 2023.

VIEIRA, Patrese Coelho; MASSONI, Neusa Teresinha; ALVES-BRITO, Alan. **Cecilia Payne:** uma estrela eclipsada na ciência. São Paulo: Livraria da Física, 2025.

WATANABE, Graciella. Desigualdade social, divulgação científica e ensino de física: caminhos para reflexão. **Revista Ensino em Debate**, v. 3, 2024.

12

*Fellype Souza de Oliveira
Dioni Paulo Pastorio*

A COINTELIGÊNCIA NA PRÁTICA DOCENTE:

COLABORAÇÃO HUMANO-IA
E O FOMENTO À CURIOSIDADE
EPISTÊMICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

1. INTRODUÇÃO

A educação contemporânea enfrenta o desafio de preparar os estudantes para um mundo em constante transformação, em que a informação é abundante e a capacidade de questionar, investigar e aprender continuamente se torna fundamental (Costa; Santos, 2025). Nesse cenário, a Curiosidade Epistêmica (CE) emerge como um pilar essencial para a formação de indivíduos críticos e engajados, pois incentiva a investigação, exploração e o questionamento, sempre atrelados a um querer saber (Kang; Kim, 2024; Kidd; Hayden, 2015).

Contradicoratoriamente, as estruturas educacionais formais, com sua ênfase em currículos padronizados, avaliações somativas e a busca por respostas corretas, frequentemente atuam como inibidoras dessa curiosidade. Em muitos contextos escolares, a exploração livre é substituída pela conformidade, e o querer saber é ofuscado pela necessidade de saber a resposta "correta" (Engel, 2015).

No campo do Ensino de Ciências, a CE é ainda mais importante, pois impulsiona a exploração de fenômenos, a formulação de hipóteses e a construção de explicações científicas. Contudo, tradicionalmente, o Ensino de Ciências tem se concentrado na transmissão de fatos e conceitos, muitas vezes negligenciando o processo investigativo que caracteriza a própria ciência, e estimulando uma cultura de memorização de fórmulas para reprodução em exames (Moreira, 2021).

Desse modo, a ascensão da Inteligência Artificial Generativa (IAG) marca o início de uma nova era na educação, oferecendo novos caminhos para o fomento da CE de maneira que transcende a visão da tecnologia como uma mera ferramenta, para uma abordagem crítica e reflexiva de cointeligência (Hong, 2023; Kartal, 2024; MacDowell *et al.*, 2024). Este conceito, popularizado por Ethan Mollick, descreve uma nova forma de viver e trabalhar em que a IAG



não é substituta para a inteligência humana, mas colaboradora, com capacidades e limitações distintas que, quando combinadas, podem ampliar o seu potencial (Mollick, 2024).

Essa mudança de paradigma sugere uma reavaliação das práticas pedagógicas, especialmente no Ensino de Ciências, um campo intrinsecamente ligado à investigação, à descoberta e ao questionamento, que reconheça as IAG como aliadas no desenvolvimento das capacidades humanas (Sanders, 2025). Nessa perspectiva, a Teoria Crítica da Tecnologia (TCT) oferece um enquadramento teórico para compreender o potencial dessa tecnologia no fomento à CE no Ensino de Ciências.

Ao reconhecer que a tecnologia é carregada de valores e moldada por escolhas sociais, essa perspectiva convida a repensar a IAG não como um mecanismo neutro ou unicamente voltado ao controle, mas como uma ferramenta passível de ser apropriada democraticamente para ampliar a curiosidade e a autonomia (Feenberg, 2018). Por isso, neste trabalho procuramos responder à seguinte questão: como a integração crítica da cointeligência, ou colaboração humano-IA, pode fomentar o desenvolvimento da Curiosidade Epistêmica nas práticas de Ensino de Ciências?

Para abordar essa questão, este ensaio aborda a convergência desses dois fenômenos: a emergência da cointeligência e o desafio permanente de cultivar a Curiosidade Epistêmica no Ensino de Ciências. A tese central aqui defendida é que a integração crítica da cointeligência, informada pela TCT, pode sistematicamente fomentar a Curiosidade Epistêmica nas práticas de Ensino de Ciências. Argumentamos que isso ocorre ao deslocar a interação humano-IA de um modelo de *knowledge telling* (mera transmissão de fatos) para um de *knowledge transforming* (coconstrução de conhecimento) (Cress; Kimmerle, 2023). Neste último modelo, a IAG é utilizada estratégicamente para gerar incerteza produtiva, atuar como um parceiro dialógico e criar as condições para que os alunos se engajem em ciclos de investigação autênticos, transformando a sala de aula em um ecossistema de descoberta colaborativa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. A COINTELIGÊNCIA COMO PARADIGMA COLABORATIVO

A emergência de sistemas de inteligência artificial cada vez mais sofisticados tem redefinido as fronteiras da colaboração entre humanos e máquinas (Sanders, 2025). Nesse contexto, o conceito de cointeligência, conforme articulado por Ethan Mollick, surge como um paradigma promissor que transcende a mera automação ou o uso da IAG como uma ferramenta passiva. O autor argumenta que a cointeligência não se trata de substituir a inteligência humana pela artificial, mas sim de criar uma dinâmica entre elas em que as capacidades distintas de ambos os agentes se complementam e se amplificam mutuamente (Mollick, 2024).

A IAG, em sua forma atual, possui habilidades que superam as humanas em certas tarefas, como o processamento rápido de grandes volumes de dados, a identificação de padrões complexos e a geração de conteúdo em escala (Qin; Zhang, 2025). No entanto, a inteligência humana se distingue pela capacidade de pensamento crítico, criatividade, intuição, compreensão contextual e formulação de perguntas complexas (McGuire; Cremer; Cruys, 2024; Sanders, 2025). A cointeligência, portanto, propõe um modelo de colaboração em que a IAG atua como uma “parceira de pensamento”, auxiliando os humanos a explorar novas ideias e refinar soluções. Essa parceria não é unidirecional; a interação com a IAG pode, por sua vez, aprimorar as habilidades humanas incentivando a formulação de *prompts* mais precisos, a avaliação crítica das saídas da IAG e o desenvolvimento de novas abordagens para a resolução de problemas (Mollick, 2024).

Um aspecto fundamental da cointeligência é a ideia de que a colaboração humano-IAG pode levar a um desempenho que excede o que qualquer um dos parceiros poderia alcançar isoladamente



(Mollick, 2024). Isso ocorre porque a IAG pode compensar as limitações cognitivas humanas, enquanto os humanos podem fornecer o contexto, a criatividade e o julgamento ético que faltam à ela (Kim, 2024; MacDowell *et al.*, 2024). O sucesso dessa colaboração depende da capacidade dos humanos de se adaptarem a essa nova forma de trabalho, aprendendo a interagir efetivamente com a IAG e a integrar suas capacidades em seus próprios processos de pensamento e criação (Sanders, 2025).

Em suma, a cointeligência representa uma evolução na relação humano-tecnologia, em que a IAG se torna fundamental para a inovação e o aprimoramento das capacidades humanas, em vez de uma ameaça ou um mero instrumento. Este paradigma é particularmente relevante para o Ensino de Ciências, onde a exploração, a descoberta e a construção de conhecimento são processos intrinsecamente colaborativos e interativos.

