

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Física
Programa de Pós-graduação em Ensino de Física
Mestrado em Ensino de Física

Rafael Andrade Bruno da Cunha

Natureza da Ciência em atividades investigativas com licenciandos em Física:
contribuições da Ciência Integral

Porto Alegre
2024

Rafael Andrade Bruno da Cunha

Natureza da Ciência em atividades investigativas com licenciandos em Física:
contribuições da Ciência Integral

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ensino de Física pelo Programa de Pós-graduação em Ensino de Física do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Alexander Montero Cunha

Coorientadora: Marta Maximo Pereira

Porto Alegre

2024

CIP - Catalogação na Publicação

Cunha, Rafael Andrade Bruno da
Natureza da Ciência em atividades investigativas
com licenciandos em Física: contribuições da Ciência
Integral / Rafael Andrade Bruno da Cunha. -- 2024.
189 f.
Orientador: Alexander Montero Cunha.

Coorientador: Marta Maximo-Pereira.

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

1. Ensino de Física. 2. Natureza da Ciência. 3.
Ensino por Investigação. 4. História da Ciência. 5.
Teoria da Relatividade. I. Cunha, Alexander Montero,
orient. II. Maximo-Pereira, Marta, coorient. III.
Título.

Rafael Andrade Bruno da Cunha

Natureza da Ciência em atividades investigativas com licenciandos em Física:
contribuições da Ciência Integral

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ensino de Física pelo Programa de Pós-graduação em Ensino de Física do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Alexander Montero Cunha

Coorientadora: Marta Maximo Pereira

Porto Alegre, 19 de Setembro de 2024.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Alexander Montero Cunha
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Prof. Dr. Dioni Paulo Pastorio
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Prof. Dr. Roberto Soares da Cruz Hastenreiter
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ)

Profa. Dra. Nilva Lucia Lombardi Sales
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

AGRADECIMENTOS

Ao longo do resto da dissertação precisamos reafirmar o esforço que foi necessário para o seu desenvolvimento, provar o nosso mérito e o mérito do nosso trabalho. Aqui, destaco tudo aquilo que tive muita sorte em conseguir e sem os quais essa pesquisa não existiria.

Tive a sorte em conseguir uma bolsa PROEX da CAPES, assegurada pela luta de tantos estudantes e ativistas que defendem e defenderam a ciência e a educação no Brasil. A sorte de ter encontrado dois orientadores maravilhosos e que, além de terem tido uma enorme paciência para a inconstância da minha escrita, se complementam de forma brilhante. Comecei esse curso sabendo pouco sobre como funciona uma pesquisa e nada sobre a pesquisa na Educação, agora, com o apoio deles, acredito poder (começar a) me chamar de pesquisador.

Não posso deixar de agradecer à toda a minha família pelo apoio que recebo mesmo à distância, em especial, não são todos que recebem tanto apoio de ambos os pais ao seguir uma carreira não-ortodoxa. Mas, é de grande ajuda poder olhar para um avô que fez um caminho parecido e me inspira a buscar um mestrado, um doutorado e, quem sabe um dia, um pós-doutorado.

Não posso dizer que achei que seria fácil uma jornada de três mil quilômetros. Sair da cidade que você cresceu e ama pode ser uma experiência desoladora em alguns momentos, por isso fico muito grato por aqueles que me ajudaram a ter uma comunidade, agradeço especialmente ao Júlio, à Lara e à Camila por isso, mas também sou muito grato a todos os colegas, amigos e professores que compartilharam algum gesto de afeto nesses dois anos. Acima de tudo, sou grato por ter Gabi ao meu lado. Obrigado por não me deixar passar frio sozinho, você é o meu lar.

EPÍGRAFE

A gente aprende que a arte, a verdadeira arte, é o produto de uma mente visionária, única e genial. Uma pessoa que, sozinha, enxerga além do que nós, que não somos verdadeiros artistas, conseguimos ver. Alguém que, talvez por uma intervenção divina, uma predisposição genética ou algum sintoma de tuberculose no século XIX, pôde criar algo especial, que ficará eternizado na memória humana. O verdadeiro autor de uma obra de arte é um indivíduo muito especial.

Thiago Guimarães, 2024

RESUMO

Este trabalho buscou compreender como o ensino da História da Ciência (HC) e da Natureza da Ciência (NdC) podem se beneficiar da implementação do Ensino de Ciências por Investigação (EnCI). Foi adotada a perspectiva de Ciência Integral, ao defender um ensino contextualizado, avaliado a partir das Dimensões de Confiabilidade da Ciência. O EnCI, como uma abordagem didática centrada no aluno, pode contemplar investigações sobre a HC e promover discussões sobre a NdC, sendo escolhido como base para o desenvolvimento de atividades com os estudantes. A pergunta que guiou esta pesquisa foi “Como licenciandos em Física mobilizam aspectos de NdC que emergem de uma sequência de atividades investigativas sobre a história da Teoria da Relatividade?”, que foi respondida a partir de três objetivos. O primeiro deles foi ‘Explorar as relações entre o EnCI e a NdC na literatura’, o qual foi alcançado através de uma revisão sistemática da literatura, em que foi examinado como a NdC é abordada nas pesquisas que envolvem o EnCI, identificando a ausência de um enfoque explícito sobre a NdC em muitos estudos. Também foi categorizada a presença da NdC em seis níveis de proximidade com o EnCI, desde abordagens em que a NdC é central e definidora até aquelas em que a relação entre os dois conceitos é tênue ou inexistente. Ademais, foram desenvolvidas e analisadas atividades investigativas sobre História da Teoria da Relatividade, voltadas para o desenvolvimento de aspectos da NdC. A análise dessas atividades atendeu a dois objetivos: ‘Analisar como os aspectos da NdC são mobilizados em diferentes momentos de uma sequência de atividades investigativas’; e ‘Estabelecer relações entre a sequência de atividades desenvolvidas e a Ciência Integral’. A análise revelou a presença de diferentes dimensões da NdC associadas a um conflito de como a Ciência é representada. Ao invés de ser representada como um empreendimento histórico, social e cultural, a Ciência é muitas vezes associada ao fruto do trabalho de poucos “Grandes Gênios”. Foi percebida ainda uma preocupação com a representação dos cientistas, em especial o apagamento das mulheres e outros grupos socialmente marginalizados da HC, bem como os impactos que tais representações têm sobre os alunos.

Palavras-chave: Ensino de Física; Natureza da Ciência; Ensino por Investigação; História da Ciência; Teoria da Relatividade.

ABSTRACT

This work aimed to understand how teaching the History of Science (HS) and the Nature of Science (NoS) can benefit from implementing Inquiry-based teaching. The Nature of the Whole Science perspective was adopted, advocating for contextualized teaching, evaluated with the dimensions of reliability. The Inquiry-based teaching, as an student-centered didactic approach, can encompass investigations into the HS and promote discussions about the NoS, it was chosen as the basis for developing activities with the students. The question guiding this research was "How do Physics undergraduates mobilize aspects of the NoS that emerge from a sequence of investigative activities about the history of the Theory of Relativity?" This question was addressed through three objectives. The first of these was to "Explore the relationships between EnCI and the NoS in the literature", which was achieved through a systematic literature review, the study examined how the NoS is addressed in research involving Inquiry-based teaching, identifying a lack of explicit focus on the NoS in many studies. Also, the presence of the NoS into six levels of proximity to Inquiry-based teaching, ranging from approaches where the NoS is central and defining to those where the relationship between the two concepts is tenuous or nonexistent, was categorized. An investigative activity sequence about the History of the Theory of Relativity was also developed and analyzed, aimed at developing aspects of the NoS. The analysis of these activities achieve other two objectives: "Analyze how aspects of the NoS are mobilized at different stages of a sequence of investigative activities"; and "Establish relationships between the developed sequence of activities and The Nature of the Whole Science". The analysis revealed the presence of different dimensions of the NoS, that are in conflict with how Science is represented. Instead of being depicted as a historical, social, and cultural endeavor, Science is often associated with the result of the work of a few "Great Scientists". Yet, concerns were noted regarding the portrayal of scientists, particularly the erasure of women and other socially marginalized groups from the HS, as well as the impacts that such representations have on students.

Keywords: Physics' Teaching; Nature of Science; Inquiry-based Teaching; History of Science; Theory of relativity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação do ciclo investigativo proposto por Pedaste et al. (2015)	46
Figura 2 – Ciclo Investigativo com foco em processos dedutivos	49
Figura 3 – Ciclo Investigativo com foco em processos indutivos	49
Figura 4 – Ciclo Investigativo com foco em processos indutivos prolongado	50
Figura 5 – Diagrama das etapas de formação do corpus e de análise de dados	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Inventário parcial das Dimensões de Confiabilidade da Ciência	30
Quadro 2 – Diferentes nomes para cada Dimensão de Confiabilidade e estudos de caso que manifestam cada dimensão	31
Quadro 3 – <i>Corpus</i> formado para a revisão de literatura	54
Quadro 4 – Categorias emergentes da revisão de literatura e artigos em que elas foram identificadas	58
Quadro 5 – Categorias emergentes da análise ordenadas, de forma decrescente, segundo o grau de aproximação entre EnCI e NdC	70
Quadro 6 – Cronograma de encontros do PIBID	73
Quadro 7 – Sujeitos da pesquisa	75
Quadro 8 – Atividades desenvolvidas para realização com os licenciandos	77
Quadro 9 – Episódios presentes nas temáticas da análise	88
Quadro 10 – Categorias emergentes da temática 1 da análise	108
Quadro 11 – Categorias emergentes da temática 2 da análise	136
Quadro 12 – Relação entre as Dimensões de Confiabilidade propostas por Allchin (2013) e as categorias emergentes do atual trabalho	138

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 APORTE TEÓRICO.....	18
2.1 NATUREZA DA CIÊNCIA.....	18
2.1.1 A NATUREZA DA CIÊNCIA EM RELAÇÃO À EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS.....	19
2.1.2 A VISÃO CONSENSUAL DA NATUREZA DA CIÊNCIA.....	20
2.1.2.1 CRÍTICAS À VISÃO CONSENSUAL DA NATUREZA DA CIÊNCIA.....	23
2.1.3 A NATUREZA DA CIÊNCIA A PARTIR DA SEMELHANÇA FAMILIAR.....	26
2.1.4 A NATUREZA DA CIÊNCIA INTEGRAL.....	28
2.1.5 HISTÓRIA DA CIÊNCIA E POSSIBILIDADES PARA ABORDAR A NATUREZA DA CIÊNCIA.....	33
2.1.6 ESTUDOS DAS CONCEPÇÕES DA NATUREZA DA CIÊNCIA NO ENSINO..	38
2.2 ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO (ENCI).....	40
2.2.1 ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO EM SALA DE AULA.....	43
2.2.2 O CICLO INVESTIGATIVO.....	46
3 NATUREZA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO: UMA REVISÃO DE LITERATURA.....	52
3.1 METODOLOGIA DA REVISÃO DE LITERATURA.....	53
3.2 ANÁLISE DO CORPUS.....	58
3.3 SÍNTESE DA REVISÃO DE LITERATURA.....	70
4 FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA.....	73
4.1 CONTEXTO DE PESQUISA.....	74
4.1.1 OS SUJEITOS DA PESQUISA.....	76
4.2 PLANEJAMENTO DA ATIVIDADE FORMATIVA.....	77
4.2.1 ESTRUTURA DAS ATIVIDADES.....	79
4.3 CONSTRUÇÃO DOS DADOS.....	87
4.4 ORGANIZAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DE CONTEÚDO.....	88
5 A NATUREZA DA CIÊNCIA DENTRO DE UM GRUPO DE FORMAÇÃO DE ENCI.....	90
5.1 TEMÁTICA 1: HISTÓRIA E NATUREZA DA CIÊNCIA NOS LIVROS DIDÁTICOS E SEUS EFEITOS NO ENSINO DE FÍSICA.....	91
5.2 TEMÁTICA 2: REPRESENTAÇÕES DA CIÊNCIA E DOS CIENTISTAS E SEUS EFEITOS SOBRE O ENSINO DE FÍSICA.....	110
5.3 SÍNTESE DA ANÁLISE DAS TEMÁTICAS.....	138
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	149
REFERÊNCIAS.....	159
ANEXO A – LIVRO DIDÁTICO - FÍSICA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA (2010).....	166
ANEXO B – LIVRO DIDÁTICO - COMPREENDENDO A FÍSICA (2016).....	174
ANEXO C – LIVRO DIDÁTICO - SER PROTAGONISTA (2013).....	182
ANEXO D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) - PIBIADIANO.....	185

1 INTRODUÇÃO

Elementos sociocientíficos das ciências apresentam-se constantemente em problemas contemporâneos para os estudantes, enquanto cidadãos. O posicionamento frente a estes problemas baseia-se simultaneamente em conhecimentos das ciências da natureza, ciências humanas e em julgamentos éticos e morais em uma relação intrínseca entre os contextos científico, político e social. Mudanças climáticas, fármacos e desenvolvimento tecnológico, entre outras, são áreas em que a população e o poder público precisam tomar decisões e aprender a equilibrá-las, considerando as necessidades de diferentes grupos sociais (Latour, 2009). Em meio a interpretações divergentes entre si, às vezes de forma radicalmente contrárias, é preciso questionar a nossa visão de ciência como um campo unificado e infalível, criada aos moldes do positivismo. É também necessário o debate sobre como podemos levar essa visão para a Educação Básica e o Ensino Superior, sem, no entanto, cair em um relativismo generalizado. Precisamos, por fim, encontrar um equilíbrio que não caia em extremos, da ciência infalível e do relativismo extremo, e que estimule o pensamento crítico dos estudantes e lhes empodere para serem cidadãos críticos e agentes ativos na sociedade (Hansson; Yacoubian, 2020).

Um dos caminhos que este debate geral tomou foi através da Natureza da Ciência (NdC), presente em diversos trabalhos científicos e documentos de políticas públicas (Hodson, 2014; McComas, 2014; Hansson; Yacoubian, 2020; Vilanova; Martins, 2020). Nesses estudos, está amplamente disseminada a importância de se trabalhar elementos de NdC na educação. Entretanto, o porquê de se trabalhar NdC, ou mesmo o que ela é, não é um consenso, podendo, assim, ser compreendida como um tema de fronteira nas pesquisas (Hansson; Yacoubian, 2020).

Moura, Camel e Guerra (2020) propõem sintetizar em três perspectivas predominantes na literatura a descrição da NdC. Em uma primeira perspectiva, busca-se uma visão consensual da ciência a partir da identificação de elementos em comum, com os quais diferentes áreas concordam, e defendem uma abordagem explícita de NdC na educação. Em uma segunda perspectiva, define-se a ciência por intermédio das semelhanças familiares entre as diferentes áreas da ciência. Já em uma terceira perspectiva, busca-se contemplar a ciência de forma mais ampla e não

declarativa, com foco no grau de confiabilidade dos conhecimentos científicos e no estudo de casos autênticos da ciência.

A primeira perspectiva, a visão consensual, trata desses elementos comuns dentro da ciência se baseando em casos da própria história da ciência para defini-los, juntamente com elementos da filosofia da ciência. Nela propõe-se que tais elementos comuns sejam incorporados entre os conteúdos curriculares das disciplinas de ciências. Sua validação é feita através da comparação com as listas de outros pesquisadores da área, que chegam a resultados convergentes, defendendo, assim, a necessidade da elaboração de uma lista consensual única para a ciência, que pode ser atualizada a partir de novas pesquisas referentes ao consenso dos cientistas ou de documentos curriculares (Mccomas 2008, 2020).

A segunda perspectiva de NdC se manifesta através das semelhanças familiares e considera ainda muito restritivas as interpretações que tentam definir a ciência por seus itens comuns nas mais diversas práticas. Propõem-se, assim, ramificações de categorias de semelhanças, que aproximam diferentes áreas da ciência, como seu caráter experimental, suas metodologias de pesquisa, questões que lhe são pertinentes, etc. Essa visão aponta como as áreas que compõem uma família podem se ligar através de mais de um elemento específico, sem que haja nenhum elemento que conecte todas as diferentes áreas. Tais elementos caracterizam o que é ciência, mas eles não podem ser considerados excludentes para apontar se algo específico é considerado ciência, já que nenhum elemento estará presente em todas as áreas ou famílias (Irzik; Nola, 2011).

Já na terceira perspectiva, a Natureza da Ciência Integral (*Nature of the Whole Science*) tem como objetivo justamente trabalhar esses diversos elementos que fazem parte da ciência, e que geralmente são descartados dos livros didáticos a partir de estudos de caso histórico ou contemporâneos, ou mesmo através de investigações, desde que retratem uma Ciência autêntica. Ela propõe trabalhar todos os aspectos da ciência, desde a sua concepção em laboratório até como ela chega ao cidadão, através dos meios de comunicação. Os elementos centrais destacados nessa interpretação são os elementos observacionais, que incluem formas de se conduzir e registrar experimentos, elementos conceituais derivados do espectro humano da ciência e das formas de validação do conhecimento, e elementos socioculturais, que envolvem as relações sociais internas à ciência, influências culturais e religiosas, além da credibilidade dos cientistas e como eles

são representados na mídia e nos meios de divulgação (Allchin, 2013). É importante destacar esse último ponto, pois, dentre as diferenças principais da Natureza da Ciência Integral para outras interpretações, percebe-se uma maior atenção ao papel dos meios de comunicação na NdC. Veículos de imprensa e, mais recentemente, mídias sociais têm um papel central na visão de Ciência desenvolvida pelos cidadãos, já que é por meio dos meios de comunicação que a maior parte dos problemas científicos chegam às pessoas. Desta forma, o ensino de NdC deve incorporá-los entre as dimensões do fazer científico (Allchin, 2013; Höttecke; Allchin, 2020).

Entre as diferentes interpretações de NdC, existem diversos instrumentos utilizados para aferir quais as visões que um determinado público possui. Porém, a maioria desses testes se baseia em afirmações gerais e abstratas sobre a ciência, que não têm real significado fora de contexto do próprio teste, levando-os a não avaliar de fato aquilo que os estudantes pensam ao analisarem um problema cotidiano que possui elementos científicos (Allchin, 2013). Nesse sentido, esta pesquisa se alinha com Allchin (2013), quando defende que compreender como a ciência funciona, seus limites e potencialidades é uma forma de conhecimento, a qual também precisa ser trabalhada na educação científica, a fim de que os cidadãos possam tomar decisões com base nesses entendimentos. Para tanto, em lugar de testes padronizados, o autor propõe focar na capacidade analítica e de argumentação dos alunos frente a problemas científicos, e que tais capacidades só podem ser verdadeiramente avaliadas mediante uma atividade contextualizada, seja ela uma atividade de caráter (1) histórico, (2) investigativo ou de (3) resolução de problemas, entre outros, desde que real e concreta.

Tal foco em grande medida vem da importância de se trabalhar com casos autênticos de NdC, sejam eles experimentos, estudo de casos históricos ou alguma outra atividade, porque, segundo Allchin (2013), a construção da atividade deve partir de casos autênticos, e não somente da necessidade de se trabalhar algum elemento abstrato da NdC. Dessa forma, é destacada a importância e a complexidade de se escolher o caso que será tratado em sala de aula, que consequentemente orientará os elementos de NdC a serem trabalhados, os questionamentos e a avaliação feita ao longo da atividade.

Cada atividade baseada em um caso autêntico da Ciência permite explorar diversos elementos de NdC, mas, para isso, ele deve ser propriamente trabalhado,

de modo que esses elementos não sejam ignorados ou mal representados. De modo geral, a formulação desses casos começa a partir da busca de um conceito da Ciência (e não da NdC), para então buscar qual o caso autêntico a ser trabalhado e identificar quais os elementos de NdC estão presentes nele (Allchin, 2013). É possível também começar a busca a partir do caso histórico, e não de um conceito científico, o que dependerá do contexto de sua formulação. Uma atividade com um caso autêntico, porém, nunca irá trabalhar todos os elementos de NdC. Isso ocorre porque a atividade representa apenas um recorte contextualizado da história, com elementos próprios desse contexto.

O uso de diferentes atividades contextualizadas enriquece as possibilidades de elementos de NdC que podem ser trabalhados e auxilia na construção de uma visão de NdC mais completa e com bases fundamentadas. Considerando as três possibilidades para se trabalhar a Natureza da Ciência Integral apontadas por Allchin (2013), (1) estudo de casos históricos, (2) estudos de casos contemporâneos e (3) atividades investigativas, este trabalho utilizará o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) como abordagem didática passível de estruturar diferentes estudos de casos autênticos.

As perguntas que podem ser feitas em um estudo de caso autêntico, por intermédio do EnCI, se tornam, quando conduzidas de modo adequado, os elementos da NdC a serem trabalhados e objetivados na atividade, ao mesmo tempo que são promotoras de reflexão. De modo geral, uma atividade investigativa no Ensino de Ciências busca oferecer condições ao estudante para que ele possa estabelecer relações causais, explicar fenômenos, desenvolver raciocínio hipotético-dedutivo e compreender aspectos da comunicação e validação do conhecimento, de forma aprofundada, permitindo, assim, a construção de modelos e explicações (Sasseron, 2015).

O EnCI consiste em uma abordagem didática, por não estar preso a nenhum recurso de ensino específico, desde que o estudante seja o investigador de forma ativa e que o professor atue como orientador da investigação. Além disso, essa abordagem implica que o professor deve possibilitar que os estudantes resolvam problemas abertos em colaboração com seus colegas e utilizando diferentes materiais e conhecimentos. O professor irá acompanhar o trabalho realizado pelos estudantes de forma colaborativa, ressaltando para os alunos as pequenas etapas e ações por eles realizadas e problematizando os conhecimentos que estão sendo

produzidos durante a investigação em seus aspectos metodológicos, conceituais, sociais e de comunicação, e, assim, auxiliar os alunos a construírem um novo entendimento sobre a ciência e a natureza (Sasseron, 2015; Silva; Gerolin; Trivelato, 2018).

A escolha de se trabalhar o EnCI, juntamente com os aspectos de NdC, também se deve a ele ser uma abordagem que permite ao estudante se aproximar de diferentes aspectos do conhecimento científico, permitindo que sejam trabalhadas questões epistêmicas, sociais e contextuais da ciência (Sasseron, 2021). O desenvolvimento do EnCI também possibilita a identificação de diferentes objetos epistêmicos que se apresentam em uma investigação e de dimensões do conhecimento científico que são trabalhadas pelo estudante (Sasseron, 2021). Para Trivelato e Tonidandel (2015), a NdC envolve elementos essenciais da linguagem científica e/ou das práticas de sua comunidade. Em alguns casos, elas propõem que o EnCI aproxima os alunos da NdC, ou até mesmo que a incorporação de aspectos da NdC no ensino possa caracterizar o EnCI. O EnCI também mostrou que tem potencial no contexto da formação de professores, em que se busca, entre outros aspectos, o desenvolvimento da reflexão do licenciando em formação, ou do professor em formação continuada (Maximo-Pereira; Cunha, 2021).

A relação entre o EnCI e a NdC, embora não se apresente de forma direta na maior parte da literatura, não é nova para a área de pesquisa. Gil-Pérez (1986) já defendia que o ensino que busca compreender aspectos da NdC está fundamentado na necessidade de mudanças, no campo conceitual ou metodológico, dos próprios professores, para que então possa ser levado aos estudantes. Ele, então, propõe que isso ocorra em abordagens de EnCI (Nascimento, 2004). Mais atualmente, diferentes abordagens investigativas também são desenvolvidas com o objetivo de ensinar NdC e/ou abordar questões epistêmicas no ensino de ciências. Briccia e Carvalho (2011) investigam uma atividade com uso de textos de História da Ciência para trabalhar elementos epistêmicos no ensino de ciências. Dentro dessas atividades, foi feita uma aproximação com uma abordagem investigativa, com o professor adotando um papel de mediador em discussões e argumentações estimuladas entre os estudantes a partir dos textos. Nesse processo, elas observaram que o uso de textos históricos, aliado com as características investigativas da atividade (como a leitura aberta dos textos com todos os alunos, o desenvolvimento da argumentação e o papel do professor como mediador, e não

como transmissor do conhecimento), está ligado aos sinais de reconhecimento, por parte dos alunos, das características do conhecimento científico e de como ele se transforma ao longo do tempo.

Na revisão realizada por Cunha, Maximo-Pereira e Cunha (2023) também foi observado como algumas perspectivas para essa área, como as práticas epistêmicas, têm sido utilizadas mais recentemente no contexto do EnCI. As práticas epistêmicas são ações que ocorrem em uma determinada comunidade para propor, justificar, avaliar ou legitimar o conhecimento (Kelly, 2008). Nesse estudo, todos os trabalhos analisados partiam da premissa do EnCI como uma abordagem que fomenta o aparecimento de práticas epistêmicas, além de a maioria deles terem a ocorrência de práticas epistêmicas nas ações dos alunos como objetivo dentro do EnCI ou atuando na promoção da alfabetização científica (Cunha; Maximo-Pereira; Cunha, 2023).

Nesse sentido, as práticas epistêmicas se inserem no EnCI tanto por se relacionar com os critérios de validação do conhecimento científico, consequentemente desenvolvendo o ensino da NdC, como por focar nas atividades dos estudantes no ambiente escolar, envolvendo a construção coletiva de explicações cientificamente sólidas (Cunha; Maximo-Pereira; Cunha, 2024). Outros autores apontam uma relação profunda entre EnCI e NdC, de forma que a abordagem da NdC seria elemento intrínseco do EnCI:

O ensino por investigação toma por inspiração a construção do conhecimento em processos de pesquisa científica e se fundamenta na orientação fornecida pelo professor; privilegia práticas da comunidade científica e propõe explicações baseadas em evidências do trabalho investigativo (GUISASOLA et al., 2007; SMITHENRY, 2010). **Aspectos da natureza da ciência incorporados na estrutura das atividades caracterizam o ensino por investigação.** Guisasola et al. (2006) propõem que as atividades investigativas sejam compostas por elementos também presentes na construção do conhecimento científico, como: a) os objetivos da ciência (construção de explicações, desenvolvimento de metodologias, contexto sociocultural e caráter imaginativo); b) a dimensão epistemológica (desenvolvimento de hipóteses e previsões, utilização de diferentes metodologias de investigação e formas de construção do conhecimento) e; c) a dimensão ontológica (uso de teorias e conceitos, articulação de dados obtidos com apoio conceitual). (Trivelato; Tonidandel, 2015, p. 103, grifo nosso)

Apesar dessa centralização da NdC no EnCI, os autores não dissertam com profundidade qual perspectiva de NdC caracterizaria o EnCI e nem a forma, sendo necessária uma investigação para consolidar essa relação.

Tais questões entre o EnCI e a NdC, portanto, foram exploradas com mais profundidade nos estudos do presente trabalho. A pergunta central de nossa pesquisa é “Como licenciandos em Física mobilizam aspectos de NdC que emergem de uma sequência de atividades investigativas sobre a história da Teoria da Relatividade?”. Para respondê-la, foram pensados três objetivos específicos: (i) Explorar as relações entre o EnCI e a NdC na literatura; (ii) Analisar como os aspectos da NdC são mobilizados em diferentes momentos de uma sequência de atividades investigativas; e (iii) Estabelecer relações entre a sequência de atividades desenvolvidas e a Ciência Integral proposta por Allchin (2013).

Essa pesquisa foi realizada junto a um grupo de licenciandos do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) que participou de um processo formativo no âmbito do Grupo de Estudos e Práticas em Ensino de Ciências por Investigação (GEPEnCI). O GEPEnCI tem como foco trabalhar diferentes perspectivas e elementos do EnCI junto a licenciandos. O supervisor e os pesquisadores-participantes que os acompanharam discutiram durante os encontros sobre diferentes elementos que são constituintes do EnCI.

Dentro desse grupo, foram formuladas atividades de EnCI centradas em estudos de casos autênticos, com o objetivo de criar uma reflexão entre os licenciandos sobre diferentes elementos de NdC. O foco central foram alguns elementos sociais, como as influências culturais, étnicas e ideológicas daqueles que participam do conflito, tendo como base as dimensões da confiabilidade da Ciência Integral proposta por Allchin (2011).

Nas reuniões do PIBID, foram trabalhadas atividades de EnCI com foco em elementos da NdC, a partir das quais traçamos um panorama sobre como os licenciandos se apropriam de diferentes visões sobre a NdC e as mudanças dessas visões no decorrer das atividades formativas. A atividade de EnCI que foi realizada no ambiente formativo dos licenciandos foi elaborada com diferentes fontes, como textos históricos e historiográficos, já que estes têm grande potencial para trabalhar elementos epistêmicos e sociais da construção do conhecimento científico (Carvalho, 2018). Também foram utilizados livros didáticos, vídeos e publicações de divulgação científica presentes na mídia. Em todos esses casos, foram propostas

situações problema, sendo essa uma característica central em práticas de EnCI, o que permitiu iniciar e conduzir a discussão central da atividade (Briccia; Carvalho, 2011).

A coleta de dados da atividade foi feita a partir das interações entre os licenciandos, mediados por perguntas que complementam a problematização geral. Essa abordagem está de acordo com o EnCI, pois os licenciandos investigam os materiais disponibilizados nas atividades e discutem entre si, com o supervisor e com os pesquisadores-participantes na direção de explicitar consensos e eventualmente dissensos sobre as questões colocadas. Ela também se alinha com a proposta de Ciência Integral de Allchin (2013): “Avaliação, claro, não precisa sempre envolver testes formais. Aferir a performance geral dos estudantes é o objetivo, não a performance nas condições de um teste.” (p. 157. Tradução nossa).

Desse modo, foram avaliadas as respostas às perguntas das atividades, considerando que a resposta não é dada em um único momento pelo licenciando, mas continuamente ao longo da atividade e contextualizada dentro da mesma. Essas perguntas também, embora específicas para cada etapa da formação, devem ser analisadas como pertencentes à mesma sequência formativa, que contribui para o debate e a reflexão dos licenciandos. Novas perguntas podem ser acrescentadas de forma iterativa para a avaliação a partir dos questionamentos feitos pelos próprios licenciandos, já que o EnCI é uma abordagem centrada no aluno (Pedaste et al., 2015; Carvalho, 2018).

O trabalho está dividido em sete capítulos: (i) o capítulo atual, referente à introdução; (ii) o capítulo de aporte teórico, que desenvolve as possibilidades para a NdC no Ensino e as três principais perspectivas sobre a NdC, além de tratar sobre EnCI, suas características e conceitualização histórica e possíveis ligações com a NdC; O (iii) capítulo de revisão de literatura, em que é formado e analisado um corpus de 34 artigos de EnCI que fazem referência à NdC; a (iv) metodologia, em que são descritos o contexto e as bases metodológicas da pesquisa realizada; (v) a análise dos dados referentes à formação de NdC para os pibidianos; e as (vi) considerações finais do trabalho.

2 APORTE TEÓRICO

2.1 NATUREZA DA CIÊNCIA

A Natureza da Ciência (NdC) pode ser entendida como um tema dentro da área da História e Filosofia da Ciência para o Ensino de Ciências, que ganhou maior relevância nos últimos anos por conta, em grande parte, da sua inclusão em documentos curriculares ao redor do mundo (Amador-Rodríguez; Adúriz-Bravo, 2017, Moura; Camel; Guerra, 2020). Isso porque, dentro de algumas concepções curriculares, a compreensão da NdC é posta como meta por se considerar que tal compreensão pode levar a entender a Ciência de modo geral (Moura, 2014).

Apesar de haver diferentes definições para a NdC, ela é recorrentemente relacionada à epistemologia da ciência, incorporando, mas não limitada, à natureza da investigação científica de forma associada a fatores históricos, culturais e sociais da humanidade no contexto de produção do conhecimento (Moura, 2014, Azevedo; Scarpa, 2017).

Numa perspectiva epistemológica, as definições e discussões sobre NdC focam na proposição e validação do conhecimento científico, isto é, nos critérios adotados (questionamentos e métodos) para uma determinada área, aceitos por essa comunidade como válidos: as características de suas investigações, o papel do conhecimento gerado e os paradigmas que orientam os trabalhos dos cientistas. Para além da perspectiva epistemológica, da , outros fatores podem ser relacionados à NdC, numa perspectiva sociológica como os paradigmas que guiam e fundamentam o trabalho científico, a forma como os cientistas atuam enquanto um grupo social e o próprio papel do conhecimento gerado pela ciência na sociedade (Azevedo; Scarpa, 2017).

Assim, uma das possibilidades para sintetizar o estudo da NdC é “compreender como o homem constrói o conhecimento científico em cada contexto e em cada época, tendo como base suas concepções filosóficas, ideológicas e metodológicas.” (Moura, 2014. p. 37). Essa definição, porém, deixa de fora um elemento crucial da NdC que é seu papel educacional.

2.1.1 A NATUREZA DA CIÊNCIA EM RELAÇÃO À EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

Como descrito por Adúriz-Bravo (2005), a NdC não é apenas esse conjunto de conhecimentos metacientíficos, mas a seleção de tais conhecimentos que tenham valor para a educação científica e que devem passar por uma transposição didática (Amador-Rodríguez; Adúriz-Bravo, 2017). Dessa forma, podemos dizer que a NdC é uma área própria da Educação e do Ensino de Ciências, apesar de ter fortes conexões com a epistemologia. Como a área da NdC é fortemente ligada à Educação em Ciências, tais discussões de NdC tendem a estar relacionadas com quatro dimensões de aprendizagem:

- Aprender Ciência
- Aprender a fazer Ciência
- Aprender sobre Ciências
- Aprender a lidar com temas sociocientíficos

Tal compreensão ganha destaque especial na formação de professores, na busca de um maior domínio dos conhecimentos que deverão ser tratados por eles, além de permitir certa interdisciplinaridade e capacidade de visitar seus significados em diferentes contextos, como é proposto pelas próprias Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, embora a mesma não utilize o termo NdC (Moura, 2014).

Outros documentos nacionais mencionam questões similares, como os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio e o Plano Nacional de educação, ao defender que a formação dos professores deve ser crítica e que lhe permita ler o mundo em seus diferentes modelos e contextos (Moura, 2014, Azevedo; Scarpa, 2017). Esses objetivos também são reforçados pela compreensão dentro desses documentos de que o objetivo do professor é causar uma alteração nas concepções dos alunos e permitindo a ele refletir mais do que o conteúdo por ele trabalhado, mas a epistemologia da Ciência que sustenta tal conhecimento (Azevedo; Scarpa, 2017, Moura; Camel; Guerra, 2020).

Para os estudantes, a aproximação com a epistemologia a partir da NdC também permite um maior engajamento com temas atuais e o desenvolvimento da habilidade de julgar a qualidade de dados e argumentação científica para poder

tomar decisões em cima de tais temas (Azevedo; Scarpa, 2017). Embora o alcance dessa melhor capacidade de se envolver em casos reais seja questionada sem que haja outras mudanças na estrutura escolar, é de comum acordo que professores com maior domínio epistemológico são um pré-requisito para que haja o mesmo entre seus estudantes (Moura; Camel; Guerra, 2020).

Há, porém, uma infinidade de formas que poderiam orientar a caracterização desse processo e criar um recorte que represente a ciência enquanto produção humana com seus elementos internos e externos (Moura, 2014). É possível delinear que a pesquisa sobre a NdC se concentrou nas últimas décadas em três linhas principais (além de alguns outros modelos menos disseminados):

- A Visão Consensual
- A Semelhança Familiar
- A Ciência Integral

A adoção de uma dessas linhas está fortemente associada a questões filosóficas e ideológicas dos pesquisadores, todos possuindo suas limitações, não podendo se reduzir para um modelo ser melhor do que o outro (Moura, 2014, Azevedo; Scarpa, 2017, Moura; Camel; Guerra, 2020).

2.1.2 A VISÃO CONSENSUAL DA NATUREZA DA CIÊNCIA

Há por parte de alguns autores um consenso sobre quais são os aspectos essenciais da Ciência que devem ser trabalhados na Educação Básica, que por mais que não definam o que é Ciência do ponto de vista mais amplo e filosófico, seria recorrente na visão pedagógica da Ciência (Azevedo; Scarpa, 2017). Tal visão, dita consensual, tem suas bases em uma série de publicações de Norman Lederman e outros autores, com suas primeiras publicações na década de 80, como a tese de doutorado do próprio Lederman e alguns estudos de Giddings, e acaba se consolidando nos anos 2000 (Moura; Camel; Guerra, 2020).

Esse processo pode ser associado a um contexto da área de Ensino de Ciências em que se focava predominantemente a transmissão dos produtos da Ciência, ou seja, as teorias científicas e as tecnologias derivadas das mesmas. Esse ensino, no entanto, não dava a devida atenção ao contexto de descoberta e

validação do conhecimento, nem desenvolvia as práticas associadas ao empreendimento científico. Em resposta a esse cenário, vários documentos curriculares foram formulados de modo a abordar tais questões sobre a construção do conhecimento científico (Moura; Camel; Guerra, 2020).