2.2. A CURIOSIDADE EPISTÊMICA COMO PRECEITO DA APRENDIZAGEM EM CIÊNCIAS

A curiosidade, em sua essência, é fundamental para a exploração, questionamento e para a busca de compreensão sobre o mundo ao redor (Ali; Khurma; Jarrah, 2024). Engel (2015), em sua obra, aprofunda o conceito de curiosidade, distinguindo-a de outras formas de interesse e destacando seu papel crucial no processo de aprendizagem. Para a autora, a curiosidade epistêmica não é meramente um desejo de obter informações, mas uma motivação para preencher lacunas de conhecimento, resolver inconsistências e construir uma compreensão mais profunda e coerente da realidade (Engel, 2015).

A CE não é um traço fixo, mas uma habilidade que pode ser cultivada e desenvolvida (Swidler, 2020), daí a importância de ambientes que estimulem a exploração, a experimentação e a formulação de perguntas, em vez de focar apenas na memorização de fatos.



A Curiosidade Epistêmica é, portanto, mobilizada quando os aprendizes se deparam com o novo, o inesperado ou o contraditório, impulsionando a investigação e a busca por explicações (Engel, 2015). Esse processo envolve não apenas a aquisição de novas informações, mas também a reestruturação do conhecimento existente e o desenvolvimento de novas formas de pensar (Aguiar; Burlamaqui, 2023).

No contexto educacional, fomentar a CE significa criar oportunidades para que os alunos se engajem ativamente na construção do conhecimento (Aguiar; Burlamaqui, 2023). Isso implica em ir além da transmissão passiva de conteúdo, incentivando a investigação, o debate e a resolução de problemas (Galle; Lima, 2024). A CE, então, apresenta-se como uma ferramenta importante para o desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico, pois leva os indivíduos a questionar suposições, a buscar evidências e a avaliar diferentes perspectivas (Zurn; Shankar, 2020).

A capacidade de fazer boas perguntas, de persistir diante da incerteza e de desfrutar do processo de descoberta são características centrais da CE que, se bem desenvolvidas, podem transformar a experiência educacional em algo significativo e duradouro (Engel, 2011; Engel; Randall, 2009; Shin *et al.*, 2023). A integração da IAG, como veremos adiante, pode oferecer ferramentas e ambientes que potencializam essa busca por conhecimento, desde que utilizada de forma a respeitar a agência e a curiosidade inerente ao ser humano.

2.3. A CRÍTICA DA TECNOLOGIA E A AGÊNCIA HUMANA

Para observarmos esse quadro interacional homem-IAG, Feenberg (2018) oferece uma perspectiva crítica e diversificada sobre a tecnologia, rejeitando tanto o determinismo tecnológico (a ideia de que a tecnologia molda a sociedade de forma inevitável) quanto o instrumentalismo (a visão de que a tecnologia é uma ferramenta neutra, cujo impacto depende apenas de como é usada).



Para o autor, a tecnologia não é um mero artefato, mas um “código” que incorpora valores, interesses e escolhas sociais. Ela é, ao mesmo tempo, um produto da sociedade e um agente que a transforma, num processo de coconstrução (Feenberg, 2018).

Na TCT, a tecnologia é intrinsecamente política, pois suas escolhas de *design* e implementação refletem e reforçam certas estruturas de poder e formas de organização social (Feenberg, 2017). O autor introduz o conceito de subversão racionalizadora, que se refere à capacidade dos usuários de uma tecnologia de resistir às intenções originais de seus *designers* e de adaptá-la para atender a propósitos alternativos, muitas vezes mais democráticos e emancipatórios. Essa subversão é um processo de democratização da tecnologia, onde a agência humana se manifesta na reinterpretação e reconfiguração dos artefatos tecnológicos (Feenberg, 2018).

No contexto da inteligência artificial, a crítica tecnológica é particularmente relevante, pois a IAG, como qualquer tecnologia, não é neutra. Ela é construída com base em dados que podem conter vieses sociais e algorítmicos que refletem as prioridades de seus criadores (Cheung; Shi, 2024), ou, como elabora Feenberg (2017), adaptada pelo controle tecnocrático. A integração crítica da cointeligência, portanto, implica em reconhecer e questionar esses vieses, em vez de aceitar as saídas da IAG de forma acrítica. Significa engajar-se em um diálogo contínuo com a tecnologia, buscando compreendê-la, adaptá-la e, quando necessário, transformá-la para que sirva a propósitos educacionais que promovam a autonomia e o pensamento crítico (Kim, 2024).

A agência humana, nesse sentido, não é diminuída pela presença da IAG, mas redefinida e, potencialmente, ampliada pela capacidade de interagir de forma reflexiva e transformadora com ela. A perspectiva crítica sugere, então, ir além de uma mera adoção da IAG na educação, propondo uma participação ativa na sua modelagem e no seu uso, garantindo que ela se alinhe com os valores pedagógicos e sociais desejados.

3. A INTEGRAÇÃO CRÍTICA DA COINTELIGÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

3.1. FOMENTANDO A CURIOSIDADE EPISTÊMICA POR MEIO DA COLABORAÇÃO HUMANO-IAG

A integração da cointeligência nas práticas de Ensino de Ciências oferece oportunidades para o fomento da CE transformando a dinâmica tradicional da sala de aula em um ambiente de exploração e descoberta colaborativa. Ao invés de enxergar a IAG como uma substituta para o professor ou para o aluno, a perspectiva da cointeligência a posiciona como uma colaboradora que pode enriquecer o processo de investigação científica, estimulando a formulação de perguntas e a busca ativa por conhecimento (Sun, 2023).

Um dos principais mecanismos pelos quais a cointeligência pode impulsionar a Curiosidade Epistêmica reside na capacidade da IAG de processar e apresentar informações de maneiras que desafiam as concepções preexistentes dos alunos, o que Niclòs *et al.* (2024) chamam de cocriatividade, processo em que a novidade surge através de ideias e ações compartilhadas com ela promovendo a metacognição estudantil. Conforme Mollick (2024) sugere, a IAG pode atuar como uma “parceira de desenvolvimento” que oferece novas perspectivas, levando os alunos a questionar o que já sabem e a buscar uma compreensão mais aprofundada dos problemas propostos.

Um exemplo disso, é que sistemas de IAG podem gerar simulações complexas de fenômenos científicos, permitindo que os alunos manipulem variáveis e observem resultados que seriam impossíveis ou perigosos de replicar em um laboratório físico (Qin; Zhang, 2025).



Essa interação com modelos dinâmicos pode despertar a curiosidade ao revelar padrões inesperados ou inconsistências, incentivando os alunos a investigar as causas subjacentes. Xu *et al.* (2024) demonstram uma outra aplicação pedagógica do uso dessa tecnologia, que é a análise de perguntas realizadas por visitantes em um centro de ciências, revelando o interesse e o nível de compreensão do público, possibilitando a utilização dessas informações para adaptar o conteúdo educacional e, consequentemente, estimular a curiosidade.

Além disso, a IAG pode facilitar a personalização da aprendizagem, adaptando o conteúdo e os desafios ao nível de curiosidade e conhecimento prévio de cada aluno (Sun; Qian; Miao, 2022). Ao identificar hiatos de conhecimento gerenciáveis, ela pode apresentar informações de forma a mobilizar a curiosidade, conforme a teoria da lacuna de conhecimento (Loewenstein, 1994). Isso permite que os alunos explorem tópicos de seu interesse em maior profundidade, recebendo *feedback* instantâneo e direcionamento para recursos relevantes. A capacidade da IAG de gerar diferentes versões de um problema ou de um cenário, como explorado por Niclòs *et al.* (2024) no contexto da criatividade e narrativa, pode ser transposta para o Ensino de Ciências, em que ela pode criar cenários investigativos personalizados que desafiam os alunos a formular perguntas e a buscar soluções.