O objetivo ao se trabalhar com uma abordagem de Visão Consensual é trazer uma lista de elementos explícitos e objetivos que compõem o fazer científico e que podem dar suporte aos professores que irão trabalhar questões epistemológicas da Ciência (Moura, 2014, Moura; Camel; Guerra, 2020). Para tal, foram feitas diversas pesquisas com a intenção de chegar a quais características da construção do conhecimento científico a maioria dos cientistas concordariam, partindo de conceitos e demandas de diversos documentos curriculares de língua inglesa e os complementando com saberes de quatro áreas principais de conhecimento: História, Filosofia e Sociologia da Ciência e Psicologia (Moura, 2014, Moura; Camel; Guerra, 2020).

Inicialmente, essas características consensuais foram resumidas em cinco tópicos gerais (Moura, 2014):

- *A Ciência é mutável, dinâmica e tem como objetivo buscar explicar os fenômenos naturais:*

A Ciência, portanto, não seria composta por conhecimentos absolutos e inalteráveis, mas sim de um conjunto de modelos que buscam explicar os fenômenos do mundo, podendo eles serem criados, abandonados, modificados ou retomados.

- *Não existe um método científico universal:*

O fazer científico não é regido por regras universais. As suas metodologias são variadas, assim como os resultados providos por elas, sendo suas concordâncias e discordâncias naturais e enriquecedoras ao processo científico. Tais metodologias terão sempre seus limites e algum grau (finito) de validade dentro das concepções e objetivos de seus estudos.

- *A teoria não é consequência da observação/experimento e vice-versa:*

A noção de desenvolvimento linear do conhecimento científico, seja da observação/experimentação levar a formulação integral de uma teoria ou o caminho

inverso, leva a uma visão superficial desse processo e ignora as diversas etapas, metodologias e influências internas e externas à Ciência.

- *A Ciência é influenciada pelo contexto social, cultural, político etc., no qual ela é construída:*

A Ciência e o pensamento científicos não são neutros. Sendo fruto de intencionalidades dentro de um momento histórico e geográfico que influenciam em seu desenvolvimento, aceitação ou rejeição.

(Tal ponto, porém, é questão de forte desacordo quanto ao seu grau de influência)

- *Os cientistas utilizam imaginação, crenças pessoais, influências externas, entre outros para fazer Ciência:*

O cientista é primeiramente um ser humano com crenças, falhas, ambições e particularidades. Tais características influenciam no processo científico e nos conhecimentos gerados e legitimados por esse processo. Da mesma forma também não há uma única forma de ser cientista ou um molde que deva ser seguido.

Dessa forma, ao utilizar a Visão Consensual são feitas afirmações sobre a natureza do conhecimento científico que são elaboradas e reforçadas através da epistemologia da Ciência, além de teorias comuns ao Ensino e à Educação em Ciências (Azevedo; Scarpa, 2017).

Tais características dão lugar a sete aspectos centrais enunciados por Lederman, um dos autores mais citados por aqueles que utilizam a Visão Consensual (Azevedo; Scarpa, 2017), de que o conhecimento científico é:

- provisório;
- fruto do empirismo;
- orientado por teorias;
- parcialmente dependente de inferências, criatividade e imaginação;
- organizado em leis e teorias (que possuem naturezas distintas);
- produzido dentro de um contexto social e cultural;
- baseado em uma diversidade de métodos.

Apesar das variações apresentadas entre outras listas da Visão Consensual, os pesquisadores que a defendem se cristalizaram como um forte grupo em defesa desta concepção (Moura; Camel; Guerra, 2020). Pode ser destacado um dos defensores mais ferrenhos, William McComas, que afirma que grupos paralelos em defesa do ensino de NdC surgiram nos documentos curriculares (Moura; Camel; Guerra, 2020). Isso não significa que os educadores que abordam a Visão Consensual da NdC não reconheçam que há controvérsias nessa visão, mas que para fins educacionais há um largo consenso (Clough; Olson, 2008).

Quanto aos usos das características da NdC, Clough e Olson (2008) defendem que apesar de seu potencial para auxiliar no desenvolvimento de currículos, métodos de ensino e avaliação, há o perigo dessas características serem mal interpretadas e estagnarem a aprendizagem. A maioria das características da NdC só possuem significado quando são apresentadas de forma contextualizada, e não puramente declarativa (Clough; Olson, 2008). Nesse sentido, o uso de casos da História da Ciência tem grande valor para fornecer esse contexto e promover debates, que além de não prejudicar a aprendizagem do “conhecimento científico propriamente dito”, promove-o (Clough; Olson, 2008).

2.1.2.1 CRÍTICAS À VISÃO CONSENSUAL DA NATUREZA DA CIÊNCIA

Azevedo e Scarpa (2017) em sua revisão sistemática observaram os principais aspectos que são investigados e publicados entre aqueles que se alinham com a Visão Consensual da NdC. Embora seja a abordagem mais comum para se trabalhar a NdC, seu uso encontra diversas dificuldades e incoerências, o que se reflete nos artigos da área. Pouco menos da metade dos artigos sobre NdC utilizam listas de aspectos da NdC e discutem tais aspectos, enquanto a maior parte do restante utiliza essas listas sem quaisquer discussões e alguns poucos não dão explicações quanto aos aspectos investigados (Azevedo; Scarpa, 2017).

Críticas a essa Visão Consensual começaram a ter mais relevância no final do século XX, sendo muitas delas relativamente recentes nas discussões sobre NdC e em processo de ser integradas em grande parte das pesquisas da área (Azevedo; Scarpa, 2017). A principal problemática é a dogmatização de conteúdos que devem ser transmitidos para todos os estudantes, levando a uma educação normativa e

acrítica que se difere apenas de uma lista de conteúdos tradicionais para uma lista de conteúdos epistemológicos para serem decorados para uma avaliação (Allchin, 2013, Moura; Camel; Guerra, 2020).

Uma incoerência forte da Visão Consensual também é a própria falta de consenso entre aqueles que adotam a visão consensual, como foi observado por Azevedo e Scarpa:

“Destacamos que os 25 aspectos encontrados no nosso levantamento ultrapassam os aspectos adotados como consensuais por autores frequentemente citados na literatura.” (Azevedo; Scarpa, 2017, p. 597)

As autoras se aproximam então do entendimento de autores como Alters que não há um consenso mínimo entre os cientistas sobre o que é a NdC (Moura; Camel; Guerra, 2020). Para autores como Irzik e Nola a Visão Consensual representa a Ciência de forma excessivamente rígida e não demonstra como a Ciência se transforma e evolui ao longo tempo, e que diferentes áreas da Ciência se transmutam em ritmos diferentes (Amador-Rodríguez; Adúriz-Bravo, 2017).

Além disso, a tendência da Visão Consensual em tratar a NdC através de afirmações faz com que elas sejam mal compreendidas e representem uma visão reducionista da Ciência. Se somam a esses fatores, as críticas às próprias afirmações escolhidas para as listas consensuais, que nem sempre têm natureza clara e passam um entendimento de Ciência limitado e muitas vezes acrítico (Azevedo; Scarpa, 2017). Para Allchin, tais problemas se intensificam pela prática na Visão Consensual de utilizar casos históricos destinados a ilustrar itens específicos da lista, mascarando outros e criando anacronismos históricos e distorções do fazer científico (Allchin, 2013, Moura; Camel; Guerra, 2020). Assim, ao tentar buscar uma lista de aspectos generalizados para toda Ciência, tais aspectos apresentam pouca profundidade e não são capazes de representar bem as diferentes formas que a Ciência adota em suas diferentes áreas, contribuindo para a má compreensão sobre a Ciência e os elementos que a compõem.

Para a Educação, esses problemas agravam e são agravados pela prática de se buscar uma validação externa aos profissionais da Educação, de modo a regular a atuação desses profissionais. Seja o consenso dos cientistas, dos especialistas de cada área ou dos documentos curriculares, tais reguladores externos afastam o professor e os pesquisadores da área da Educação do debate sobre aquilo que será ensinado (Moura; Camel; Guerra, 2020). Como será visto mais à frente, as

alternativas à Visão Consensual ainda estão sujeitas a essas falhas, caso sejam exploradas por mecanismos de avaliação externos ao processo de ensino-aprendizagem, que as enrijecem e tiram seu caráter crítico (Moura; Camel; Guerra, 2020).

Caso os conteúdos de História, Filosofia e Sociologia da Ciência sejam enquadrados de forma a padronizá-los para os inserir como mais um conteúdo a ser distribuído aos alunos eles perdem a sua potência, sendo, portanto, necessário garantir que eles possam ser construídos a partir do contexto a ser trabalhado (Moura; Camel; Guerra, 2020).

Apesar das duras críticas a tal modelo, a maioria dos autores não defende um abandono de se trabalhar a NdC em sala de aula. Ao contrário, é reforçada a importância desses elementos e são propostas alternativas a essa abordagem, sendo as duas alternativas principais as propostas de Douglas Allchin e de Guroi Irzik e Robert Nola (Moura; Camel; Guerra, 2020).

Clough defende o trabalho com questões associadas à NdC ao invés de utilizar uma lista afirmativa; Irzik e Nola dizem que na Ciência há mais diferenças do que consenso na NdC e que as semelhanças entre diferentes áreas permite classificá-las em famílias; Allchin defende uma NdC contextualizada em estudos de caso e foco na confiabilidade da Ciência e análise dos elementos da produção do conhecimento científico; Matthews propõe uma reestruturação de como são abordadas as características da Ciência, separando suas partes epistemológicas, sociológicas entre outras, evitando a formação de listas que levem a uma educação expositiva/declarativa da Ciência (Azevedo; Scarpa, 2017).

Há, claro, aqueles que vão se posicionar de forma mais crítica à área da NdC de modo geral e não entendem-a como sendo intrinsecamente valiosa para a Educação em Ciências como muitos autores a vêem. Esses autores vão defender a associação da NdC com outros fatores que, esses sim, serão entendidos como intrinsecamente valiosos para os indivíduos e para a sociedade, assim sendo necessária a inclusão curricular (Azevedo; Scarpa, 2017). Hodson, por exemplo, defende a necessidade da associação dos elementos da NdC a serem trabalhados com os objetivos educacionais a serem propostos, como a associação de elementos que aumentam a motivação dos estudantes ou que são capazes de auxiliar na compreensão e reflexão sobre questões sociocientíficas (Azevedo; Scarpa, 2017). Da mesma forma, Matthews defende a validade do uso da NdC através da História e

Filosofia da Ciência para tais objetivos, mas as reivindicações sobre os efeitos e benefícios de seu uso deveriam ser mais modestos do que muitas vezes o são (Azevedo; Scarpa, 2017). Matthews ainda defende a mudança terminológica de pesquisas da área de NdC para Elementos da Ciência (ou *Features of Science*, em inglês), de modo a auxiliar no distanciamento dos seguintes problemas pedagógicos e epistemológicos que o autor vê sobre a pesquisa em NdC (Amador-Rodríguez; Adúriz-Bravo, 2017):

- A mistura indiscriminada entre características epistemológicas, sociológicas, psicológicas, éticas, financeiras e filosóficas em uma única lista consensual da NdC.
- Privilegiar uma determinada posição em tópicos controversos em que não há de fato um consenso atual.
- Pressupor que há uma solução única para a demarcação do que é Ciência.
- Considerar que a aprendizagem da NdC possa ser avaliada a partir da capacidade dos estudantes em identificar vários itens da NdC.

Para Matthews, então, os Elementos da Ciência podem ser discutidos e questionados em sala de aula, diferentemente de uma lista fixa de itens da NdC. Ele integra, inicialmente, como Elementos da Ciência os sete aspectos centrais de Ledermann para a NdC, descritos no final da seção 2.1.2, juntamente com: Experimentação; idealização; modelos; valores e questões sociocientíficas; matematização; tecnologia; explicação; cosmovisões e religião; escolha teórica e racionalidade; feminismo; e realismo e construtivismo (Amador-Rodríguez; Adúriz-Bravo, 2017). Tal mudança, para Matthews, seria de grande ganho para professores e formadores de professores que têm como objetivo promover uma alfabetização científica.

2.1.3 A NATUREZA DA CIÊNCIA A PARTIR DA SEMELHANÇA FAMILIAR

Críticos a uma abordagem que busca os elementos consensuais da Ciência, que não auxiliam na superação de ideias deformadas da Ciência, alguns autores preferem uma abordagem de semelhança familiar (Moura, 2014, Amador-Rodríguez; Adúriz-Bravo, 2017). Para eles, a Ciência é muito diversa e plural e não seria

possível apontar uma lista de elementos consensuais ou esses seriam tão amplos e escassos que pouco fariam sobre o que é a Ciência (Moura, 2014). Tal impasse leva à contradição em alguns elementos da Visão Consensual e princípios como uma divisão entre o conhecimento científico e as práticas científicas que agravam a má representação da Ciência (Moura; Camel; Guerra, 2020). Por tanto, para fugir de uma visão rígida e pouco representativa da Ciência, é de maior interesse apresentar e debater quais as semelhanças e diferenças entre as diferentes disciplinas científicas.

A perspectiva de semelhança de famílias utilizada por Irzik e Nola (2011) não é exclusivo deles ou da área da NdC, mas é um conceito que vem de uma longa tradição filosófica e foi consolidada por Ludwig Wittgenstein (Moura; Camel; Guerra, 2020). As diferentes áreas científicas estariam, através dessa visão, conectadas pelas suas semelhanças, embora não haja nenhuma característica única que seja presente em todas as áreas científicas (Moura; Camel; Guerra, 2020).

Para isso, são utilizadas quatro categorias de semelhança familiar que conectam as diversas áreas da Ciência, podendo elas serem classificadas como pertencentes a uma mesma família que possui bases teórico-metodológicas semelhantes. Assim, embora algumas áreas como o eletromagnetismo e as geociências tenham objetivos e metodologias diferentes, elas ainda possuem semelhanças que permitem considerar ambas como áreas da Ciência (Moura, 2014). As categorias de semelhança familiar são as seguintes:

- *Atividades:*

As atividades científicas, sejam materiais, observacionais ou matemáticas, diferem em grande medida entre as diversas áreas, mas todas possuem esta dimensão. Tais práticas irão compor as etapas dos experimentos e das investigações realizadas em uma dada área de conhecimento científico.

- *Objetivos e valores:*

Os propósitos e os limites do que uma área se dispõe a realizar são parte fundamental do processo científico. Tanto objetivos, como valores são intimamente ligados ao objeto de estudo de cada área e como eles se relacionam com os cientistas e a sociedade.

- *Metodologias e regras metodológicas:*

As metodologias científicas são tão fundamentais à Ciência que diversas visões mais simplistas definem a Ciência como aquilo que segue “o método científico”. De fato, o conhecimento científico exige um rigor metodológico para ser considerado válido, porém a Ciência não possui um único método científico e, na grande maioria dos casos, o método utilizado não pode ser resumido em etapas rígidas a serem seguidas.

- *Produtos:*

A Ciência, em grande medida, busca gerar conhecimento e outros produtos que podem ser de uso interno ou externo à Ciência. Tais produtos podem variar muito em forma, natureza e utilidade entre as diferentes áreas científicas.

Embora a tentativa da Visão Consensual em estabelecer uma lista de elementos universais que caracterizam a Ciência seja muito limitante, alguns autores vêem a concepção de semelhança familiar como pouco efetiva no que se propõe ao tentar definir os critérios de demarcação da ciência, além disto a tornar muito normativa e muito centrada na visão de supostos especialistas, assim pouco se distanciando verdadeiramente da Visão Consensual (Moura, 2014, Moura; Camel; Guerra, 2020). Os autores ainda acabam por contradizer parte dos princípios de Wittgenstein ao tentar demarcar aquilo que é Ciência ao invés de observar as relações e diferenças entre as diversas disciplinas, sejam elas científicas ou não (Moura; Camel; Guerra, 2020).

Parte deste problema pode se dever ao baixo compromisso dessa abordagem com a área da Educação e suas perspectivas pedagógicas, que são inseridas posteriormente ao debate filosófico (Moura; Camel; Guerra, 2020). Apesar da perspectiva de semelhança familiar ter crescido e ganhado certo alcance, gerou pouca controvérsia para com a Visão Consensual através de artigos-resposta (Moura; Camel; Guerra, 2020).

2.1.4 A NATUREZA DA CIÊNCIA INTEGRAL

A Ciência Integral proposta por Allchin, assim como outras perspectivas que crescem da crítica feita à Visão Consensual, considera que listas afirmativas como

conteúdo formativo a ser memorizado ajudam pouco ou em nada para a compreensão da Ciência, ou às dimensões do saber fazer Ciência, saber sobre Ciências ou o lidar com elementos sociocientíficos (Azevedo; Scarpa, 2017). Em contramedida, a importância da NdC vem de seu potencial para o desenvolvimento de certas habilidades desejadas para os estudantes, como uma melhor visão sobre os processos de desenvolvimento do conhecimento científico e a capacidade de julgar o grau de confiabilidade de diferentes informações. Para tal, é necessária a integração de abordagens investigativas, análises e imersões históricas ou de estudo de casos contemporâneos que oportunizem a reflexão, manejo e estruturação de diferentes dimensões da NdC (Amador-Rodríguez; Adúriz-Bravo, 2017, Azevedo; Scarpa, 2017). Tais abordagens, referidas por ele como estudos de casos autênticos, servem para ilustrar diversos aspectos em conjunto, sem dar primazia ou excluir nenhum daqueles que se manifestem no caso, sendo assim uma Ciência Integral ou autêntica (Moura; Camel; Guerra, 2020).

Em Allchin (2011) são exemplificados cinco estudos de casos autênticos da NdC que possuem potencial para o ensino da Ciência Integral e que são associados a algumas características da NdC. Tais casos são (Allchin, 2011):

- Revisão da Recomendação de Mamogramas, Nov. 2009
- “*Climategate*”, Nov. 2009
- Comunicação Facilitada de Pacientes em Coma, Nov. 2009
- Autismo e a Vacina de Sarampo, Fev. 2010
- Beribéri em Java, 1896

Para se trabalhar com esses e outros estudos de caso, Allchin utiliza uma lista de dimensões de confiabilidade da Ciência, que auxiliam na investigação do caso, destacando as etapas pelas quais o conhecimento gerado passou (Allchin, 2013, Moura; Camel; Guerra, 2020). Com essa reformulação ele tem por objetivo reforçar o papel dos estudos de caso e da reflexão que deve ser gerada a partir deles, além de permitir um olhar epistêmico sobre as práticas científicas aliado com uma abordagem sociocientífica (Amador-Rodríguez; Adúriz-Bravo, 2017).

Quadro 1: Inventário parcial das Dimensões de Confiabilidade da Ciência

Categorias Epistêmicas	Dimensões de Confiabilidade	Exemplos de características dentro da categoria
Dimensões Observacionais	Observação e Medida	Acurácia, precisão; Estudo sistemático (versus anedótico); Completude de evidência; Robustez (Concordância entre diferentes dados).
	Experimento	Experimento Controlado (uma variável); Estudo cego e duplo-cego; Análise estatística de erro; Replicabilidade e tamanho da amostra.
	Instrumentos	Novos instrumentos e sua validação; Modelos e organismos modelo; Ética de experimentação em humanos.
Dimensões Conceituais	Padrão de Raciocínio	Relevância evidencial (empirismo); Informações verificáveis versus valores; Papel da probabilidade na inferência; Explicação alternativa; Correlação versus causalidade.
	Dimensão Histórica	Conciliação com evidências estabelecidas; Papel da analogia, pensamento interdisciplinar; Mudança conceitual; Erro e incerteza; Papel da imaginação e síntese criativa
	Dimensão Humana	Espectro da motivação para fazer ciência; Espectro de personalidades humanas; Viés de confirmação, papel de crenças prévias; Emocional versus percepção de risco baseada em evidências
Dimensões Socioculturais	Instituições	Colaboração e competição entre cientistas; Formas de persuasão; Credibilidade; Revisão por pares e resposta a críticas; Resolução de conflitos; Liberdade acadêmica.
	Vieses	Papel das crenças culturais; Papel do viés de gênero; Papel racial e viés de classe.
	Economia/Financiamento	Fontes de financiamento; Conflito de interesses.
	Comunicação	Normas para manusear dados científicos; Natureza dos gráficos; Credibilidade de diferentes periódicos científicos e veículos de informação; Fraude e outras formas de má conduta; Responsabilidade social do cientista.

Fonte: adaptado de Allchin, 2013, p. 24 (tradução nossa).

Cada Dimensão de Confiabilidade da Ciência representa uma esfera a qual o conhecimento científico terá passado, o que pode influenciar o quão confiável é dada informação, sendo então necessário avaliar essas dimensões ao se deparar com um conteúdo novo (Allchin, 2013). As dimensões apresentadas no quadro não têm por objetivo se manter separadas, nem serem trabalhadas de forma individual em sala de aula, ao contrário, a intenção de Allchin ao formular esta tabela é apenas auxiliar o professor a lembrar de tais categorias para a construção do estudo de caso (Amador-Rodríguez; Adúriz-Bravo, 2017). As próprias dimensões não são tratadas como suficientes, nem universais, podendo ser acrescentado novos itens para um dado estudo de caso ou omitido outro que não se manifeste.

Embora as nomenclaturas das Dimensões de Confiabilidade usadas em Allchin (2011) ao propor os cinco estudos de caso citados anteriormente sejam diferentes das que ele utiliza em *Teaching the Nature of Science: Perspectives and Resources* (Allchin, 2013), podemos traçar uma equivalência a partir dos exemplos de características da NdC designados a eles.

Quadro 2: Diferentes nomes para cada Dimensão de Confiabilidade e estudos de caso que manifestam cada dimensão.

Dimensões de Confiabilidade em Allchin (2013)	Dimensão equivalente em Allchin (2011)	Estudos de Caso que manifestam a dimensão
Observação e Medida	Observações e Raciocínio	Mamogramas; <i>Climategate</i> ; Autismo; Comunicação Facilitada; Beribéri.
Experimento	Métodos de Investigação	Mamogramas; Autismo; Comunicação Facilitada; Beribéri.
Instrumentos	Práticas Instrumentais e Experimentais	Comunicação Facilitada; Beribéri.
Padrão de Raciocínio	Processo Cognitivo	Mamogramas; Autismo; Comunicação Facilitada.
Dimensão Histórica	História e Criatividade	Mamogramas; Autismo; Comunicação Facilitada.
Dimensão Humana	Contexto Humano	<i>Climategate</i> .
Instituições	Interações Sociais Entre Cientistas	Mamogramas; <i>Climategate</i> ; Autismo; Comunicação Facilitada.
Vieses	Cultura	Mamogramas.

Economia/Financiamento	Economia/Financiamento	Mamogramas; Autismo.
Comunicação	Comunicação e Transmissão de Conhecimento	Mamogramas; <i>Climategate</i> ; Autismo; Comunicação Facilitada.

Fonte: Elaboração com base em Allchin (2011; 2013)

Ao propor esses ou outros estudos de caso, não se deve ter a intenção de contemplar toda a NdC (Allchin, 2011). Ao contrário, cada caso cumpre a função de abordar a NdC e a História da Ciência de modo específico (particular), ao invés de embasar características abstratas (generalizadas). É importante para Allchin destacar que as dimensões que vão ser trabalhadas a partir de um novo estudo de caso não podem ser determinadas previamente, o que deve ocorrer é primeiro a escolha do caso, para que em seguida se faça a elaboração da atividade e análise de quais dimensões da NdC ela evoca (Allchin, 2013). Esse processo auxilia a evitar que sejam feitas distorções na História e na NdC que podem desencadear em pseudohistória e pseudociência.

Após a elaboração e análise da atividade, no entanto, as características da NdC mais prováveis de emergirem são determinadas, o que auxilia o professor a escolher um estudo de caso autêntico que melhor se adeque aos seus objetivos didáticos, além de ser de grande importância para a avaliação do sucesso da atividade, sendo a avaliação dos estudantes um dos pontos centrais na proposta de Allchin. Embora haja uma mudança no sentido de não buscar identificar exposições de um dado saber, o autor ainda assume um certo fatalismo de que o objetivo do ensino-aprendizagem será sempre a avaliação, o que ainda o mantém próximo de uma perspectiva tradicional de currículo e avaliação (Moura; Camel; Guerra, 2020).

Assim, para Allchin, a proposta de se trabalhar a NdC de forma integral é vinculada com uma questão prática e funcional que o conhecimento científico deve ter para o estudante, ao invés de declarativo (Moura; Camel; Guerra, 2020). Remetendo ao que Allchin considera como sendo o objetivo da Educação em Ciências, que é a compreensão da Ciência, sua linguagem e modos de fazer, para desenvolver uma melhor capacidade de julgar diferentes informações que chegarão até ele como cidadão ou indivíduo (Allchin, 2011, Moura; Camel; Guerra, 2020).

Moura, Camel e Guerra (2020) criticam a forma como a contextualização é proposta por Allchin, eles defendem uma concepção mais ampla que inclui como o estudante e o conhecimento tratado se relacionam entre si. Segundo os autores,

uma visão mais estreita de contextualização perpetua um currículo padronizado, sendo a contextualização os elementos que não se enquadram bem a norma vigente e que seriam removidos e colocados de acordo com o momento e o local de aprendizagem (Moura; Camel; Guerra, 2020). A contextualização deveria então partir dos estudantes, já que uma relação pré-definida da relação entre eles e o conhecimento facilmente poderia cair em generalizações que excluem um grande contingente dos estudantes, em especial aqueles de grupos marginalizados. A contextualização ainda pode ser vista sobre um olhar freireano ao buscar a convergência entre o conhecimento local e geral, permitindo que o estudante expanda a sua capacidade de ler o mundo (Moura; Camel; Guerra, 2020). Os autores por fim reafirmam que a pré-elaboração de casos autênticos contextualizados não é necessariamente um problema, sendo necessário explicitar o ponto de vista do qual se contextualiza e qual o grupo a quem essa contextualização se dirige (Moura; Camel; Guerra, 2020).

O próprio Allchin se põe ao mesmo lado destas críticas ao se referir às dimensões de confiabilidade por ele propostas como não exaustivas, permitindo que professores se apropriem dos conceitos e das atividades propostas de forma crítica, compreendam a quem tais ideias eram direcionadas e possam trabalhá-los de forma verdadeiramente contextualizada (Moura; Camel; Guerra, 2020). Tendo conhecimento de tais críticas à Ciência Integral, esperamos amenizá-las ao aproximar essa perspectiva da NdC com o EnCI, trazendo um objetivo mais amplo para a Educação em Ciências sem visar a avaliação como um fim da atividade educativa.

2.1.5 HISTÓRIA DA CIÊNCIA E POSSIBILIDADES PARA ABORDAR A NATUREZA DA CIÊNCIA

A integração da NdC no ensino é de grande importância pela sua relação com a percepção que professores e estudantes têm com a Ciência de modo geral. A visão que eles têm do conhecimento científico e de como ele é gerado tem grande impacto sobre o interesse pela Ciência e sobre a aprendizagem dos estudantes (Moura, 2014). As diferentes perspectivas de NdC vão fomentar ou inibir diferentes abordagens educacionais (Moura; Camel; Guerra, 2020).

A influência dessas visões se torna um ponto crucial para o Ensino de Física e para a Educação em Ciências quando consideramos que os cursos de licenciatura (em física, ao menos) e os livros didáticos possuem um forte direcionamento empírico-indutivista (Moreira; Massoni; Ostermann, 2007). Tal visão leva a práticas docentes inadequadas por estar associado em maior ou menor grau com visões distorcidas que, diferentemente do nosso entendimento sobre a Ciência, propaga a ideia de que há regras infalíveis na Ciência, assim como de uma “verdade absoluta” (Moreira; Massoni; Ostermann, 2007).

Há diversas formas de se abordar a NdC, que irão variar desde a sua definição mais precisa, quais aspectos aborda e quais os objetivos científicos e/ou pedagógicos são almejados.

Norman G. Lederman aponta que a pesquisa sobre NdC se concentra principalmente em quatro focos diferentes: Avaliação das concepções de NdC dos estudantes; pesquisas relacionadas ao currículo, em especial focadas em aprimorar as concepções dos estudantes sobre NdC; Avaliação e desenvolvimento das concepções de NdC de professores; e compreender a relação entre a concepção de NdC dos professores, suas práticas e as concepções dos estudantes (Moura, 2014). Azevedo e Scarpa (2017) reiteraram essas observações através de uma revisão sistemática dos artigos publicados na área, observando que mais da metade das publicações são destinadas a avaliar as concepções de um grupo, aproximadamente um terço dos artigos publicados expõem posicionamentos diversos dos autores sobre a NdC e seus usos, e em uma pequena minoria os autores fazem uma revisão tradicional da área, apresenta/desenvolve um novo instrumento para avaliar as concepções de NdC ou quantificam o número de publicações em um tópico específico da área. É também necessário levar em conta que tais pesquisas embora se proponham a avaliar o que é conhecido como as “ciências duras” ou “ciências da natureza”, são desproporcionalmente dominadas por pesquisas com foco na Física e com uma grande escassez de pesquisas com foco na Biologia, estando a química em uma proporção entre os dois (Azevedo; Scarpa, 2017).

Tendo a Filosofia da Ciência como um de seus pilares, a NdC pode se apropriar de parte de suas questões, como por exemplo os conflitos entre: realismo e instrumentalismo; racionalismo e historicismo; experimento e teoria. Porém, para Moura (2014), as posições dos filósofos da Ciência não devem ser tratadas de forma inquestionável, mas como o enriquecimento de tais debates. Esse mesmo autor

aponta que há uma convergência entre autores de diferentes áreas quanto à importância da História e da Filosofia da Ciência para o ensino, o que também está de acordo com a importância que é dada a se apropriar da História e da Filosofia da Ciência para trabalhar elementos da NdC. Para ele, a compreensão da História e da Filosofia da Ciência é o que permite entender de onde vem o conhecimento científico: “Estudar a História e Filosofia da Ciência é compreender as origens das ideias científicas e as diversas influências sofridas e exercidas por ela.” (Moura, 2014. p. 41).

Assim, a História e a Filosofia da Ciência se conectam intimamente com a NdC, pois evidenciam o processo que levou a formação do conhecimento científico de maneira contextualizada (Moura, 2014). Outras aproximações entre História, Filosofia e Sociologia da Ciência com o ensino são detalhadas por Matthews (1995), que considera a História da Ciência como sendo intrinsecamente valiosa e deveria ser uma meta da educação aproximar os estudantes dos principais casos da História da Ciência. O autor apresenta os principais pontos a daqueles em prol da inclusão da História da Ciência como:

- atrai e estimula o interesse dos estudantes;
- promove uma melhor compreensão da Ciência, seus conhecimentos e métodos;
- se opõe a ideias científicas e dogmáticas, muito presentes no discurso científico e da Educação em Ciências;
- torna a Ciência mais concreta para os estudantes e humanizada a partir do ponto de vista dos cientistas que atuaram sobre determinada área;
- representa a mutabilidade e adaptabilidade da Ciência e seus conhecimentos, incluindo os atualmente aceitos.

Para tal, a proposta de inclusão da História, Filosofia e Sociologia da Ciência não é como um conteúdo adicional a ser acrescido na já longa lista curricular, mas de forma de forma integral e contextualizada tanto na educação básica como na formação dos professores de Ciências (Matthews, 1995). Essa mudança de paradigma é comumente descrita como sendo necessário ensinar *sobre* Ciências. Na dimensão da aprendizagem, as vantagens em se abordar a História da Ciência

assim como o debate de como se deve abordar teve grande efervescência na segunda metade do século XX, em especial por conta do construtivismo de Jean Piaget, que traça um paralelo direto entre o desenvolvimento histórico científico e a formação cognitiva individual (Matthews, 1995). Embora a validade desse paralelo não seja clara, ele expandiu esse campo de pesquisa que em linhas gerais aponta a favor da tese de que as concepções iniciais dos estudantes refletem as estruturas iniciais da ciência ocidental, mas falha em compreender a ruptura epistemológica entre a ciência aristotélica (observacional e próxima ao conhecimento de mundo cotidiano) e a ciência racional newtoniana (ciência matemática baseada em modelos ideais que não se encontram na realidade) (Matthews, 1995).

Nesse sentido, a Filosofia da Ciência se apresenta como de suma importância para romper com um viés empírico-indutivista que superestima o papel da observação no processo científico, como se a observação pura da realidade levasse a novos conceitos e teorias (Matthews, 1995). Tal debate não busca apagar o papel da observação ou da experimentação do processo científico, mas reforçar que os cientistas observam o mundo da mesma maneira que as outras pessoas. Os modelos matemáticos idealizados da ciência moderna não são uma representação direta daquilo que os cientistas observam, mas sim construções com o objetivo de compor ou integrar uma teoria (Matthews, 1995). Assim, apontamos que apesar da observação ser importante, ela não pode ser colocada acima das capacidades de abstração, esquematização etc.

Apesar das mais de três décadas da publicação original do artigo de Matthews, infelizmente muitos dos desafios apontados por ele continuam presentes no meio científico e pedagógico. Isso não significa que não tenhamos tido progresso, Moreira, Massoni e Ostermann (2007) relatam a experiência com licenciandos de física da UFRGS em uma disciplina de história e epistemologia da física no ano de 2004, em que foi observado desenvolvimento expressivo das concepções de NdC em parte dos licenciandos. Embora a pesquisa não tenha obtido dados estatísticos significativos, a análise qualitativa da experiência indicou que a discussão das visões epistemológicas contemporâneas a partir de um contexto histórico foi benéfico para uma formação crítica para professores de física (Moreira; Massoni; Ostermann, 2007).

As propostas podem ser divididas em abordagens implícitas e abordagens explícitas. Em casos com uma abordagem implícita buscasse apresentar o processo

científico para o estudante e/ou imergi-lo nesse processo para que ele possa vivenciar as práticas científicas sem que seja necessário enfatizar a importância de cada elemento, já a abordagem explícita irá enfatizar o papel e a importância dessas práticas, podendo o estudante vivenciá-las ou não (Moura, 2014). Vemos então que essa divisão entre abordagens se refere ao processo de reflexão que será ou não estimulado sobre os estudantes. Diferenciamos, por exemplo, uma atividade experimental tradicional de um experimento realizado em uma prática investigativa. Ambos podem vivenciar as mesmas práticas científicas, mas enquanto um laboratório tradicional vai mostrar de forma implícita a importância dos elementos de NdC, para o EnCI é necessário uma estruturação inicial e final da atividade que promoverá a reflexão dos estudantes sobre aquilo que foi vivenciado.

A partir da comparação entre essas duas abordagens, alguns autores montam uma crítica a abordagens implícitas, apontando que os estudantes compreendiam melhor a Ciência e os seus processos quando o ensino é contextualizado para os questionamentos que os saberes científicos buscavam responder (Moura, 2014). Importante destacar que, além da necessidade da discussão explícita sobre as formas de geração e reconhecimento desses saberes, é necessário o engajamento dos estudantes em uma reflexão ativa sobre esses processos e o contexto em que eles estavam inseridos (Moura, 2014). Essa posição do estudante na abordagem explícita muitas vezes é defendida com a ideia de pô-lo no papel de cientista, o que Matthews (1995) ressalta como uma interpretação que deva se ter cautela, sendo necessário avaliar qual concepção de cientista é essa.

Atualmente existe uma grande quantidade de trabalhos que tratam sobre NdC e História da Ciência, que podem ser consultados para se aprofundar em temas específicos ou para utilizar como material de apoio, como é o caso dos trabalhos produzidos nos congressos latino-americanos do International History, Philosophy and Science Teaching Group (Moura, 2014). Da mesma forma, Forato, Martins e Pietrocola (2012) apresentam uma série de parâmetros para serem avaliados ao se fazer pesquisa em História e Filosofia da Ciência no ensino (Moura, 2014).

Em suma, a NdC possui um forte laço de contribuição recíproca com a História, Filosofia e Sociologia da Ciência, potencializando a capacidade de se contextualizar o Ensino de Ciências, tendo a História, Filosofia e Sociologia da Ciência diversos materiais potenciais e existente como recursos pedagógicos para o ensino (Moura, 2014). O maior desafio para essa área então é como integrar essas

perspectivas de forma ampla e concreta tanto na educação básica, como na formação dos professores que atuarão nessas salas de aula (Moura, 2014). Uma das possíveis abordagens para tal problema é o EnCI, que será tratado neste trabalho.

Tais discussões podem ser exploradas a partir do campo do currículo, como é feito por Moura, Camel e Guerra (2020), que pesquisaram sobre os aspectos normativos e não-normativos da NdC sob a perspectiva curricular. Eles apontam a divisão entre os diferentes modelos de NdC como “proposições presentes na literatura de educação em ciências que constituem um todo coerente, que possuem uma proposta de como poderia ser implementado a temática na prática pedagógica.” (Moura; Camel; Guerra, 2020, p. 10).