A cointeligência também pode promover a CE ao liberar os alunos de tarefas repetitivas e demoradas, permitindo que se concentrem em aspectos mais complexos e criativos da investigação científica (Jin *et al.*, 2025; Marcinkevage; Kumar, 2025). Uma aplicação interessante na pesquisa em Ensino de Ciências, é que a IAG pode auxiliar na análise de grandes conjuntos de dados, na visualização de informações complexas ou na formulação de hipóteses iniciais, como discutido por Morgan (2023) em um estudo sobre análise de dados qualitativos. Esse tipo de aplicação não apenas optimiza o tempo, mas também permite que estudantes e pesquisadores se engajem em um nível mais elevado de pensamento, formulando



perguntas mais sofisticadas e buscando explicações mais elaboradas, que se aproxima da abordagem de ensino por investigação na Educação em Ciências (Granzoti, 2023).

Nesse sentido, a colaboração com a IAG não diminui a agência humana, mas a amplia, permitindo que se concentre no “porquê” e no “como” dos fenômenos científicos, em vez de despender tempo nos pormenores operacionais (Kartal, 2024; Kim, 2024). Esse processo, aumenta a autoeficácia criativa, conforme destacado por McGuire, Cremer e Cruys (2024), porque esta é nutrida quando os indivíduos atuam como cocriadores com a IAG, definindo a direção e mantendo o controle sobre o processo criativo.

Finalmente, a IAG pode atuar como facilitadora de discussões, geradora de ideias ou provocadora de debates, incentivando os alunos a compartilhar suas descobertas, a defender seus argumentos e a aprender uns com os outros (Cress; Kimmerle, 2023; Jin *et al.*, 2025). A interação pode, inclusive, estimular a curiosidade social, levando os alunos a se engajarem em diálogos mais ricos e a buscarem diferentes perspectivas. Em síntese, a cointeligência, quando implementada de forma crítica e pedagógica, tem o potencial de transformar o Ensino de Ciências em uma jornada contínua de questionamento, exploração e descoberta.

3.2. DESAFIOS E CONSIDERAÇÕES ÉTICAS NA IMPLEMENTAÇÃO CRÍTICA DA COINTELIGÊNCIA

Apesar do potencial da cointeligência para fomentar a Curiosidade Epistêmica no Ensino de Ciências, sua implementação não está isenta de desafios e considerações éticas. Um dos principais desafios reside nos vieses inerentes aos dados de treinamento e aos algoritmos da IAG (Heggler; Szmoski; Miquelin, 2025). Como Feenberg aponta, a tecnologia não é neutra, ela reflete os valores e as escolhas de seus criadores e dos dados com os quais



é alimentada. Se os dados de treinamento contiverem vieses de gênero, raça ou socioeconômicos, as saídas da IAG podem perpetuá-los ou até ampliá-los, levando a experiências de aprendizagem desiguais ou a conclusões distorcidas no contexto científico (Lima; Ferreira; Carvalho, 2024; Trindade; Oliveira, 2024).

Sanders (2025) destaca a importância de reconhecer e mitigar esses vieses, enfatizando a necessidade de transparência e o uso de conjuntos de dados diversos no desenvolvimento da IAG. A integração crítica da cointeligência exige que educadores e alunos desenvolvam a capacidade de identificar e questionar essas tendências, avaliando as saídas da IAG com um olhar crítico e buscando múltiplas fontes de informação (Heggler; Szmoski; Miquelin, 2025).

Outra preocupação ética diz respeito à autonomia e à agência do aluno, pois, embora a IAG possa personalizar a aprendizagem e liberar os alunos de tarefas repetitivas, há o risco de que uma dependência excessiva possa diminuir a capacidade dos alunos de pensar de forma independente, de resolver problemas por conta própria ou de desenvolver habilidades de investigação (Kartal, 2024). Feenberg adverte contra a reificação da tecnologia, conceito elaborado inicialmente por Georg Lukacs, para descrever o processo em que as relações humanas fluidas são transformadas em coisas ou objetos independentes, e no contexto tecnológico a ferramenta se torna um fim em si mesma, em vez de um meio para a emancipação humana (Feenberg, 2018).

Isso pode ser ilustrado no que Mollick (2024) destaca como *human-in-the-loop*, um conceito utilizado pelo autor para descrever um humano verificando e corrigindo a saída de um sistema de IAG. Apesar do conceito fazer sentido na perspectiva de uma cointeligência, já que a IAG necessita da incorporação do julgamento e experiência humana, ele se mostra inadequado para um modelo de aprendizagem crítica. Em tal modelo, o aluno não é um mero supervisor do processo, mas um aprendiz em um *loop* de interação humano-IAG,



com retificações, questionamentos e recomendações. A IAG fornece um estímulo, uma provocação ou um conjunto de dados, mas a investigação, a validação, a síntese e a criação de significado são o trabalho cognitivo fundamental que pertence ao educando.

Esta centralidade da agência do aluno é crucial, como destacado por Cheung e Shi (2024), em um estudo sobre o uso da IAG na criação de histórias por estudantes, que revelou uma tensão importante: os alunos permaneceram críticos em relação ao conteúdo gerado pela inteligência artificial, reivindicando autoria e estilo próprios de produção. Eles não aceitaram passivamente a produção proposta pela ferramenta, mas a transformaram. Uma integração crítica da tecnologia deve encorajar esse tipo de resistência. Ela enquadra a IAG não como uma autoridade a ser obedecida, mas como um colaborador a ser desafiado. A capacidade de um aluno de identificar uma falha, um clichê ou um enviesamento, na saída da inteligência artificial, e articulá-lo, é uma demonstração de pensamento crítico de ordem superior (MacDowell *et al.*, 2024).

Em uma perspectiva acrítica, a superdependência é um risco real, pois quando a IAG é utilizada de forma passiva, pode atrofiar as habilidades de pensamento crítico e a criatividade (Kartal, 2024; Sanders, 2025). A solução, no entanto, não é a proibição, mas a instrução explícita. Os alunos precisam ser ensinados a se engajar em cocriação humano-computador, a analisar criticamente e a validar as informações, transformando o uso da IAG em um exercício metacognitivo sobre a natureza do conhecimento e da autoria (Carvalho; Greco; Souza, 2025). Isso implica em um *design* pedagógico cuidadoso, em que a inteligência artificial atua como facilitadora da exploração e da descoberta, mas o controle e a direção do processo de aprendizagem permanecem nas mãos do aluno e do professor (Lawrence *et al.*, 2024; Sanders, 2025).

Essa abordagem revela, entretanto, uma tensão fundamental entre a eficiência prometida pela IAG e a ineficiência produtiva,



ou tempo livre e de solitude, conforme elaborado por (Engel, 2015), necessários para o desenvolvimento da curiosidade. A IAG é projetada para otimizar e fornecer respostas rápidas e eficientes. A curiosidade, no entanto, prospera no tempo livre, na exploração sem um objetivo imediato (Zurn; Shankar, 2020). Eficiência na educação, conforme apresentado, é um conceito ligado à interpretação de Dewey (1959) sobre as democracias liberais, e refere-se à formação do indivíduo para que ele possa se integrar produtivamente na sociedade, tanto no âmbito do trabalho (industrial/econômico) quanto na vida cívica, contribuindo para a manutenção e o progresso (Maciel; Mourão; Silva, 2020).