Independente da perspectiva adotada, a formação dos professores é fundamental para a integração da NdC para a sala de aula de modo que não seja generalista ou meramente conteudista. O professor deve ser visto como um intelectual crítico e, se apropriando das diversas discussões da área, decidir o que e como levar tais questões à sala de aula (Moura; Camel; Guerra, 2020). É, portanto, responsabilidade das políticas públicas garantir a formação do professor, inicial e continuada, e autonomia para que ele possa articular as práticas que sejam mais adequadas para o ambiente em que está inserido (Moura; Camel; Guerra, 2020).

2.1.6 ESTUDOS DAS CONCEPÇÕES DA NATUREZA DA CIÊNCIA NO ENSINO

A forma e o conteúdo dos instrumentos de pesquisa escolhidos ou desenvolvidos para acessar as concepções de NdC são reveladores sobre o que é relevante para os pesquisadores sobre a NdC, indicando aquilo que é de interesse da pesquisa e determinando aquilo que pode ou não ser problematizado na investigação (Azevedo; Scarpa, 2017). Na revisão sistemática de literatura realizada por Azevedo e Scarpa (2017) foram abordadas as características de diferentes instrumentos de pesquisa e apontado como eles se apresentam como muito mais do que meros “instrumentos neutros”.

Pelo tempo que circula no meio científico e pela estrutura normativa que constroi a Visão Consensual, ela inspirou e deu origem a diversos testes de aferição de concepções de NdC, como é o caso do *Views of the Nature of Science*

Questionnaire (VNOS), *Views on Science-Technology-Society* (VOSTS), *Cuestionario de Opiniones sobre la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad* (COCTS) etc. (Azevedo; Scarpa, 2017, Moura; Camel; Guerra, 2020). Sobre o caso do VNOS é importante destacar que apenas recentemente os princípios que o estruturam foram refletidos e postos de forma explícita pelo seu principal grupo de pesquisa. De modo geral, tais instrumentos avaliativos falham ao considerar que apenas um posicionamento é adequado por parte dos estudantes, além de encontrarem dificuldades em lidar com o fato de que respostas iguais de diferentes indivíduos podem ter significados diferentes, bem como que diferentes indivíduos podem prover respostas diferentes, mas com o mesmo significado (Azevedo; Scarpa, 2017).

Além disso, tais instrumentos podem ter uma validade limitada por serem desenvolvidos em um contexto específico e reproduzidos em outros contextos, sem a devida adequação (Azevedo; Scarpa, 2017). Em posição crítica a tais testes, Allchin (2013) defende para a avaliação da Ciência Integral questionamentos contextualizados para a atividade desenvolvida e que não só avaliem a posição do aluno em relação à NdC, mas também a capacidade do aluno de articular e defender sua posição, bem como a qualidade das informações escolhidas para justificar a resposta. Nesse sentido, Allchin se aproxima de outros conceitos da área de Educação em Ciências que reforçam a necessidade de olhar para o contexto escolar (Kelly; Duschl, 2002).

2.2 ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO (ENCI)

Para desenvolver uma formação que trabalhe elementos da Natureza da Ciência Integral, é necessário adotar uma abordagem didática que esteja em alinhamento com as suas bases teóricas. Allchin (2013) aponta três possíveis abordagens para o ensino da NdC que respeitam as proposições de uma Ciência Integral: (i) o estudo de casos históricos; (ii) o estudo de casos contemporâneos; e (iii) a investigação realizada por estudantes.

Para o autor, tais abordagens possuem vantagens e desvantagens sobre a possibilidade de aproximar os estudantes à NdC. Para o caso do desenvolvimento de atividades investigativas, deve-se ter cautela para que as questões que envolvem a NdC não se tornem diluídas e, conseqüentemente, não deem base para as tomadas de decisão que os alunos, enquanto cidadãos, deverão tomar ao serem confrontados com uma controvérsia científica. No entanto, as práticas desenvolvidas nas atividades investigativas, podem servir um importante papel didático que, em alguns momentos, se aproxima às práticas científicas ou, mesmo quando não tão próximo do fazer científico, dão base para o conhecimento no contexto escolar (Kelly; Duschl, 2002, Kelly, 2008). Assim, estudos de caso desenvolvidos de forma inapropriada podem levar a uma NdC inautêntica, bem como a abordagem investigativa, quando bem desenvolvida, de modo contextualizado, pode ser altamente autêntica (Allchin, 2013, 2014).

Para a formação desenvolvida neste trabalho com foco nos elementos da NdC Integral, optou-se por utilizar a abordagem de Ensino de Ciências por Investigação (EnCI). Entretanto, uma dificuldade ao se tratar sobre o EnCI vem da ampla variedade de significados que lhe são associados, bem como da polissemia do termo "investigação". Os primeiros usos do termo "investigação" no meio educacional, anteriormente às concepções de EnCI, no século XIX contribuíram para se justificar a implementação de laboratórios escolares (Sá; Lima; Aguiar Jr., 2011). Um olhar sobre as bases teóricas do EnCI e a adoção de uma estrutura didático-pedagógica específica dentre as várias que a abordagem permite nos possibilita compreender um pouco melhor os variados usos do termo "investigação" no Ensino de Ciências.

Já concepções sobre o que é EnCI começam a se formar em meados do século XX, com a expansão daquilo que inicialmente se tomava como Ciência, passando a incluir no ensino de Ciências, além de conceitos e fenômenos, as práticas e procedimentos dos cientistas, além de outros aspectos que caracterizam a produção do conhecimento científico (Sá; Lima; Aguiar Jr., 2011; Maximo-Pereira; Cunha, 2021). Essa mudança de perspectiva, que desviou o foco do Ensino de Ciências centrado em um conjunto de conhecimentos “comprovados” para uma forma de se produzir esses conhecimentos, levantou diversos desafios para os educadores (Hodson, 1992).

O contexto da produção do conhecimento científico é importante para o seu desenvolvimento, na medida em que fatores políticos, econômicos e sociais são determinantes para o direcionamento do esforço científico e conseqüentemente dos questionamentos que a Ciência buscará responder (Hodson, 1992). Nesse sentido, as dimensões de interesse e propósito da Ciência são essenciais de serem discutidas em sala de aula para que a imagem da Ciência seja autêntica. Em uma perspectiva crítica, essa dimensão pode discutir a responsabilidade social da Ciência, bem como os casos em que essa responsabilidade não recebe a devida atenção, seja de forma passiva ou por conflitos de interesse. Tais discussões não devem ser pensadas como um anticientificismo, mas como reflexões necessárias para um pensamento crítico e desenvolvimento de uma alfabetização científica.

Base tanto para a Natureza da Ciência quanto para o EnCI, a alfabetização científica tem uma ampla diversidade de interpretações, mas que podem ser sintetizadas em três elementos principais (Hodson, 1992): (i) aprender Ciência, ou seja, desenvolver conhecimento teórico e conceitual; (ii) aprender sobre Ciência, o que contempla a aprendizagem dos diferentes métodos e da NdC, além das interações entre Ciência e a sociedade; e (iii) fazer Ciência, o que necessita do engajamento em investigações científicas e na resolução de problemas, bem como do desenvolvimento da capacidade de realização dessas tarefas.

Esses três objetivos se alinham com o desenvolvimento de práticas de EnCI devido à natureza contextual da investigação científica, a qual necessita do desenvolvimento teórico-conceitual para acontecer (Hodson, 1992). Assim, o EnCI rompe com a necessidade da realização de atividades que buscam o ensino do processo investigativo desassociado de quaisquer teorias, regido por um método científico universal, mas que inevitavelmente falham nesse processo de

universalização, como destacado anteriormente. Hodson (1992) ainda destaca que o aprender sobre Ciência depende diretamente do exercício do fazer científico associado ao desenvolvimento de técnicas, bem como da “capacidade intuitiva” de compreender os desdobramentos experimentais e dialógicos da construção do conhecimento científico. Dessa forma o processo de ensino-aprendizagem do conhecimento e do fazer científico pode ser mais bem desenvolvido a partir de práticas experimentais que podem ser iniciadas a partir de investigações mais simples e progressivamente se aproximar de atividades mais complexas e que exigem maior autonomia e habilidade por parte do estudante (Hodson, 1992).

O EnCI, entretanto, não se limita às práticas experimentais, sendo possível desenvolver atividades investigativas com ferramentas digitais, textos históricos ou jornalísticos, entre outros materiais (Briccia; Carvalho, 2011, Carvalho, 2018). Nesse sentido, um dos grupos que teve maior protagonismo na disseminação do EnCI no Brasil foi o Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física (LaPEF) da Universidade de São Paulo, que desenvolveu diversas atividades investigativas junto a professores de escolas públicas do estado de São Paulo (Carvalho, 2018).

As atividades investigativas são mais representadas na literatura por intermédio de atividades experimentais, em que os estudantes manipulam fisicamente os objetos e instrumentos que se relacionam com o conhecimento trabalhado, podendo ser realizado em um laboratório de Ensino de Ciências formal ou não (Carvalho, 2018, Lima; Pereira; Lima, 2021). Entretanto, as atividades investigativas podem consistir em resolução de problemas retóricos ou hipotéticos, em que o aluno precisa pesquisar e debater sobre o tema que envolve o problema para a investigação (Carvalho, 2018). Ademais, uma terceira abordagem possível é aquela na qual são utilizados textos históricos e historiográficos da Ciência, para se debater sobre diferentes elementos relacionados à formação do conhecimento científico. Nesse caso, o aluno precisa se apropriar dos contextos histórico e social da elaboração de um dado conhecimento e como eles se relacionam com a Ciência e suas investigações (Briccia; Carvalho, 2011; Carvalho, 2018). O principal valor desta abordagem é a possibilidade de olhar com mais foco para os objetivos epistêmicos do Ensino de Ciências e para a construção do conhecimento científico.

Assim, defendemos que utilizar a História da Ciência no EnCI apresenta oportunidades para discutir a modificação do conhecimento científico e como a sua mutabilidade é vantajosa para a própria Ciência, colocando os alunos no centro do

processo de ensino-aprendizagem. Tal abordagem pode também ajudar a desmistificar a Ciência e aproximá-la dos alunos (Briccia; Carvalho, 2011), de modo a empoderá-los e a diminuir a distância entre o fazer científico e o cidadão que não atue diretamente nesse meio. Em um contexto como o atual, em que cresce o negacionismo científico e enquanto outros recorrem a um cientificismo empírico-indutivista (Moreira; Massoni; Ostermann, 2007, Latour, 2009; O'Connor; Weatherall, 2019), tal aproximação entre Ciência e sociedade deveria ser uma das prioridades da educação científica, e o EnCI associado à História da Ciência pode cumprir um papel importante nessa direção.

O EnCI abordando o trabalho com textos históricos propicia reflexões e diálogos dos estudantes entre si, com o professor e em relação aos textos históricos, cabendo ao professor o papel de mediador e orientador (Briccia; Carvalho, 2011). Assim como em outras atividades investigativas, a abordagem com textos históricos buscará certo grau de liberdade para os estudantes serem protagonistas na investigação, porém cabe ao professor, enquanto orientador, manter o foco nos objetivos didáticos que pretende alcançar, podendo ser estes a apropriação do conteúdo científico que cerca o caso histórico trabalhado, o conteúdo contextual e epistêmico do fazer científico ou a capacidade de análise e reflexão crítica necessárias para a investigação (Briccia; Carvalho, 2011, Carvalho, 2018).

O atendimento a todos esses objetivos não envolve a diminuição da atuação ou relevância do professor, pelo contrário, envolve uma constante orientação por parte dele como fonte de questionamentos, consultas e proposições de reflexão por parte dos estudantes.

2.2.1 ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO EM SALA DE AULA

Muitas vezes resumidas ao método científico, a investigação científica e suas práticas são muito mais complexas, sendo compostas por vários elementos, como a transitoriedade do conhecimento científico, o desenvolvimento de estratégias metodológicas e um arcabouço de estruturas epistemológicas e influências sociais que afetam direta e indiretamente como o conhecimento científico é validado e como ele chega a cada pessoa (Maximo-Pereira; Cunha, 2021).

O EnCI é o ensino da Ciência que promove que os alunos pensem, falem, leiam, escrevam, reflitam e questionem (Carvalho, 2018). Esse processo ocorre

posicionando o aluno em um papel similar ao de um pesquisador, que, através de várias etapas, busca e sistematiza um conhecimento novo para ele, sendo necessária, para isso, a resolução de problemas de investigação, bem como o desenvolvimento de diversas habilidades (Pedaste et al., 2015). Assim, as atividades de EnCI se iniciam com uma problematização, sobre a qual os estudantes levantarão hipóteses, ou seja, ideias iniciais que tenham para solucionar o problema proposto. Diante dessas hipóteses e considerando os materiais disponibilizados pelo docente, será iniciada, em pequenos grupos de alunos, a investigação em si, podendo esta ser realizada através de diversas estratégias, como experimentação, análise de gráficos, leitura de textos, entre outras possibilidades, a critério do professor (Briccia; Carvalho, 2011). Para isso, é necessário que haja a escrita e elaboração de atividades investigativas que o professor possa trabalhar em sala de aula, mas somente isto não é suficiente para que a aula seja investigativa. O professor assume um papel de orientador, ao invés de provedor de conhecimento, estabelecendo um diálogo com os alunos, ao invés de transmitir informações unilateralmente para eles, empoderando o papel deles em seus processos de aprendizagem (Briccia; Carvalho, 2011).

Entretanto, a analogia do estudante como pesquisador não deve ser tratada de forma literal, pois novos conhecimentos desenvolvidos nesse contexto são novos para o estudante, e não para a Ciência (Pedaste et al., 2015). De modo similar, um dos papéis centrais do professor dentro do EnCI está na mediação das interações para conclusões adequadas para a investigação. Sem a devida orientação do professor, pode haver uma tendência de que os estudantes tomem qualquer conclusão da investigação como sendo verdadeira ou de que o conhecimento científico é indutivista, criando o entendimento de que a observação e experimentação levam a uma verdade objetiva (Hodson, 1992). Para evitar tais visões distorcidas da Ciência, cabe ao professor fazer os estudantes refletirem sobre a influência da técnica e da teoria sobre os resultados de um experimento, bem como o papel da argumentação entre cientistas para articular uma interpretação para tal resultado.

Ao realizar práticas investigativas e experimentais, é essencial um processo de conceitualização junto aos estudantes, de modo que etapas da investigação ou conceitos científicos não sejam apenas vagamente definidos (Hodson, 1992). Conceitos como “modelo” e “teoria” têm grande relevância para a Ciência e possuem

significado distinto ao que lhes é conferido no cotidiano, o que pode levar a interpretações equivocadas sobre as atividades investigativas, caso não haja uma etapa de conceitualização.

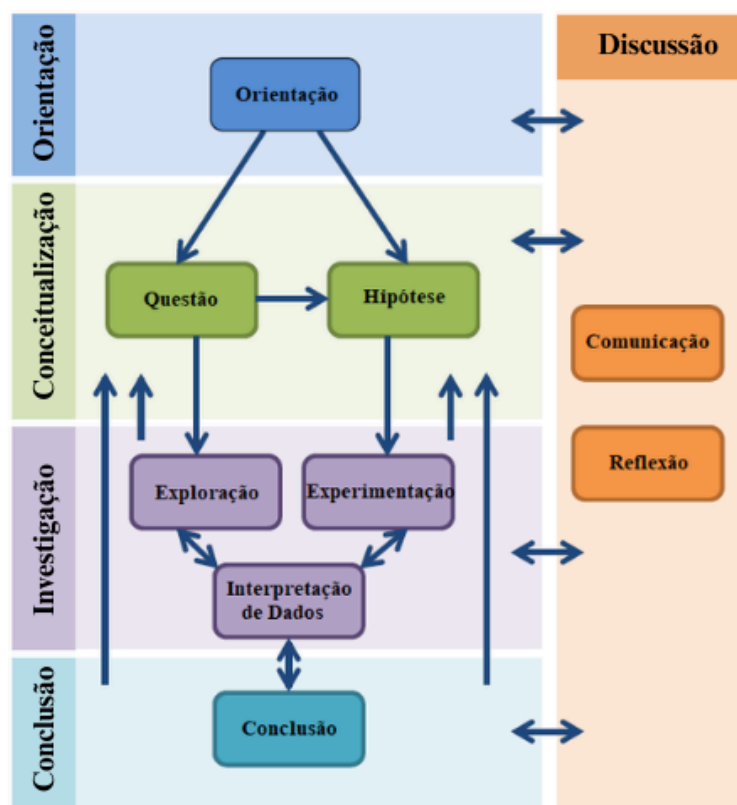
Importante destacar que a forma como essa conceitualização ocorre é determinante para o EnCI. Para Carvalho (2018), deve ser cultivado um ambiente em que o aluno tenha liberdade para participar e cometer erros, ou seja, que ele tenha liberdade intelectual, abertura para fala e que possa responder aos questionamentos que venham da investigação, seja por incentivo do professor ou iniciativa própria, ao invés de tais perguntas serem automaticamente respondidas pelo professor. Os problemas que melhor propiciam uma atividade investigativa são aqueles que, segundo Carvalho (2018), permitem que os estudantes expliquem o evento ou fenômeno que está no centro da atividade; levantem hipóteses e variáveis que sejam relevantes para explicar o fenômeno em estudo; possam relacionar o problema proposto ao seu contexto e/ou ao seu dia-a-dia; proponham os problemas de investigação ou façam questionamentos adicionais. Ademais, um bom problema no contexto do EnCI é aquele que dá também abertura para se trabalhar a interdisciplinaridade, ao envolver diversos tipos de conhecimento.

Em síntese, ao abordar o EnCI, trabalhamos com atividades investigativas, que podem ser desde atividades de laboratório abertas, trabalho com textos históricos ou resolução de problemas e questões abertas (Carvalho, 2018). Em todos esses casos, a principal característica do desenvolvimento da atividade investigativa é: (i) o grau de liberdade intelectual que é permitido ao aluno e (ii) a elaboração do problema no planejamento do professor (Carvalho, 2018). Sem essas duas características, o ambiente de sala de aula não é propício para que os alunos manipulem o objeto a ser investigado de forma que ele construa um domínio mais amplo na articulação e esquematização das ideias que cercam a relação entre ele e o objeto.

2.2.2 O CICLO INVESTIGATIVO

Para o desenvolvimento uma atividade de EnCI, pode ser utilizado como referência o ciclo investigativo sumarizado por Pedaste et al. (2015), que sistematizou as etapas de uma investigação de modo a auxiliar o professor que tenha a intenção de planejar e ministrar aulas pautados no EnCI (Scarpa; Campos, 2018). O ciclo é composto por cinco etapas e subetapas, que se relacionam da seguinte forma, conforme a Figura 1

Figura 1: Representação do ciclo investigativo proposto por Pedaste et al. (2015).