A pressão por eficiência pode levar os professores a usar a IAG para acelerar a cobertura do conteúdo, favorecendo o *knowledge telling* (conhecimento reproduzido) em detrimento do *knowledge transforming* (conhecimento transformado). A tarefa do professor é, portanto, proteger deliberadamente esses espaços de ineficiência produtiva, valorizando o processo de questionamento tanto quanto, ou mais do que, a resposta final (Kim, 2024). Os conceitos de *knowledge telling* e *knowledge transforming* foram elaborados originalmente por Scardamalia e Bereiter (1987), para distinguir dois modos que refletem, respectivamente, maneiras inexperientes e experientes de compor a escrita. Analogamente, no modelo de cointeligência, *knowledge telling* seria um processo linear em que o indivíduo simplesmente recupera e transcreve informações em suas interações com a IAG. O *knowledge transforming*, por outro lado, seria o processo dialógico e recursivo, em que o ato de articular e argumentar leva a uma reestruturação do próprio conhecimento do indivíduo. O Quadro 1 sintetiza as discussões, comparações e orientações empreendidas na argumentação por um paradigma educacional crítico para o Ensino de Ciências, pautado no fomento à Curiosidade Epistêmica em um modelo de cointeligência com IAG.

Quadro 1 - Comparação de paradigmas de uso da IAG na Educação em Ciências

Característica	Uso Instrumental da IAG (Modelo de Reprodução)	Cointeligência Crítica (Modelo de Transformação)
<i>Papel da IAG</i>	Fonte de informação, tutoria, assistente de tarefas.	Colaboradora dialógica, provocadora de questionamento.
<i>Objetivo Principal</i>	Eficiência, entrega de conteúdo, respostas corretas <i>knowledge telling</i> .	Desenvolvimento de habilidades de investigação e problematização, pensamento crítico, <i>knowledge transforming</i> .
<i>Fomento à Curiosidade</i>	Satisfação emocional imediata por meio de respostas curtas que pode levar a superdependência e uso acrítico da ferramenta de IAG (<i>human-in-the-loop</i>).	Aprofundamento do conhecimento por meio de ciclos de investigação, o que torna o processo de busca mais significativo.
<i>Papel do Professor</i>	Reprodutor de técnicas de criação de <i>prompts</i> , supervisor de resultados.	Organizador do conhecimento, problematizador da construção de <i>prompts</i> e do <i>feedback</i> da IAG, incentivador da incerteza.
<i>Papel do Aluno</i>	Consumidor de informação, e usuário de respostas fabricadas.	Co-construtor do conhecimento, formulador de questionamentos, agente crítico às respostas da IAG.
<i>Resultado Potencial</i>	Fomento à Curiosidade momentânea, superdependência, plágio, perda de autenticidade.	Fomento da Curiosidade Epistêmica, desenvolvimento de agência e letramento críticos em IAG.

Fonte: Elaboração própria.

A distinção paradigmática apresentada anteriormente tem implicações sistêmicas, pois o modelo de cointeligência bem-sucedido para o fomento da Curiosidade Epistêmica não é apenas uma questão de pedagogia, mas uma questão de cultura escolar e ética (Kim, 2024). Essa movimentação requer uma mudança fundamental nos sistemas de avaliação, afastando-se da valorização de respostas corretas e aproximando-se da valorização do processo de investigação, da qualidade das perguntas dos alunos e de sua capacidade de criticar fontes, incluindo a própria IAG (Xu *et al.*, 2024).



Sem essas mudanças, mesmo os melhores modelos de colaboração humano-IAG serão subutilizados, pois os incentivos do sistema continuarão a favorecer a eficiência da reprodução do conhecimento em detrimento de sua transformação.

Uma outra consideração ética importante implicada no modelo educacional pautado pela cointeligência é a da privacidade e da segurança dos dados (Marcinkevage; Kumar, 2025). A interação com sistemas de IAG, especialmente aqueles que personalizam a aprendizagem, envolve a coleta e o processamento de grandes volumes de dados dos alunos. Desse modo, é importante que as instituições educacionais garantam a proteção desses dados, implementando políticas de privacidade robustas e transparentes. Além disso, a dependência de plataformas desenvolvidas por empresas privadas, quase sempre estrangeiras, levanta questões sobre o controle e a propriedade dos dados educacionais, bem como sobre a influência dessas empresas nas práticas pedagógicas. Logo, a democratização da tecnologia, conforme defendida por Feenberg, implica em um controle social sobre o desenvolvimento e o uso da IAG, garantindo que ela sirva aos interesses públicos da educação (Feenberg, 2018).

Por fim, a preparação de educadores para a era da cointeligência é um desafio significativo. Muitos professores podem não ter o conhecimento ou a experiência necessários para integrar a IAG de maneira apropriada em suas práticas pedagógicas. MacDowell *et al.* (2024) enfatizam a necessidade de preparar os educadores, fornecendo treinamento e recursos que os capacitem a utilizar essas ferramentas de forma crítica e inovadora. Isso inclui não apenas o domínio técnico da ferramenta, mas também a compreensão de suas implicações éticas e pedagógicas, bem como a capacidade de modelar o pensamento crítico e a Curiosidade Epistêmica para seus alunos. A integração crítica da cointeligência no Ensino de Ciências, portanto, exige um esforço contínuo de formação, reflexão e adaptação.

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho, procuramos demonstrar como a integração crítica da cointeligência no Ensino de Ciências representa uma oportunidade para fomentar a Curiosidade Epistêmica. Ao longo deste ensaio, exploramos como as perspectivas de Ethan Mollick sobre cointeligência, Susan Engel sobre Curiosidade Epistêmica e Andrew Feenberg sobre a crítica da tecnologia se entrelaçam para oferecer um arcabouço teórico robusto que sustentou a argumentação empreendida.

Demonstramos que a IAG, quando utilizada como colaboradora, pode fomentar a Curiosidade Epistêmica ao apresentar informações de maneiras desafiadoras, personalizadas, liberando os alunos de tarefas triviais, permitindo-lhes focar em questões mais complexas e criativas. A capacidade da IAG de processar grandes volumes de dados, gerar simulações e adaptar-se às necessidades individuais dos alunos cria um ambiente propício para a formulação de perguntas, a exploração de hipóteses e a construção ativa de conhecimento podendo, inclusive, contribuir nos processos de análise de dados das pesquisas em Ensino de Ciências. Essa colaboração, no entanto, deve ser guiada por uma abordagem crítica, consciente dos vieses inerentes à tecnologia e da necessidade de preservar a agência humana.

Os desafios éticos, como os vieses algorítmicos, a autonomia e agência crítica do aluno e a privacidade dos dados, exigem uma atenção contínua e um compromisso com a democratização da tecnologia. A crítica de Feenberg lembra que a tecnologia não é neutra e que sua implementação deve ser um processo de coconstrução, em que os valores pedagógicos e sociais guiam seu desenvolvimento e uso. A formação de educadores é, portanto, crucial para capacitar os professores nesse novo cenário, utilizando a IAG de forma ética para promover o pensamento crítico e a Curiosidade Epistêmica.

Em última análise, o sucesso de um paradigma educacional de integração da cointeligência no Ensino de Ciências dependerá da nossa capacidade de ir além de uma visão instrumental da tecnologia, resultando em uma geração de estudantes que não apenas dominam o conhecimento científico, mas que também possuem a habilidade para questionar, investigar e inovar. Este ensaio serve como um ponto de partida para futuras pesquisas e discussões sobre as melhores práticas para alavancar o poder da cointeligência de forma ética no contexto educacional.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, José Vicente de Souza; BURLAMAQUI, Ana Kerolaine Pinho. A formação do espírito científico no ensino de ciências. **XIV ENPEC. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Caldas Novas, 2023.
- ALI, Nagla; KHURMA, Othman Abu; JARRAH, Adeeb. Intellectual Curiosity as a Mediator between Teacher-Student Relationship Quality and Emirati Science Achievement in PISA 2022. **Education Sciences**, v. 14, n. 9, p. 977, 2024.
- CARVALHO, Marcelle Ribeiro de; GRECO, Marília Eduarda; SOUZA, Daniela Maysa de. Use of ChatGPT as a study and teaching complementary tool in the medical course. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 51, 2025.
- CHEUNG, Lok Ming Eric; SHI, Huiwen. Co-creating stories with generative AI: Reflections from undergraduate students of a storytelling service-learning subject in Hong Kong. **Australian Review of Applied Linguistics**, v. 47, n. 3, p. 259–283, 2024.
- COSTA, Kleber Ferreira; SANTOS, Paulo César Marques de Andrade. Cultura digital: desafios e oportunidades para a educação contemporânea. **Caderno Pedagógico**, Curitiba, v. 22, n. 5, p. 01-19, 2025.
- CRESS, Ulrike; KIMMERLE, Joachim. Co-constructing knowledge with generative AI tools: Reflections from a CSCL perspective. **International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning**, v. 18, p. 607-614, 2023.

DEWEY, John. **Democracia e educação:** introdução à filosofia da educação. 3. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1959.

ENGEL, Susan. Children's Need to Know: Curiosity in Schools. **Harvard Educational Review**, v. 81, n. 4, p. 625–645, 2011.

ENGEL, Susan. **The hungry mind:** The origins of curiosity in childhood. London: Harvard University Press, 2015.

ENGEL, Susan; RANDALL, Kellie. How Teachers Respond to Children's Inquiry. **American Educational Research Journal**, v. 46, n. 1, p. 183–202, 2009.

FEENBERG, Andrew. Critical theory of technology and STS. **Thesis Eleven**, v. 138, n. 1, p. 3–12, fev. 2017.

FEENBERG, Andrew. **Tecnologia, modernidade e democracia.** Lisboa: Inovatec Press, 2018.

GALLE, Lorita Aparecida Veloso; LIMA, Valderez Marina do Rosário. Como aprender perguntando a partir de uma unidade de aprendizagem. **Revista HISTEDBR On-line**, Campinas, v. 24, 2024.

GRANZOTI, Caroline Chybior. **Sequências de ensino investigativas:** as perguntas do professor no ensino de ciências. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2023.

HEGGLER, João Marcos; SZMOSKI, Romeu Miqueias; MIQUELIN, Awdry Feisser. As dualidades entre o uso da inteligência artificial na educação e os riscos de vieses algorítmicos. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 46, 2025.

HONG, Wilson Cheong Hin. The impact of ChatGPT on foreign language teaching and learning: Opportunities in education and research. **Journal of educational technology and innovation**, v. 5, n. 1, 2023.

JIN, Fangzhou *et al.* Knowledge (Co-)Construction Among Artificial Intelligence, Novice Teachers, and Experienced Teachers in an Online Professional Learning Community. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 41, n. 2, 2025.

KANG, Jihoon; KIM, Jina. Exploring the predictiveness of curiosity and interest in science learning in and after class. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 61, n. 8, p. 1821–1857, 2024.

KARTAL, Galip. The influence of ChatGPT on thinking skills and creativity of EFL student teachers: a narrative inquiry. **Journal of Education for Teaching**, v. 50, n. 4, p. 627–642, 2024.

KIDD, Celeste; HAYDEN, Benjamin Y. The Psychology and Neuroscience of Curiosity. *Neuron*, v. 88, n. 3, p. 449–460, 4 nov. 2015.

KIM, Jinhee. Types of teacher-AI collaboration in K-12 classroom instruction: Chinese teachers' perspective. *Education and Information Technologies*, v. 29, p. 17433–17465, 2024.

LAWRENCE, LuEttMae *et al.* How teachers conceptualise shared control with an AI co-orchestration tool: A multiyear teacher-centred design process. *British Journal of Educational Technology*, v. 55, n. 3, p. 823–844, 2024.

LIMA, Giselle de Moraes; FERREIRA, Giselle Martins dos Santos; CARVALHO, Jaciara de Sá. Automação na educação: caminhos da discussão sobre a inteligência artificial. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 50, 2024.

LOEWENSTEIN, George. The psychology of curiosity: A review and reinterpretation. *Psychological Bulletin*, v. 116, n. 1, p. 75–98, 1994.

MACDOWELL, Paula; MOSKALYK, Kristin; KORCHINSKI, Katrina; MORRISON, Dirk. Preparing educators to teach and create with generative artificial intelligence. *Canadian Journal of Learning and Technology*, v. 50, n. 4, p. 1–23, 2024.

MACIEL, Antônio Carlos; MOURÃO, Arminda Rachel Botelho; SILVA, Cintia Adélia da. A Revolução Francesa e a educação Integral no Brasil: da concepção ao conceito. *Educação em Revista*, Belo Horizonte, v. 36, 2020.

MARCINKEVAGE, Carrie; KUMAR, Akhil. Generative AI in Higher Education Constituent Relationship Management (CRM): Opportunities, Challenges, and Implementation Strategies. *Computers*, v. 14, n. 3, 2025.

MCGUIRE, Jack; CREMER, David de; CRUYS, Tim Van de. Establishing the importance of co-creation and self-efficacy in creative collaboration with artificial intelligence. *Scientific Reports*, v. 14, 2024.

MOLLICK, Ethan. **Co-intelligence**: Living and working with AI. New York: Penguin, 2024.

MOREIRA, Marco Antonio. Desafios no ensino da física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 43, 2021.

MORGAN, David L. Exploring the Use of Artificial Intelligence for Qualitative Data Analysis: The Case of ChatGPT. *International Journal of Qualitative Methods*, v. 22, 2023.

NICLÒS, Isabel Pont; SANZ, Yolanda Echegoyen; GÓMEZ, Patricia Orozco; EZPELETA, Antonio Martín. Creativity and artificial intelligence: A study with prospective teachers. *Digital Education Review*, n. 45, p. 91–97, 2024.

QIN, Qinggui; ZHANG, Shuhan. Visualizing the knowledge mapping of artificial intelligence in education: A systematic review. **Education and Information Technologies**, v. 30, p. 449–483, 2025.

SANDERS, Bryan P. GPT and Me, an Honest Reevaluation: The Dawn of Co-Active Emergence. **Impacting Education: Journal on Transforming Professional Practice**, v. 10, n. 1, p. 96–100, 2025.

SCARDAMALIA, M.; BEREITER, C. Knowledge telling and knowledge transforming in written composition. In: ROSENBERG, S. (ed.). **Advances in applied psycholinguistics. v. 2: Reading, writing and language learning**. Cambridge: Cambridge University Press, 1987. p. 142–175.

SHIN, Dajung Diane *et al.* Are curiosity and situational interest different? Exploring distinct antecedents and consequences. **British Journal of Educational Psychology**, v. 93, n. 4, p. 1207–1223, 2023.