Fonte: Pedaste et al. (2015). Tradução: Scarpa e Campos (2018)

Pedaste et al. (2015) fizeram essa sistematização a partir de uma revisão de literatura em que eles analisaram diversos artigos científicos que falam sobre as diferentes etapas de uma atividade investigativa ou sobre o ciclo que essas etapas

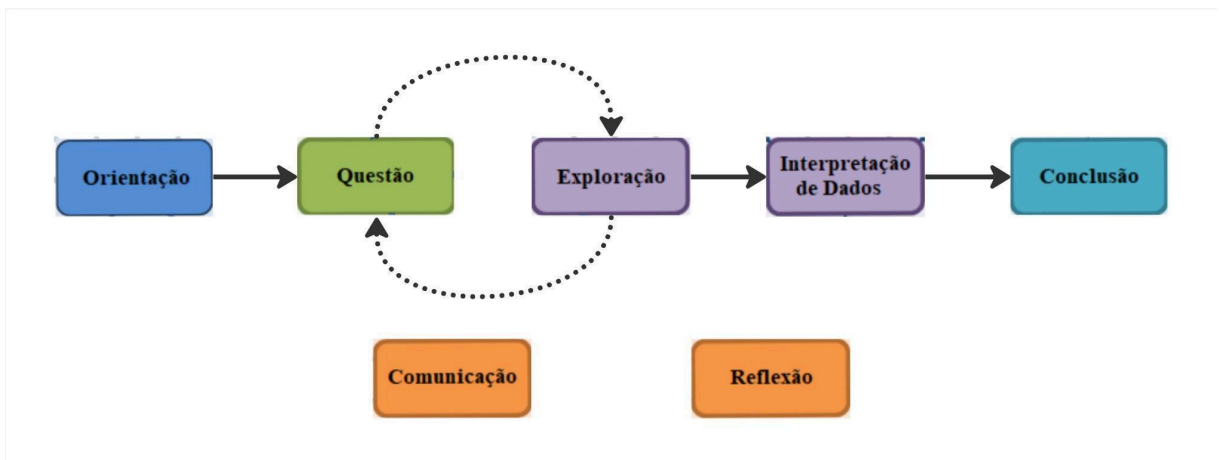
formam ao longo da atividade. A sistematização levou à elaboração de cinco etapas do ciclo investigativo, formadas por nove sub-etapas:

1. **Orientação:** A orientação é a introdução geral para uma investigação. Toda investigação precisa passar por ela, seja apresentando as bases de uma teoria relevante para o problema a ser trabalhado, ou fazendo observações iniciais de modo a engajar os estudantes no processo e promover uma reflexão inicial que permitirá adentrar nas etapas seguintes.
2. **Conceitualização:** É na conceitualização que se determina os caminhos que o ciclo investigativo deverá seguir. A partir dele será gerado uma questão ou hipótese que permite o planejamento da investigação.
 - a. **Questão:** A investigação passa pelo levantamento ou elaboração de uma questão central que deve nortear a investigação e determinar quais são os possíveis passos seguintes.
 - b. **Hipótese:** A geração de hipóteses em uma atividade investigativa está relacionada a uma pesquisa ou análise preliminar do problema para que haja um planejamento da investigação em si.
3. **Investigação:** A investigação, como o nome indica, é a etapa central do ciclo investigativo. Consiste no processo coeso de coleta e análise de dados que pode ocorrer de forma iterativa caso a análise da investigação indique a necessidade de formação de novos dados. Essa coleta pode ocorrer de forma exploratória, para perguntas mais abertas, ou de forma experimental, caso sejam formuladas hipóteses bem definidas.
 - a. **Exploração:** A exploração é o processo sistematizado de construção de dados a partir de observações sem a necessidade de estabelecer hipóteses claras.

- b. **Experimentação:** A experimentação é a construção de dados a partir de experimentos que buscam testar uma ou mais hipóteses.
 - c. **Interpretação de dados:** A interpretação de dados de uma atividade investigativa consiste na organização, análise e sintetização dos dados coletados nas etapas anteriores da investigação.
4. **Conclusão:** A conclusão ocorre após ser finalizada a fase investigativa e busca, a partir dos dados analisados, responder às hipóteses ou à pergunta norteadora da investigação.
5. **Discussão:** Embora possa ter uma ênfase maior logo antes e depois da conclusão, a discussão é uma etapa que permeia todo o ciclo investigativo. Ela envolve as práticas de argumentação, divulgação e crítica de ideias, assim como do próprio processo investigativo.
- a. **Comunicação:** A comunicação foca nas práticas de compartilhamento e debate sobre ideias e processos. Esse debate pode ocorrer entre os próprios estudantes ou entre estudantes e professor.
 - b. **Reflexão:** A reflexão trata das práticas de crítica e avaliação do conhecimento e do processo investigativo. Essa reflexão ocorre internamente para o próprio indivíduo.

Segundo os autores, um ciclo investigativo não necessariamente vai passar por todas as sub-etapas e o caminho adotado ao longo da investigação pode variar de atividade para atividade, sendo mais comum três desses possíveis caminhos, representados nas figuras 2, 3 e 4 abaixo, elaboradas por nós.

Figura 2: Ciclo Investigativo com foco em processos dedutivos



Fonte: Elaboração própria

A figura 2 representa o ciclo de uma investigação com maior foco na coleta de dados e em processos dedutivos, começando pela orientação, seguido por levantamento de uma pergunta, a exploração, interpretação de dados e por fim a conclusão. O ciclo entre levantamento de perguntas e exploração dos dados pode ser repetido diversas vezes antes da interpretação de dados. A comunicação e a reflexão estão presentes em todas as etapas (Pedaste et al., 2015).

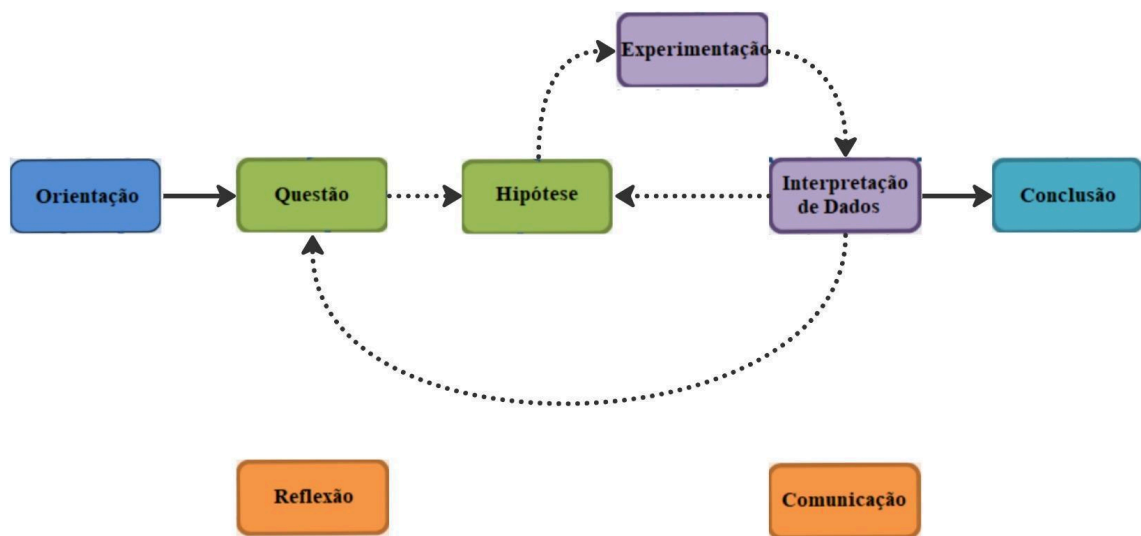
Figura 3: Ciclo Investigativo com foco em processos indutivos



Fonte: Elaboração própria

A figura 3 representa o ciclo de uma investigação com maior foco na geração de hipóteses e em processos indutivos, começando pela orientação, seguido por geração de hipóteses, a experimentação, interpretação de dados e por fim a conclusão. O ciclo entre geração de hipóteses e interpretação de dados pode ser repetido diversas vezes antes da conclusão. A comunicação e a reflexão estão presentes em todas as etapas (Pedaste et al., 2015).

Figura 4: Ciclo Investigativo com foco em processos indutivos prolongado



Fonte: Elaboração própria

A figura 4 representa outra alternativa do ciclo de uma investigação com maior foco na geração de hipóteses e em processos indutivos, começando pela orientação, seguido pelo levantamento de uma pergunta, a geração de hipóteses, a experimentação, interpretação de dados e por fim a conclusão. O ciclo entre geração de hipóteses e interpretação de dados pode ser repetido diversas vezes antes da conclusão. Em menor frequência, a interpretação de dados pode apontar levar ao levantamento de novas perguntas. A comunicação e a reflexão estão presentes em todas as etapas (Pedaste et al., 2015).

O caminho adotado para a investigação é primariamente determinado pela fase de conceitualização, em que pode se aproximar mais de uma investigação indutiva ao ser pautada na coleta de dados (Figura 2), ou pode ser uma investigação mais dedutiva por enfatizar a formulação e teste de hipóteses (Figuras 3 e 4)

(Pedaste et al., 2015). Entretanto, esses não são os únicos caminhos, o EnCI permite uma ampla gama de formas como é representado pela figura 1.

A liberdade que o EnCI permite para os estudantes também significa que embora um caminho possa ser previsto na elaboração de uma atividade, a condução da mesma pode revelar a necessidade de alterar o caminho em que se passa pelas etapas e sub-etapas do ciclo investigativo. Após a finalização do ciclo investigativo, é possível desenvolver outras etapas, como: (1) a aplicação do conhecimento desenvolvido para problemas práticos; ou (2) o levantamento de novas questões para investigações futuras (Pedaste et al., 2015).

3 NATUREZA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO: UMA REVISÃO DE LITERATURA

A abordagem experimental e investigativa para o ensino de Ciências não é novidade, seja no Brasil, ou no mundo. A forma com que é desenvolvida, entretanto, variou muito no mais de meio século de publicações e parâmetros curriculares que abordam tais temáticas. Enquanto na década de 1960 a demanda era por atividades científicas e experimentais com a finalidade de aproximar os alunos da prática dos cientistas (Gil-Perez, 1986), sob o rótulo do ensino do método científico, hoje em dia o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) possui objetivos muito mais amplos, não se restringindo somente às atividades experimentais. Entre tais objetivos, destacam-se a alfabetização científica, a formação de cidadãos e a compreensão da Natureza da Ciência (NdC) (Sasseron, 2015; Hansson; Yacoubian, 2020).

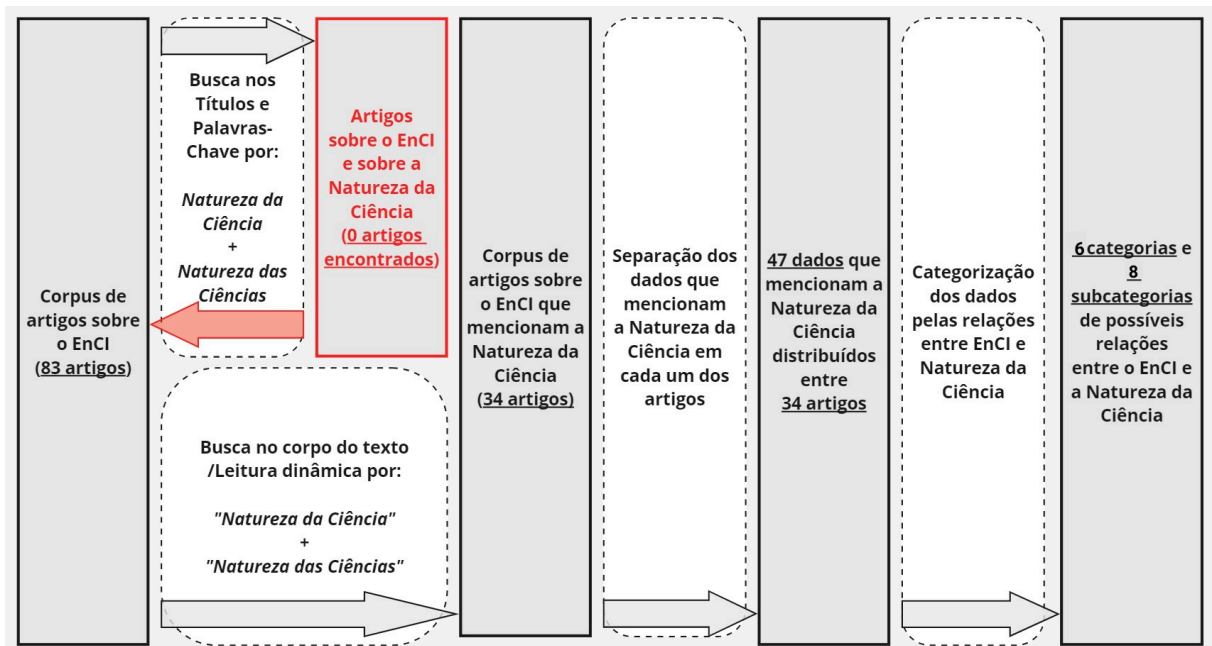
Conceber o EnCI como uma forma de conduzir os estudantes na produção de conhecimentos com práticas próximas as dos cientistas possibilita o diálogo desta abordagem com a NdC. Afinal, os estudantes podem compreender melhor a Ciência e os seus processos quando o ensino é contextualizado para os questionamentos que os saberes científicos buscavam responder (Moura, 2014). A NdC, desta forma, também pode gerar um maior engajamento com temas atuais e o desenvolvimento da habilidade de julgar a qualidade de dados e argumentação científica para a tomada de decisões (Azevedo; Scarpa, 2017). Neste sentido, uma investigação sobre as relações envolvidas entre o EnCI e a NdC pode nos auxiliar a compreender melhor as interações possíveis entre esta abordagem didática e os conhecimentos sobre a NdC.

Com esse objetivo, realizamos uma revisão de literatura de artigos científicos sobre EnCI que tratam, de alguma forma, da NdC. Esta revisão foi realizada em duas etapas: (1) a formação do corpus de artigos de EnCI que tratam sobre NdC; (2) análise da presença da NdC nos trabalhos do corpus constituído. Neste trabalho temos a seguinte pergunta de pesquisa: Como se faz presente a NdC nas pesquisas que envolvem o EnCI?

3.1 METODOLOGIA DA REVISÃO DE LITERATURA

Esta revisão partiu de um corpus já estabelecido de artigos sobre EnCI, publicados em cinco periódicos de grande relevância na área da Educação em Ciências, entre os anos de 2009 e 2022 (Maximo-Pereira; Cunha, 2021; Cunha; Maximo-Pereira; Cunha, 2023). Tal corpus atualmente é composto por 83 artigos (Cunha; Maximo-Pereira; Cunha, 2024) e, apesar de se tratar de um quantitativo reduzido de periódicos, temos um bom quantitativo de artigos (83), o que nos possibilita compreender melhor a pesquisa sobre EnCI e desenvolver uma análise qualitativa sobre as questões que envolvem essa abordagem didática. As etapas de formação do corpus específico para este trabalho e de análise do mesmo estão sintetizadas na Figura 5, que relaciona o material utilizado, o processo que foi desenvolvido com os artigos e os resultados obtidos em termos de categorizações dos trabalhos do corpus:

Figura 5: Diagrama das etapas de formação do *corpus* e de análise de dados



Fonte: Elaboração própria

Com base no corpus envolvendo EnCI citado anteriormente, a primeira etapa desta revisão de literatura foi constituir um corpus em que se relacionava o EnCI com a NdC. Buscamos, assim, os termos "Natureza da Ciência" e "Natureza das Ciências" nos títulos e palavras-chave dos artigos presentes no corpus inicial

relacionado somente com o EnCI. O olhar para esses dois elementos do texto (títulos e palavras-chave) deve-se ao fato de que ambos denotam o que os autores consideram mais relevante de se destacar em seus artigos. Um primeiro resultado obtido foi que nenhum dos dois termos relacionados com a NdC apareceu no título e nas palavras-chave nos 83 artigos do corpus inicial.

Com isso, optamos por ampliar a busca da NdC para todo o corpo do texto dos artigos. Para isso foi usado o buscador de cada um dos arquivos dos artigos em formato .pdf, o que resultou em uma seleção de 34 artigos sobre EnCI que fazem referência à NdC (ou 'Natureza das Ciências'). Para 3 artigos da Revista Alexandria foi necessário realizar uma leitura dinâmica, pois seus arquivos em .pdf não permitem o uso da pesquisa por palavra. Em nenhum desses três artigos foi encontrada menção à NdC.

Com um corpus constituído de 34 artigos em que há menção à NdC em artigos sobre EnCI, nossa análise se baseou nos dados construídos a partir desses artigos. Cada dado se refere a um parágrafo em que há ao menos uma menção explícita à NdC.

Por tanto, as categorias utilizadas para a análise são excludentes entre os dados, mas não entre os artigos, de modo que um mesmo artigo pode apresentar dados de mais de uma categoria. Há nesse corpus 47 dados de 34 artigos de EnCI que mencionam a NdC. A partir deles desenvolvemos as categorias que permitiram analisar as relações presentes no corpus entre EnCI e NdC.