SUN, Chenyu. **Curiosity-driven learning in artificial intelligence and its applications**. Tese (Doutorado em Filosofia). Nanyang Technological University, Singapura, 2023.

SUN, Chenyu; QIAN, Hangwei; MIAO, Chunyan. **From Psychological Curiosity to Artificial Curiosity: Curiosity-Driven Learning in Artificial Intelligence Tasks**. arXiv, 20 jan. 2022. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/2201.08300>. Acesso em: 12 ago. 2025

SWIDLER, Eva-Maria. The politics of curiosity. **Fast Capitalism**, v. 17, n. 2, p. 111–123, 2020.

TRINDADE, Alessandra Stefane Cândido Elias da; OLIVEIRA, Henry Poncio Cruz de. Inteligência artificial (IA) generativa e competência em informação: Habilidades informacionais necessárias ao uso de ferramentas de IA generativa em demandas informacionais de natureza acadêmica-científica. **Perspectivas em Ciência da Informação**, Belo Horizonte, v. 29, 2024.

XU, Zhaozhen; HOWARTH; Amelia; BRIGGS, Nicole; CRISTIANINI; Nello. Understanding Visitors' Curiosity in a Science Centre with Deep Question Processing Network. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 34, p. 1072–1101, 2024.

ZURN, Perry; SHANKAR, Arjun. **Curiosity studies: A new ecology of knowledge**. [S.l.]: University of Minnesota Press, 2020.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Alexander Montero Cunha

Professor e pesquisador da área de Ensino de Física no Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Possui doutorado em Educação, pela Universidade de São Paulo, mestrado em Educação e licenciatura em Física, ambos pela Universidade Estadual de Campinas. Já coordenou o Curso de Licenciatura em "Ciências da Natureza" e de Especialização em "Ensino de Ciências da Natureza por Área de Conhecimento". Coordenou também entre os anos de 2023 e 2025 a Coordenadoria das Licenciaturas (COORLICEN) da UFRGS. Foi professor de Física na educação básica por mais de 10 anos. Atualmente, desenvolve pesquisas principalmente nas áreas de Formação de Professores e Ensino de Ciências por Investigação.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1561961743889266>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2900-4729>

E-mail: amcunha@ufrgs.br

Alexsandro Pereira de Pereira

Professor associado do Departamento de Física do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFRGS. Licenciado em Física (2003) pela UFRGS; possui o título de mestre em Ensino de Física (2008) e de doutor em Ensino de Física (2012) por essa mesma universidade. Tem experiência na área de Educação em Ciências, com ênfase no Ensino de Física, atuando principalmente com a abordagem sociocultural.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3778898443724219>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8689-3054>

E-mail: alexsandro.pereira@ufrgs.br

Neusa Teresinha Massoni

Licenciada em Física; mestre e doutora na área de Concentração Ensino de Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Docente do Departamento de Física e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFRGS. Coordenadora do curso de licenciatura em Física do Instituto de Física da UFRGS. Tem interesse em pesquisas sobre os impactos do uso da História e Epistemologia da Ciência na educação científica, e em pesquisas da área de Ensino de Física que articulem as relações universidade-escola básica.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1724327528395938>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1145-111X>

E-mail: neusa.massoni@ufrgs.br

SOBRE OS AUTORES E AS AUTORAS

Alan Alves-Brito

Graduado em Física (UEFS), mestre e doutor em Ciências (Astronomia, USP) com estágios de pós-doutorado no Chile (PUC) e na Austrália (Swinburne University e Australian National University). Especialização em Literatura Brasileira e doutorando em Educação, ambos pela UFRGS. Professor associado (UFRGS). No ensino, interessa-se por questões fundamentais de física e astronomia, história e filosofia das ciências, formação de professores, educação para as relações étnico-raciais, educação escolar quilombola/indígena e divulgação das ciências físicas em perspectivas contra-hegemônicas. Pesquisador 1D do CNPq.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2662775834462406>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5579-2138>

E-mail: alan.brito@ufrgs.br

Ana Amélia Petter

Mestre em Ensino de Física (2021) pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPGEnFis) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), formada em licenciatura em Física (2018) pela mesma instituição e atualmente estudante de doutorado do PPGEnFis da UFRGS. Pesquisa principalmente sobre Adoção e Difusão de Inovações Didáticas em disciplinas de Física. No ensino de Física/Ciências também tem interesse nas áreas de formação de professores e tecnologias de informação e comunicação.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5430403505744554>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6612-8697>

E-mail: anaameliapetter@gmail.com

Claudio J. H. Cavalcanti

Possui graduação em bacharelado em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1989), mestrado em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1993) e doutorado em Física pela mesma universidade (2001). Desde junho de 2006 é professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em regime de dedicação exclusiva, onde vem atuando também como docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. Tem experiência na área de Física, atuando principalmente nos seguintes temas: inserção de tópicos de física moderna e contemporânea no ensino médio, avaliações em larga escala, métodos mistos de pesquisa, análise multivariada, Grafos, Teoria Ator-Rede, Filosofia da Linguagem do Círculo de Bakhtin e outros temas relevantes na educação em Ciências.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4236401877669870>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2477-3150>

E-mail: claudio.cavalcanti@ufrgs.br

Daniel Farias Mega

Licenciado em Física pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), mestre em Ciências pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e doutor em Ensino de Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atualmente é professor do Ensino Básico Técnico e Tecnológico do Instituto Federal Catarinense - Campus Concórdia, onde também atua como coordenador de área do PIBID Física. Tem realizado estudos na área de ensino de Física, especificamente sobre formação de professores, comunidades de prática, ensino médio integrado e persistência estudantil no ensino superior.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9227478823905433>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1233-5903>

E-mail: daniel.mega@ifc.edu.br

Dioni Paulo Pastorio

Possui graduação em Física licenciatura pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) (2011), mestrado (2014) e doutorado (2018) no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências pela UFSM (2014) e pós-doutorado em Ensino de Ciências pela Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS). Atualmente, é professor adjunto no Departamento de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Tem experiência na área de ensino de Física desenvolvendo trabalhos a partir de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação, Metodologias Ativas e Formação de Professores. É orientador de Pós-Graduação em dois PPG de Ensino de Física: UFRGS e UFSM. É coordenador estadual das Olimpíadas de Física (OBF e OBFEP) no estado do Rio Grande do Sul. É editor chefe do periódico *Dimensões Docentes* da UFRGS. É parecerista dos principais periódicos brasileiros na área de Ensino de Física e Ciências, como por exemplo o *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, a *Revista de Investigação em Ensino de Ciências* e a *Revista Brasileira de Ensino de Física*.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7823646075456872>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6981-5783>

E-mail: dioni.pastorio@ufrgs.br

Eliane Angela Veit

Licenciada em Física, mestre e doutora em Física na área de física teórica, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Participou da criação do PPG Ensino de Física da UFRGS e do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, coordenado pela Sociedade Brasileira de Ensino de Física. Atuou como professora do Departamento de Física da UFRGS por quarenta anos. Atualmente, atua como professora colaboradora do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFRGS. Seus interesses de pesquisa se centram na modelagem didático-científica e em comunidades de prática na formação de professores.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5520034943927197>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2406-3415>

E-mail: eav@lf.ufrgs.br

Fábio Ramos Barbosa Filho

Presidente do CELSUL - Círculo de Estudos Linguísticos do Sul no quadriênio 2023-2026. Bacharel em Letras Vernáculas pela Universidade Federal da Bahia (2010). Possui mestrado (2012) e doutorado (2016) em Linguística pelo Programa de Pós-Graduação em Linguística do Instituto de Estudos da Linguagem da Universidade Estadual de Campinas, onde também realizou pós-doutorado entre 2016 e 2018. Realizou estágio de pesquisa (sanduíche) no Laboratoire Triangle da École Normale Supérieure de Lyon, França, entre 2014 e 2015. É líder do DARQ - Grupo de Pesquisa Discurso e Arquivo. Desde 2019 é professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, atuando no Departamento de Letras Clássicas e Vernáculas e no Programa de Pós-Graduação em Letras. Coordena os projetos de pesquisa "Questões de linguagem nos textos iniciais de Freud (1886-1891)" (2025-2027) e "Michel Pêcheux: teoria e política" (2024-2028). É, também, psicanalista, vinculado ao CEPdePA - Centro de Estudos Psicanalíticos de Porto Alegre/Serra.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4350854052243669>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0966-4669>

E-mail: barbosa.filho@ufrgs.br

Fellype Souza de Oliveira

Possui graduação em licenciatura em Física pela Universidade de Franca (UNIFRAN) e em Tecnologia em Automação Industrial pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Doutorando em Ensino de Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e mestre na mesma área de concentração pela Universidade Regional do Cariri (URCA). Possui especializações em Meio Ambiente, Sustentabilidade e Energia pela Mondragón Unibertsitatea (Espanha) e em Ensino de Ciências e Matemática pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE). Atualmente, professor de Física na educação básica (SEE/PB) e desenvolve pesquisa no campo do Ensino de Ciências, com ênfase na pesquisa sociocultural sobre a curiosidade epistêmica e suas contribuições para a formação docente.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6034149604098040>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4104-4734>

E-mail: fellype.oliveira@ufrgs.br

Fernanda Ostermann

Licenciada em Física, mestra e doutora em Física, na área de Ensino de Física, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atualmente, ocupa o cargo de professora titular e é docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFRGS. É bolsista de produtividade em pesquisa 1B do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e seus interesses de pesquisa centram-se nas perspectivas críticas e pós-críticas na educação básica e na formação de professores.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7007713327410057>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0594-2174>

E-mail: fernanda.ostermann@ufrgs.br

Fernando Shinoske Tagawa de Lemos Pires

Licenciado em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e mestre em Ensino de Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atualmente é aluno do doutorado acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPGENFIS) da UFRGS. Tem interesse em história, filosofia, sociologia e antropologia da ciência e suas implicações para a educação em Ciências.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5413201765423386>

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6825-1098>

E-mail: fernando.tagawa@ufrgs.br

Guilherme Rodrigues Weihmann

Licenciado em Física (UFRGS, 2018) e mestre em Ensino de Física (UFRGS, 2022). Atuou no Colégio de Aplicação da UFRGS (2013-2015) no ensino de Cultura Digital na EJA, com ênfase na integração de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) à educação. Entre 2016 e 2018, participou do Centro de Tecnologia Acadêmica (CTA) e do CTA Jr., desenvolvendo projetos com Recursos Educacionais Abertos (REA) e promovendo uma educação tecnológica emancipatória. Sua pesquisa concentra-se no uso de TIC no ensino de Física, Modelagem Didático-Científica e formação de identidades em espaços não formais de aprendizagem. Desde 2019, é docente de Física no ensino médio e pré-vestibular.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8859887798750041>

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2313-3505>

E-mail: grweihmann@gmail.com

Ives Solano Araujo

Licenciado e bacharel em Física pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Mestre em Física e doutor em Ciências (área de concentração Ensino de Física) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Estágio pós-doutoral na Universidade de Harvard (EUA). Atualmente, é professor titular do Departamento de Física da UFRGS, docente permanente do PPGEnFis. Principais interesses de pesquisa: inovações didáticas; modelagem científica; Teoria Antropológica do Didático e Comunidades de Prática.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2203603628928870>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3729-0895>

E-mail: ives@if.ufrgs.br

Júlio César Lucero

Licenciado em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e mestre em Ensino de Física pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPGEnFís) da UFRGS. Atualmente é doutorando no PPGEnFís da UFRGS. Possui três anos de atividade na educação básica como professor da rede pública estadual e oito anos como professor voluntário em projeto popular com o objetivo de construir oportunidades de acesso ao ensino superior para estudantes em vulnerabilidade socioeconómica (PEAC).

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9758144532458021>

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5752-0138>

E-mail: julio.lucero01@gmail.com

Leonardo Albuquerque Heidemann

Licenciado em Física, mestre e doutor em Ensino de Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). É professor do Departamento de Física da UFRGS desde 2016 e membro permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. Coordena, desde 2017, o Centro de Referência para o Ensino de Física (CREF) da UFRGS. Seus interesses de pesquisa incluem pesquisas sobre o ensino com enfoque no processo de modelagem científica e na história da Física e sobre evasão universitária.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4004455597671449>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5143-6275>

E-mail: leonardo.h@ufrgs.br

Letícia Tasca Pigosso

Licenciada em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS, 2019) e mestre em Ensino de Física pelo mesmo programa (UFRGS, 2022). Atualmente, é doutoranda em Ensino de Física na UFRGS, com foco no ensino do processo de medição. Desde 2023, atua como professora de Física no ensino básico.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0499402039038649>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4377-7883>

E-mail: leticia.pigosso@ufrgs.br

Luiz Felipe de Moura da Rosa

Licenciado em Física pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (2016) e possui mestrado (2019) e doutorado (2025) em Ensino de Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atua no Colégio de Aplicação da UFRGS, com experiência como professor de Física e em áreas afins na educação básica da rede pública estadual, na educação superior da rede federal e em espaços não formais. Sua produção tem ênfase na área de Ensino de Física e contempla principalmente métodos e técnicas para o ensino. Seus interesses de pesquisa englobam políticas públicas educacionais e formação e atuação de professores.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5767666737985886>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6522-7765>

E-mail: rosa.luiz@ufrgs.br

Marcelo de Moura Cabral

Licenciado em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Mestre em Ensino de Física pela UFRGS e especialista em Ciências da natureza pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Atualmente é doutorando no PPGEnFis na UFRGS e colaborador no Laboratório de Estudos em Sociologia da Educação e da Ciência (LESEC).

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4045220406190650>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4209-6536>

E-mail: marcelo.cabral@ufrgs.br

Marco Aurélio Torres Rodrigues

Graduado em Física pela Universidade Federal de Pelotas; pós-graduação em Matemática e Linguagem pela Universidade Federal de Pelotas; mestrado em Ensino de Física pela UFRGS e doutorado em Ensino de Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atualmente é docente da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), na Unidade Universitária de Santana do Livramento, RS.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6189509529790884>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5534-428X>

E-mail: marco-rodrigues@uergs.edu.br

Marina Brondani

Licenciada em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atualmente é aluna do mestrado acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPGEnFis) da UFRGS, com foco em pesquisas sobre negacionismo científico e comunicação da ciência.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3815905422348943>

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2758-2245>

E-mail: marina.provin@ufrgs.br

Matheus Barros

Licenciado em Física e mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Doutorando em Ensino de Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Colaborador voluntário no Museu Dica - Diversão com Ciência e Arte, da UFU. Tem interesse em pesquisas e práticas sobre Divulgação das Ciências e Educação em Museus, especialmente em temas voltados à física moderna e contemporânea, curadoria e formação de professores, divulgadores e mediadores.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8697654670709747>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2501-2617>

E-mail: matheusbarros@ufrgs.br

Matheus Monteiro Nascimento

Licenciado em Física pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). Mestre e doutor em Ensino de Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atualmente é docente do departamento de Física e do PPGENFis da UFRGS. Tem interesse em pesquisas sobre o impacto de desigualdades estruturais na Educação e na Ciência e sobre a relação entre a Ciência e outros campos sociais.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9156636264886572>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8179-5391>

E-mail: matheus.monteiro@ufrgs.br

Nathan Willig Lima

Bacharel em Física e mestre em Engenharia de Materiais pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, doutor em Ensino de Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. É professor do Instituto de Física e docente permanente do PPGENFis da UFRGS. Foi pesquisador visitante na Universidade de Copenhague em 2020. É bolsista de produtividade do CNPq nível 2. Tem interesse em história, filosofia e ensino de Física e trabalha com divulgação científica nas redes sociais (@nathan.w.lima).