Quadro 3: *Corpus* formado para a revisão de literatura

Ano	Código do artigo, indicando a revista de publicação	Referência completa do artigo
2010	RBPEC 1	Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. de. (2011). Escrita e Desenho: Análise de registros elaborados por alunos do Ensino Fundamental em aulas de Ciências. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências , v. 10, n. 2. Recuperado de: https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/3977
2011	Ensaio 1	Andrade, G. T. B. de. (2011). Percursos históricos de ensinar Ciências através de atividades investigativas. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), v. 13, n. 1, p. 121-138. DOI: 10.1590/1983-21172013130109

2011	Ensaio 2	Zômpero, A. F., & Laburú, C. E. (2011). Atividades investigativas no ensino de Ciências: Aspectos históricos e diferentes abordagens. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), v. 13, n. 3, p. 67-80. DOI: 10.1590/1983-21172011130305.
2011	IENCI 1	Sá, E. F. de, Lima, M. E. C. de C., & Aguiar Jr., O. (2011). A construção de sentidos para o termo ensino por investigação no contexto de um curso de formação. Investigações em Ensino de Ciências (IENCI) , v. 16, n. 1, p. 79-102. Recuperado de: https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/247
2014	Alexandria 1	Solino, A. P., & Gehlen, S. T. (2014). A conceituação científica nas relações entre a abordagem temática freireana e o Ensino de Ciências por Investigação. Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia , v. 7, n. 1, p. 77-101. Recuperado de: https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/38178/29108
2014	IENCI 2	Solino, A. P., & Gehlen, S. T. (2014). Abordagem temática freireana e o ensino de Ciências por investigação: Possíveis relações epistemológicas e pedagógicas. Investigações em Ensino de Ciências (IENCI) , v. 19, n. 1, p. 141-162. https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/100
2015	Alexandria 2	Clement, L., Custódio, J. F. & Alves Filho, J. de P. (2015). Potencialidades do ensino por investigação para promoção da motivação autônoma na educação científica. Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia , v. 8, n.1, p. 101-129. DOI: 10.5007/1982-5153.2015v8n1p101
2015	Alexandria 3	Trópia, G. (2015). A relação epistêmica com o saber de alunos no ensino de biologia por atividades investigativas. Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia , v. 8, n. 3, p. 55-80. DOI: 10.5007/1982-5153.2015v8n3p55
2015	C&E 1	Solino, A. P., & Gehlen, S. T. (2015). O papel da problematização freireana em aulas de ciências/física: articulações entre a abordagem temática freireana e o ensino de ciências por investigação. Ciência & Educação (Bauru), v. 21, n. 4, p. 911-930. DOI: 10.1590/1516-731320150040008
2015	Ensaio 3	Miranda, M. de S., Marcondes, M. E. R., & Suart, R. de C. (2015). Promovendo a alfabetização científica por meio de ensino investigativo no ensino médio de Química: Contribuições para a formação inicial docente. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), v. 17, n. 3, p. 555-583. DOI: 10.1590/1983-21172015170302
2015	Ensaio 4	Sasseron, L. H. (2015). Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e argumentações: Relações entre Ciências da Natureza e escola. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), v. 17, n. spe, p. 49-67. DOI: 10.1590/1983-2117201517s04
2015	Ensaio 5	Trivelato, S. L. F., & Tonidandel, S. M. R. (2015). Ensino por Investigação: Eixos organizadores para sequências de Ensino de Biologia. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), v. 17, n. spe, p. 97-114. DOI: 10.1590/1983-2117201517s06
2016	C&E 2	Carmo, K. V. do, Ferreira, L. B. M., & Araujo, C. M. y. (2016). Percepções de um grupo de licenciandos em Ciências Biológicas acerca da observação e do registro da observação na investigação científica a partir de uma sequência didática. Ciência & Educação (Bauru), v. 22, n.4, p. 935-950. DOI: 10.1590/1516-731320160040007

2016	Ensaio 6	Brito, L. O. de, & Fireman, E. C. (2016). Ensino de Ciências por Investigação: Uma estratégia pedagógica para promoção da alfabetização científica nos primeiros anos do Ensino Fundamental. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), v. 18, n. 1, p. 123-146. DOI: 10.1590/1983-21172016180107
2017	C&E 3	Zompero, A. de F., Gonçalves, C. E. de S., & Laburú, C. E. (2017). Atividades de investigação na disciplina de Ciências e desenvolvimento de habilidades cognitivas relacionadas a funções executivas. Ciência & Educação (Bauru), v. 23, n. 2, p. 419-436. DOI: 10.1590/1516-731320170020009
2017	C&E 4	Silva, M. S., & Campos, C. R. P. (2017). Atividades investigativas na formação de professores de ciências: uma aula de campo na Formação Barreiras de Marataízes, ES. Ciência & Educação (Bauru), v. 23, n. 3, p. 775-793. DOI: 10.1590/1516-731320170030015
2017	Ensaio 7	Ferraz, Arthur Tadeu, & Sasserón, Lúcia Helena. (2017). Espaço interativo de argumentação colaborativa: condições criadas pelo professor para promover argumentação em aulas investigativas. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), v. 19, n. e2658. Epub October 23, 2017. DOI: 10.1590/1983-21172017190117
2017	IENCI 3	Ferraz, A. T., & Sasserón, L. H. (2017). Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas. Investigações em Ensino de Ciências (IENCI), v. 22, n. 1, p. 42-60. DOI: 10.22600/1518-8795.ienci2017v22n1p42
2018	Ensaio 8	Suart, R. de C., & Marcondes, M. E. R. (2018). O processo de reflexão orientada na formação inicial de um licenciando de química visando o Ensino por Investigação e a promoção da alfabetização científica. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), v. 20, n. e9666. Epub April 16, 2018. DOI: 10.1590/1983-21172018200106
2018	IENCI 4	Solino, A. P., & Sasserón, L. H. (2018). Investigando a significação de problemas em sequências de ensino investigativa. Investigações em Ensino de Ciências (IENCI), v. 23, n. 2, p. 104-129. DOI: 10.22600/1518-8795.ienci2018v23n2p104
2018	RBPEC 2	Campos, N. F., & Scarpa, D. L. (2018). Que desafios e possibilidades expressam os licenciandos que começam a aprender sobre ensino de Ciências por investigação? Tensões entre Visões de Ensino Centradas no Professor e no Estudante. Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências , v. 18, n. 2, p. 727-759. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2018182727
2018	RBPEC 3	Carvalho, A. M. P. de. (2018). Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências , v. 18, n. 3, p. 765-794. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2018183765
2018	RBPEC 4	Mori, R. C., & Curvelo, A. A. da S. (2018). A experimentoteca do Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC-USP) e o ensino por investigação: Compromissos teóricos e esforços práticos. Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências , v. 18, n. 3, p. 795-818. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2018183795

2018	RBPEC 5	Strieder, R. B., & Watanabe, G. (2018). Atividades investigativas na Educação Científica: dimensões e perspectivas em diálogos com o ENCI. Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências , v. 18, n. 3, p. 819–849. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2018183819
2018	RBPEC 6	Bruno, G. da S., & Carolei, P. (2018). Contribuições do design para o ensino de Ciências por investigação. Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências , v. 18, n. 3, p. 851–878. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2018183851
2018	RBPEC 7	Silva, M. B. e, Gerolin, E. C., & Trivelato, S. L. F. (2018). A importância da autonomia dos estudantes para a ocorrência de práticas epistêmicas no ensino por investigação. Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências , v. 18, n. 3, p. 905–933. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2018183905
2018	RBPEC 8	Nascimento, R. D., & Gomes, A. D. T. (2018). A relação entre o conhecimento conceitual e o desempenho de estudantes em atividades investigativas. Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências , v. 18, n. 3, p. 935–965. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2018183935
2018	RBPEC 9	Sasseron, L. H. (2018). 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 , v. 18, n. 3, p. 1061–1085. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec20181831061
2019	C&E 5	Ferreira, S., Corrêa, R., & Silva, F. C. (2019). Estudo dos roteiros de experimentos disponibilizados em repositórios virtuais por meio do ensino por investigação. Ciência & Educação (Bauru), v. 25, n. 4, p. 999–1017. DOI: 10.1590/1516-731320190040010
2019	IENCI 5	Lago, L. G., Ortega, J. L. N. A., & Mattos, C. R. (2019). A investigação científica-cultural como forma de superar o encapsulamento escolar: Uma intervenção com base na teoria da atividade para o caso do ensino das fases da lua. Investigações em Ensino de Ciências (IENCI), v. 24, n. 1, p. 239-260. DOI: 10.22600/1518-8795.ienci2019v24n1p239
2019	IENCI 6	Moraes, V. R. A. de, & Taziri, J. (2019). A motivação e o engajamento de alunos em uma atividade na abordagem do ensino de Ciências por investigação. Investigações em Ensino de Ciências (IENCI), v. 24, n. 2, p. 72-89. DOI: 10.22600/1518-8795.ienci2019v24n2p72
2021	IENCI 7	Sousa, M., Santos, L. (2021). ARTICULAR PRÁTICAS DE AVALIAÇÃO PEDAGÓGICA PARA APRENDER EM CIÊNCIAS EXPERIMENTAIS. Investigações em Ensino de Ciências , v. 26, n. 2, p. 333-348. DOI: 10.22600/1518-8795.ienci2021v26n2p333
2021	IENCI 8	Santana, U. S., Sedano, L. (2021). PRÁTICAS EPISTÊMICAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO: CONTRIBUIÇÕES NECESSÁRIAS PARA A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA. Investigações em Ensino de Ciências v. 26, n. 2, p. 378-403. DOI: 10.22600/1518-8795.ienci2021v26n2p378
2022	RBPEC 10	Silva, A. G., Nascimento, T. B., & Rebeque, P. V. (2022). Sequência de Ensino Investigativa sobre a Densidade dos Corpos: desenvolvimento em uma Turma de Quinto Ano do Ensino Fundamental. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências , v. 22, p. 1–28. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2022u257284

3.2 ANÁLISE DO CORPUS

A seguir, apresentamos as seis categorias que emergiram ao longo da análise para tratar os dados dos artigos do corpus. Importa destacar que as categorias foram formadas a partir do conjunto total de dados dos 34 artigos, o que nos levou a ter alguns artigos que possuíam dados em diferentes categorias e, por isso, aparecem de forma repetida no Quadro 4 mais adiante.

As categorias emergentes serão apresentadas por grau de proximidade entre o EnCI e a NdC, sendo a primeira categoria aquela em que a NdC está mais intrinsecamente relacionada ao EnCI, enquanto a última é aquela na qual o EnCI pode ocorrer sem abordar a NdC. Além disso, algumas das categorias foram divididas em subcategorias, que guiam a análise e dão maior coerência interna à categoria emergente.

Quadro 4: Categorias emergentes da revisão de literatura e artigos em que elas foram identificadas

Categorias e Subcategorias		Artigos
1- Desenvolver a NdC caracteriza o EnCI		Alexandria-3
		Ensaio-5
		IENCI-4
		RBPEC-2
		RBPEC-3
2- Desenvolver a NdC é um objetivo do EnCI		C&E-1
		Ensaio-8
		IENCI-5
		Ensaio-1
3- Desenvolver a NdC é um intermediário para os objetivos do EnCI	3.1- EnCI buscando superar uma visão empírico-indutivista ingênua através da NdC	RBPEC-4
	3.2- EnCI buscando alcançar a alfabetização científica por intermédio da NdC	C&E-3
		RBPEC-2
		RBPEC-7
	IENCI-8	
4- Desenvolver a NdC ocorre a partir de características do EnCI	4.1- NdC sendo trabalhada a partir dos problemas propostos pelo professor	Alexandria-1
		C&E-1
		IENCI-4
	4.2- NdC sendo trabalhada a partir de interações com/entre os alunos	IENCI-7
		Ensaio-2
		Ensaio-7
	IENCI-2	

	4.3 - NdC sendo trabalhada a partir de práticas presentes no EnCI	IENCI-3 C&E-5 Ensaio-3 RBPEC-2 RBPEC-5		
5- Desenvolver a NdC ocorre de forma periférica ao EnCI	5.1- NdC fazendo parte da alfabetização científica	RBPEC-1 Ensaio-4 Ensaio-6 C&E-4 RBPEC-6 IENCI-6		
		5.2- NdC sendo trabalhada a partir de práticas científicas e epistêmicas	RBPEC-9 IENCI-8	
		5.3- NdC possibilitada pela abordagem didática	Ensaio-1 IENCI-1 Alexandria-2 C&E-2 RBPEC-8	
			6- Desenvolver a NdC pode não ocorrer no EnCI	RBPEC-5 RBPEC-8 RBPEC-10

Fonte: Elaboração própria

Passamos agora a apresentar cada uma das categorias elaboradas, exemplificando-as e mostrando suas definições e delimitações.

1- Desenvolver a NdC caracteriza o EnCI

A primeira categoria emergente é *Desenvolver a NdC caracteriza o EnCI*, em que estão inclusos cinco artigos (Alexandria-3; Ensaio-5; IENCI-4; RBPEC-2 e RBPEC-3) que apontam o desenvolvimento de aspectos da NdC como elemento definidor para uma atividade ser considerada de EnCI. Essa categoria é mais bem exemplificada pelo dado originário do artigo Ensaio-5: “Aspectos da natureza da ciência incorporados na estrutura das atividades caracterizam o ensino por investigação” (Trivelato; Tonidandel, 2015, p. 103). De forma a intensificar esta relação entre a NdC e o EnCI, o artigo IENCI-4 refere-se à NdC não só como um elemento de possível incorporação ao EnCI, mas sim como um eixo estruturante dessa abordagem didática, conforme podemos verificar no trecho a seguir:

Sasseron e Carvalho (2011) propõem considerar três eixos estruturantes nas propostas didático-pedagógicas pautadas na abordagem didática investigativa, os quais envolvem: [...] ii) a

compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos, políticos que circundam a sua prática. (Solino; Sasseron, 2018, p.107. grifo nosso).

As autoras referem-se à NdC como um dos três eixos estruturantes de uma abordagem didática investigativa. Desta forma, a compreensão da NdC caracterizaria o EnCI, por fazer parte dele. Já no artigo RBPEC-2 enfatiza esta relação ao afirmar que "tanto uma visão contemporânea de NdC, quanto uma visão de ensino orientada ao estudante são cruciais na implementação do EnCI." (Campos; Scarpa, 2018, p. 731)

É interessante destacar que essa caracterização do EnCI a partir da NdC não esteve presente na origem das discussões da abordagem investigativa, como nos mostra Trópia (2015) no dado de Alexandria-3. Nesse artigo, o autor apresenta o momento, no começo da década de 1990, em que atividades investigativas de ensino de Ciências começaram a tomar a forma que têm hoje, segundo a qual "a natureza da Ciência é incorporada ao ensino por investigação em um momento histórico em que discutir essa perspectiva com os alunos possibilitaria compreender melhor o que é a atividade científica" (Trópia, 2015, p. 57).

2- Desenvolver a NdC é um objetivo do EnCI

A categoria *Desenvolver a NdC é um objetivo do EnCI* abrange quatro artigos que apresentam a intenção de desenvolver aspectos da NdC durante uma atividade investigativa (C&E-1; Ensaio-1; Ensaio-8; IENCI-5). Como exemplo, temos o IENCI-5:

Quando utilizado dentro da área de ensino de ciências, **uma abordagem investigativa teria pelo menos dois objetivos: desenvolver a apreensão de conhecimento científico, e desenvolver aspectos epistemológicos e da natureza da ciência** (Abd-El-Khalick et al., 2004). Em outras palavras, o ensino investigativo trataria simultaneamente o aprendizado sobre ciência e o aprendizado de ciência, entendido aqui como as práticas do fazer científico (Meyer & Crawford, 2011; Sasseron, 2015). (Lago; Ortega; Mattos, 2019, p. 240, grifo nosso).

Esse dado, ao colocar como objetivos das abordagens investigativas a apreensão do conhecimento científico e o desenvolvimento de aspectos da NdC,

descreve tais aspectos como práticas científicas. Já no artigo C&E-1, "a contribuição dos problemas do ENCI para a Abordagem Temática Freireana está vinculada à dimensão pedagógica, uma vez que seu foco é levar os alunos ao entendimento dos conceitos científicos e à natureza da ciência." (Solino; Gehlen, 2015, p. 926). Há aqui neste trecho uma delimitação em que a NdC é situada como um objetivo para o ensino que possui sua dimensão pedagógica relacionada com o EnCI.

Esta mesma delimitação do âmbito da NdC e do EnCI, agora como atividades de ensino, é expressa no artigo Ensaio-8:

Para isso, o ensino de Ciências deve ser planejado para que os estudantes participem do processo de construção dos conceitos científicos e das ideias relativas à natureza das Ciências; que desenvolvam habilidades relacionadas às investigações científicas, bem como, promovam o seu posicionamento crítico e reflexivo sobre as decisões individuais e grupais, já que somos responsáveis por nossas ações e o que fazemos e decidimos impactará, de alguma forma, na sociedade como um todo. E, para que essas habilidades sejam promovidas nos estudantes, diversas estratégias e abordagens de ensino podem ser utilizadas pelos professores em suas salas de aulas. Entre elas destacamos, neste trabalho, o ensino por investigação. (Suart; Marcondes, 2018, p. 4).

A partir desta categoria vemos que há certa recorrência em situar o EnCI na dimensão pedagógica ou enquanto atividade de ensino quando a NdC se situa como finalidade. O EnCI, assim, seria o meio para se atingir o objetivo que seria o trabalho com aspectos de NdC. Situar o EnCI nesta posição poderia ser entendido como uma abordagem que estaria submetida a um outro propósito. Entretanto, como expresso nos artigos IENCI-5 e Ensaio-8, há outros objetivos para o EnCI que não somente trabalhar a NdC. Ou seja, ainda que o EnCI possa ter como fim o ensino da NdC, este não seria o fim único, demonstrando que há mais objetivos no EnCI do que ser somente um meio para uma determinada finalidade educacional.

3- Desenvolver a NdC é um intermediário para os objetivos do EnCI

Aqui nos atentamos à categoria *Desenvolver a NdC é um intermediário para os objetivos do EnCI*, a qual abrange cinco artigos. Nesses artigos há a referência a um objetivo maior para o EnCI, que pode ser alcançado ao se trabalhar diferentes aspectos da NdC durante a investigação. Diferentemente da Categoria 2, os

trabalhos identificados na Categoria 3 apresentam objetivos próprios para o EnCI, que seriam atingidos por intermédio do trabalho com a NdC. Ademais, a Categoria 3 é de interesse porque nos permite identificar os aspectos da NdC que são utilizados para se alcançar um dado objetivo pedagógico do EnCI, ao invés de impô-los puramente como um conteúdo normativo a ser ensinado. Em outras palavras, nesta categoria a NdC não é compreendida como uma lista de afirmações sobre a Ciência a serem aprendidas, em alinhamento com o entendimento expresso nos trabalhos de McComas (2008) e Moura, Camel e Guerra (2020). Esta categoria engloba dois objetivos possíveis para o EnCI, expressos nas subcategorias *3.1- EnCI buscando superar uma visão empírico-indutivista ingênua através da NdC* e *3.2- EnCI buscando alcançar a alfabetização científica por intermédio da NdC*.

A subcategoria 3.1 apresenta somente o artigo RBPEC-4, de Mori e Curvelo (2018), que aponta visões empírico-indutivistas ingênuas como um problema para a educação científica, principalmente nas práticas experimentais da área. Nesse sentido, o EnCI objetiva superar tais visões ingênuas e possibilitar um aprofundamento na compreensão do fazer científico, como vemos no seguinte dado:

O ensino por investigação, particularmente em suas vertentes relacionadas com o trabalho experimental na educação científica, representa uma tentativa de superar a influência do empirismo-indutivismo ou do indutivismo ingênuo nas práticas pedagógicas. [...] Por sua vez, as práticas experimentais influenciadas pela abordagem investigativa, ao considerar aspectos da própria natureza das ciências [...], se apresentam como fonte de problematização ou como teste de hipóteses (Kasseboehmer, Hartwig, & Ferreira, 2015). Nesse sentido, colaboram para o exercício, por parte dos estudantes, de habilidades mais cognitivamente desafiadoras, em comparação com os experimentos mais estruturados ou com maior grau de direcionamento (Araújo & Abib, 2003) (Mori; Curvelo, 2018, p. 796, grifo nosso).