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9218293771652459>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0566-3968>

E-mail: nathan.lima@ufrgs.br

Ramon Goulart da Silva

Licenciado em Física pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel), doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Possui interesse de pesquisa em políticas educacionais, currículo, livros didáticos, ensino de física quântica e ensino de Física na perspectiva sociocultural.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0475329618952526>

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9831-2747>

E-mail: ramon.silva@ufrgs.br

Tobias Espinosa

Licenciado em Física pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos, mestre e doutor em Ensino de Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Realizou estágio de doutorado sanduíche na Universidade de Harvard. Atualmente é professor do Instituto de Física e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFRGS. Tem interesse em pesquisas sobre inovações didáticas, métodos ativos de ensino e evasão universitária.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3367650565511331>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6958-8274>

E-mail: tobias.espinosa@ufrgs.br

ÍNDICE REMISSIVO

A

- alfabetização científica 13, 24, 27, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 43, 44, 46, 48, 49, 50, 53, 201, 333
análise de discurso 10, 16, 17, 158, 159, 160, 163, 164, 166, 179, 181, 182
apoio institucional 19, 256, 267
aprendizagem ativa 259, 265, 266, 267, 271, 275, 277, 280
atribuição de valores 85, 86, 98
autonomia docente 13, 47, 49, 55, 69, 73, 271

B

- Base Nacional Comum Curricular 13, 14, 23, 30, 51, 53, 79, 300

C

- ciência acadêmica 145, 146, 148
ciência e tecnologia 10, 138, 156, 182, 231
ciência regulatória 16, 145, 146
CIQT 141, 147, 149, 150
cointeligência 11, 20, 21, 303, 304, 305, 306, 307, 309, 310, 311, 312, 313, 315, 316, 317, 318, 319
colaboração humano-IA 11, 303, 305, 310
competências e habilidades 14, 51, 73, 74, 76, 77
comunidade acadêmica 13, 67, 154, 275, 333
comunidade científica 92, 104, 105, 197
Comunidades de Prática 212, 216, 233, 243, 255, 329
condições institucionais 18, 19, 249, 253, 254, 272, 333

D

- democratização do conhecimento 20, 293, 333
divulgação científica 11, 20, 189, 191, 282, 283, 284, 285, 288, 290, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 332
documentos estratégicos 146, 147, 150, 151

E

- ecossistema quântico de inovação 16, 146

- Educação em Ciências 12, 16, 19, 51, 53, 111, 143, 152, 153, 155, 159, 167, 181, 182, 183, 184, 257, 300, 312, 316, 319, 323, 326

- Educação Profissional e Tecnológica 257

- efeitos de sentido 168, 169, 175, 180

- Ensino de Física 12, 13, 51, 52, 53, 80, 103, 107, 108, 109, 134, 135, 136, 142, 143, 154, 156, 157, 183, 208, 212, 224, 225, 240, 256, 259, 260, 280, 281, 284, 294, 299, 300, 301, 302, 321, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332

- Ensino Médio Integrado 18, 231, 239, 246, 249, 254, 255, 256

- ensino por investigação 9, 14, 22, 24, 27, 33, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 52, 312, 333

- epistemologia da ciência 103

- epistemologia da medição 9, 15, 81, 83, 85, 90, 96, 100, 106

- escola democrática 10, 16, 158, 160, 166, 168, 179

- evolução 31, 85, 152, 188, 189, 283, 307

- experiência 42, 45, 50, 58, 65, 144, 212, 214, 223, 225, 237, 242, 250, 254, 255, 256, 257, 269, 274, 288, 308, 313, 317, 323, 325, 326, 330, 333

F

- física quântica 9, 110, 111, 136, 332

- fordismo 14, 25, 333

- formação continuada 9, 13, 14, 22, 23, 24, 27, 28, 31, 32, 33, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 46, 48, 49, 50, 51, 267, 268, 270, 277, 288

- formação de sujeitos 57, 62

G

- gesto de leitura 10, 158, 166, 167, 168, 169, 179

I

- IAG 20, 21, 300, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318

- indústria 146, 147, 148, 149, 150, 151, 154, 197, 241, 333

Iniciativa Quântica Nacional 144, 146, 147
inovação didática 278
Institutos Federais 231, 232, 233, 234, 239, 240, 250, 253, 256, 257
intersubjetividade 9, 15, 110, 112, 114, 118, 120, 123, 124, 126, 131, 133, 333

L

livros 34, 73, 74, 75, 80, 142, 156, 232, 284, 288, 289, 332, 333

M

Matéria e Energia 42, 45
metrologia contemporânea 15, 90, 100
modelagem científica 83, 84, 87, 88, 89, 99, 103, 109, 329
mudança instrucional 11, 19, 258, 259, 260, 261, 263, 264, 266, 269, 270, 271, 272, 273, 275, 276, 277, 278, 281

N

natureza da ciência 15, 27, 38, 183
negociação de significados 112, 132, 213, 223, 235, 250

O

objetos de conhecimento 27, 28, 31, 35, 37, 45

P

perfil de sujeito 14, 54, 55, 56
políticas educacionais 14, 48, 55, 57, 62, 80, 201, 203, 287, 332
prática pedagógica 42, 44, 48, 153, 233
professor reflexivo 13, 23
profissional reflexivo 26, 27, 333

R

reconhecimento institucional 250, 251, 267
recursos semióticos 111, 132
reformas educacionais 62, 68, 74

S

STEM 259, 261, 262, 279, 280, 281

T

taylorismo 14, 66
Teoria Social da Aprendizagem 10, 209, 211, 212, 223, 225, 234, 333
Terra 42, 45, 107, 140, 188, 189, 205, 290, 291, 333
tradição experimental 10, 16, 158, 160, 166, 168, 179

U

unidades temáticas 28, 42, 45
universidades 145, 146, 265, 298
universo 31, 34, 74, 188, 286, 299

V

valor verdadeiro 15, 85, 86, 87, 89, 90, 96, 97
vida 27, 31, 34, 55, 57, 60, 61, 65, 70, 72, 113, 188, 194, 199, 227, 284, 288, 291, 297, 315, 333

vieses algorítmicos 21, 318, 320

Vocabulário Internacional de Metrologia 15, 91, 99, 104, 106, 108

Z

zona de desenvolvimento proximal 15, 110, 112, 113, 114, 118, 133

www.PIMENTACULTURAL.com

CADERNOS DE PESQUISA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA DA UFRGS

volume 3