É interessante destacar a ênfase que é dada na problematização das atividades experimentais partindo da incorporação de aspectos da NdC, em oposição às atividades tradicionais (mais estruturadas e com menor grau de abertura), nas quais se vê o experimento como imparcial ou como uma mera demonstração de uma teoria, o que é prejudicial para a compreensão da Ciência. Podemos inferir de tais aspectos que, para os autores, trabalhar aspectos da NdC envolve um processo cognitivo, que pode ser mais complexo se, além dos elementos já presentes nas atividades tradicionais, como os procedimentos

experimentais, a apresentação dos resultados e o conhecimento científico propriamente dito, for realizado um processo reflexivo que questiona o porquê de se realizar esses procedimentos e não outros; como são argumentados e defendidos nos resultados, bem como quais as relações entre o conhecimento produzido e a sociedade (Mori, Curvelo, 2018).

A subcategoria 3.2- *EnCI buscando alcançar a alfabetização científica por intermédio da NdC*, que engloba os artigos C&E-3, RBPEC-2, RBPEC-7 e IENCI-8, se refere aos trabalhos que, ao relacionarem o EnCI à NdC, têm como objetivo alcançar uma das metas do Ensino de Ciências, que é a alfabetização científica.

Os artigos nos permitem mostrar uma cadeia de eventos em que o EnCI proporciona a compreensão da NdC e tal compreensão leva ao desenvolvimento da alfabetização científica, como podemos observar no seguinte dado, de IENCI-8:

As autoras [Silva, Gerolin e Trivelato (2018)] também fomentam que o ENCI é uma abordagem que visa à Alfabetização Científica, pois fomenta compreender a natureza da Ciência e a aplicação de conhecimentos na resolução de problemas. (Santana; Sedano, 2021, p. 382).

O que é percebido, portanto, é que trabalhar aspectos de NdC se relaciona ao desenvolvimento da consciência crítica de dadas práticas do fazer científico, o que se alinha bem com o conceito de alfabetização científica defendido por Sasseron e Carvalho (2008) a partir de três eixos estruturantes: a compreensão de conceitos base da Ciência e sua extensão para o cotidiano; o desenvolvimento de aspectos da NdC e das influências éticas e políticas na prática científica; e o entendimento de questões de CTS e CTSA.

Outra questão que foi observada nessa categoria é o fato de que os cinco artigos aqui presentes são de 2017 em diante. Isso pode indicar uma mudança na relação estabelecida pelos trabalhos que tratam sobre EnCI e NdC, sendo necessário um acompanhamento das futuras publicações da área para saber se esse entendimento de que a NdC é um intermediário para o objetivo do EnCI será mantido.

4- Desenvolver a NdC ocorre a partir de características do EnCI

Outra categoria em que podemos analisar os dados é 4- *Desenvolver a NdC ocorre a partir de características do EnCI*, a qual inclui doze artigos divididos, em 3 subcategorias, quais sejam: 4.1- *NdC sendo trabalhada a partir dos problemas propostos pelo professor*; 4.2- *NdC sendo trabalhada a partir de interações com/entre os alunos*; 4.3 - *NDC sendo trabalhada a partir de práticas presentes no EnCI*. Tais subcategorias associam a NdC a uma determinada característica do EnCI. O que nos interessa nessa categoria é compreender as formas pelas quais aspectos da NdC são inseridos dentro de diferentes atividades investigativas e quais etapas da atividade podem ser impactadas pela ênfase ou omissão desses aspectos.

São quatro artigos (Alexandria-1; C&E-1; IENCI-4; IENCI-7) na subcategoria 4.1, os quais dão maior ênfase nas proposições dos professores. Tais artigos indicam que o problema escolhido a ser investigado é carregado por aspectos da NdC, que precisam ser desenvolvidos para que sejam respondidas as perguntas que o professor faz para orientar os alunos na investigação. Temos como exemplo o seguinte dado, do artigo C&E-1:

[...] Para resolvê-los [os problemas no EnCI] é necessário não apenas o entendimento dos conceitos científicos, mas, também, as compreensões sobre a natureza da ciência [...] (NASCIMENTO, 2012; SASSERON, 2008) (Solino; Gehlen, 2015, p. 916).

No caso do dado anterior, é explicitado que os problemas que são escolhidos para direcionar a realização de uma atividade investigativa têm relação direta com diferentes aspectos da NdC, os quais precisam ser desenvolvidos e compreendidos para que a atividade seja realizada de forma plena. De modo similar, Solino e Gehlen (2014a), em Alexandria-1, afirmam que

apesar da polissemia do termo [*atividades investigativas*], vários pesquisadores convergem ao defender que **o uso de problemas nas atividades investigativas é essencial para desenvolver habilidades que envolvem a natureza da ciência** (GIL PEREZ et al., 1992; AZEVEDO, 2004; FRANCISCO JR et al., 2008; CARVALHO, 2011) (Solino; Gehlen, 2014a, p. 78, grifo nosso).

A subcategoria 4.2- *NdC sendo trabalhada a partir de interações com/entre os alunos* é composta por três artigos (Ensaio-2; Ensaio-7; IENCI-2). O artigo Ensaio-2 destaca um paralelo entre a comunicação da investigação realizada e de seus resultados por parte dos estudantes e a comunicação que ocorre no próprio fazer científico, para que, segundo Zômpero e Laburú (2011) “o aluno possa compreender, além do conteúdo, também a natureza do conhecimento científico que está sendo desenvolvido por meio desta metodologia de ensino.” (p. 79). Em IENCI-2, Solino e Gehlen (2014b) também apontam que “as interações sociais ocorridas em sala de aula, entre aluno-aluno, aluno-professor e aluno-material didático, potencializam a construção dos conceitos científicos e o entendimento sobre a natureza da ciência.” (p. 152).

A subcategoria 4.3 - *NdC sendo trabalhada a partir de práticas presentes no EnCI* apresenta cinco artigos (IENCI-3; C&E-5; Ensaio-3; RBPEC-2; RBPEC-5). Em IENCI-3, Ferraz e Sasseron (2017) destacam que a argumentação é uma prática presente no EnCI que possibilita trabalhar com aspectos de NdC.

Dessa forma, configura-se um quadro que permite inferir que **ao favorecer a argumentação em sala de aula há a tendência em contribuir para que os estudantes construam uma visão não deformada da ciência e do trabalho científico**, uma vez que estes são aproximados de práticas próprias da epistemologia e da natureza das ciências (Ferraz; Sasseron, 2017, p. 43, grifo nosso).

É possível inferir, nos artigos incluídos na Categoria 4, que trabalhar a NdC é, de certa forma, uma ‘consequência’ do EnCI, que pode ser explorada, total ou parcialmente, ou ainda ser completamente ignorada, sem que a abordagem didática seja desvirtuada, ou seja, sem descaracterizar o EnCI. Contudo, reforçar os aspectos da NdC que são intrinsecamente relacionados ao EnCI beneficia a atividade como um todo, enquanto ignorá-los pode minimizar os ganhos pedagógicos da abordagem didática. O seguinte dado, de RBPEC-2, exemplifica tal compreensão:

Ainda, o EnCI é especialmente interessante para discutir aspectos de natureza da ciência (NdC), possibilitando a compreensão do processo de produção de conhecimento científico como um empreendimento social em que diversos métodos são colocados em prática de forma criativa e mutável ao longo do tempo e de acordo

com as ferramentas disponíveis (Sandoval, 2005). (Campos; Scarpa, 2018, p. 731).

Assim, as autoras citadas acima apresentam o EnCI como um possível potencializador para a discussão de aspectos da NdC. De forma resumida, Miranda, Marcondes e Suart (2015) apontam a mesma ideia no dado da Ensaio-3: “Características e atitudes do trabalho investigativo podem ser adotadas pelos estudantes, proporcionando-os contato com a natureza das ciências (Sasseron, 2008).” (Miranda; Marcondes; Suart, 2015, p. 572). Esse dado é representativo da maioria dos dados desta categoria, que se voltam para uma causalidade direta, em que as características do trabalho investigativo (proposição de problemas, interações entre os estudantes e com o professor, práticas presentes no EnCI, como trabalho com dados, argumentação, etc.) proporcionam necessariamente o contato com aspectos da NdC, sem que seja dada uma atenção especial do professor para destacar tais elementos de forma explícita e consciente.

5- Desenvolver a NdC ocorre de forma periférica ao EnCI

Esta categoria se refere a dados de artigos que estabelecem uma relação mais indireta ou periférica entre o EnCI e a NdC. Aqui identificamos dados de treze artigos diferentes, que, embora de forma isolada não nos auxiliam a compreender as interações entre esses dois conceitos, endossam alguns dos pontos observados em outras categorias.

A subcategoria *5.1- NdC fazendo parte da alfabetização científica* envolve seis artigos (RBPEC-1; Ensaio-4; Ensaio-6; C&E-4; RBPEC-6; IENCI-6) que se referem à NdC para que possam mais bem descrever a alfabetização científica. Alguns dados da categoria ‘*4- A NdC como sendo um intermediário para o objetivo do EnCI*’ também fazem referência à alfabetização científica, porém eles apresentam um direcionamento da necessidade de se trabalhar aspectos da NdC para que o EnCI alcance a alfabetização científica. Já nos dados da subcategoria 5.1, a NdC está associada somente à alfabetização científica, sem explicitamente demarcar um caminho do EnCI para a NdC e em seguida para a alfabetização científica.

A subcategoria 5.2- *NdC sendo trabalhada a partir de práticas científicas e epistêmicas* pode ser representada pelo dado do artigo RBPEC-9, em que Sasseron (2018) afirma, sobre as práticas científicas e epistêmicas:

Osborne (2014) expressa a importância de que as práticas [científicas e epistêmicas] sejam consideradas como forma de possibilitar que as ciências apresentadas em sala de aula melhor representem os entendimentos atuais que se possui sobre a natureza das ciências, considerando aspectos sociais e culturais. (Sasseron, 2018, p. 1081).

Já o artigo IENCI-8 faz referência ao desenvolvimento concomitante de aspectos da NdC, em que o fomentador de tais aspectos é o desenvolvimento de práticas epistêmicas:

Silva (2015) ressalta que o desenvolvimento de práticas epistêmicas contribui à percepção dos alunos sobre as teorias e evidências experimentais, bem como à natureza do conhecimento científico, sendo o ENCI relevante para gerar diferentes práticas epistêmicas, sendo elas necessárias na articulação de informações, dados experimentais e conclusões (Santana; Sedano, 2021, p. 394).

Os artigos presentes nas subcategorias 5.1 e 5.2, ao tratarem sobre a NdC, o fazem para elucidar outros conceitos (alfabetização científica e práticas científicas e epistêmicas, respectivamente), que são relevantes para o EnCI ou para o Ensino de Ciências de modo geral. Há uma proximidade forte dessas duas subcategorias com a categoria 'NdC como sendo um intermediário para o objetivo do EnCI', com a diferença de que a NdC, em 5.1 e 5.2, não é posta como um objetivo específico do EnCI para se aproximar do seu objetivo geral, mas sim como um elemento relevante de um conceito, em princípio, externo ao EnCI.

Na subcategoria 5.3- *NdC possibilitada pela abordagem didática* há dados de cinco artigos (Ensaio-1; IENCI-1; Alexandria-2; C&E-2; e RBPEC-8) nos quais a NdC aparece de forma mais distanciada do EnCI, com os dois conceitos sendo compatíveis, mas sem estabelecer que um desenvolve o outro ou que um tem o outro como objetivo. O seguinte dado de Alexandria-2 exemplifica bem essa subcategoria:

Percebe-se que os documentos da NRC concebem o ensino por investigação como uma abordagem pedagógica que é consistente

com a natureza da ciência e que fornece a formação de conhecimentos e habilidades úteis para a abordagem de problemas de interesse pessoal ou social (DEBOER, 2006). (Clement; Custódio; Alves Filho, 2015, p.114).

Os autores se limitam a colocar o EnCI como uma abordagem consistente com a NdC, sem elaborar o porquê de tal consistência, isto é, se atividades investigativas deveriam ser planejadas e realizadas para reforçar tal relação ou se o EnCI é particularmente interessante para se desenvolver aspectos de NdC. De forma similar, o dado de IENCI-1 traz consigo um relato de uma formação em que aspectos da NdC surgem: “Aconteceram então discussões problematizando a existência de tal método, onde foram feitas críticas explícitas à visão empirista de ciências, bem como sobre a natureza da ciência.” (Sá; Lima; Aguiar, 2011, p. 90). Porém, o artigo não faz nenhuma inferência de que tal discussão possa ter aflorado particularmente por se tratar de uma atividade investigativa.

6- Desenvolver a NdC pode não ocorrer no EnCI

Por fim, temos a categoria *Desenvolver a NdC pode não ocorrer no EnCI*. Essa categoria inclui três artigos (RBPEC-5; RBPEC-8; RBPEC-10), que entendem que a relação entre esses dois conceitos deve ser estudada em mais sentidos, para que assim se compreenda em quais elementos há ou não aproximações entre o EnCI e a NdC.

Nesse sentido, os artigos RBPEC-5 e RBPEC-10 expõem certo conflito em conciliar a atenção sobre a NdC com elementos que são característicos no EnCI. No dado do artigo RBPEC-10, o conflito está em “conciliar a proposição de problemas experimentais, com uma abordagem sobre a Natureza da Ciência” (Silva; Nascimento; Rebeque, 2022, p. 25), já que na atividade desenvolvida por eles foi possível iniciar um processo de alfabetização científica a partir de experimentos de manipulação. Neste sentido, para os autores, o EnCI e a NdC podem não ter relação mesmo quando se almeja a alfabetização científica.

Já o dado do artigo RBPEC-5 demonstra uma preocupação de que a NdC vem perdendo sua relevância em atividades de EnCI:

Na perspectiva de compreender e participar do mundo contemporâneo comparece uma preocupação com

situações-problema reais. A ênfase deixa de estar nos conceitos científicos, nas habilidades ou na natureza da ciência, que são entendidos como meios para compreender uma situação mais ampla pertencente à realidade dos alunos. (Strieder; Watanabe, 2018, p. 833).

Para as autoras, as atividades investigativas passam a dar maior ênfase a questões contextualizadas à realidade dos estudantes, cabendo aos conceitos científicos e aos aspectos da NdC um papel auxiliar nessas atividades. Neste sentido, a relação entre EnCI e NdC poderia estar se distanciando ao invés de se aproximar, como exposto na maioria dos demais artigos presentes no *corpus*.

O artigo RBPEC-8 corrobora com essa perspectiva anterior ao justificar certo distanciamento do EnCI e a NdC com as pesquisas na área da Psicologia e Cognição que expõem a efetividade das atividades investigativas em promover a aprendizagem sobre NdC:

Embora o envolvimento dos estudantes em atividades investigativas seja ressaltado enfaticamente por educadores como fundamental para a aprendizagem sobre a natureza da Ciência e sobre o processo de investigação científica, pesquisas na área da Psicologia e Cognição apontam que, quando engajados em investigações, indivíduos de todas as idades, enfrentam certas dificuldades características (Dunbar, & Klahr, 2012; Morris et al., 2012). (Nascimento; Gomes, 2018, p. 937).


Ao exporem um distanciamento entre o EnCI e a NdC, os artigos presentes nesta categoria destacam uma relação conflitante que pode estar presente entre essas duas áreas. Tal como discutimos ao final da análise da Categoria 1, a NdC não estava relacionada com os primórdios do EnCI, sendo esta aproximação realizada a partir da década de 1990. A argumentação que esses três artigos trazem pode indicar como este processo de aproximação entre EnCI e NdC pode não ser simples e direto, o que demandaria desenvolvermos mais investigações sobre este processo.

3.3 SÍNTESE DA REVISÃO DE LITERATURA

A investigação relatada neste texto teve por objetivo responder à seguinte pergunta: Como se faz presente a NdC nas pesquisas que envolvem o EnCI? Para tanto, foi realizada uma revisão de literatura a partir de um corpus inicial de artigos sobre EnCI. Identificou-se inicialmente que nenhum dos 83 artigos sobre EnCI mapeados em trabalho anterior (Cunha; Maximo-Pereira; Cunha, 2024) possuía em seu título ou em suas palavras-chave as expressões “Natureza da Ciência” ou “Natureza das Ciências”. Essa ausência de trabalhos sobre EnCI que abordam explicitamente a NdC pode indicar a necessidade de que mais investigações na área de Educação em Ciências tenham centralidade nas relações entre EnCI e NdC.

Como forma de contribuir nessa direção, analisamos neste trabalho um corpus de 34 artigos de EnCI que fazem referência, no corpo do texto, à NdC, buscando compreender quais as relações que aproximam esses dois conceitos. Como resposta à nossa pergunta de pesquisa, elaboramos seis categorias de análise, com algumas subcategorias, o que nos permitiu identificar diferentes graus de aproximação entre os dois conceitos, sendo a relação mais próxima entre os dois aquela em que a NdC é definidora do EnCI (Categoria 1), enquanto a relação mais fraca é aquela que aponta uma falta de relações diretas entre EnCI e NdC (Categoria 6). A ordenação das categorias, daquela que mais aproxima EnCI e NdC para aquela que menos aproxima, é destacada na Quadro 5:

Quadro 5: Categorias emergentes da análise ordenadas, de forma decrescente, segundo o grau de aproximação entre EnCI e NdC

	1. Desenvolver a NdC caracteriza o EnCI
	2. Desenvolver a NdC é um objetivo do EnCI
	3. Desenvolver a NdC é um intermediário para os objetivos do EnCI
	4. Desenvolver a NdC ocorre a partir de características do EnCI
	5. Desenvolver a NdC ocorre de forma periférica ao EnCI
	6. Desenvolver a NdC pode não ocorrer no EnCI

Fonte: Elaboração própria

O quadro 5 apresenta um espectro de possibilidades em que se refere à NdC em artigos de EnCI, e portanto permite uma visão mais ampla e crítica sobre as ligações entre esses dois conceitos. A primeira categoria, *Desenvolver a NdC caracteriza o EnCI*, pode ser vista como excessivamente dogmática, enquanto a sexta, *Desenvolver a NdC pode não ocorrer no EnCI*, pode ser interpretada como excessivamente cética. Nesse sentido, as quatro categorias intermediárias podem oferecer uma conciliação entre os dois.

Como destacado no início desta revisão, as categorias foram utilizadas para sistematizar os dados presentes nos artigos, o que significa que, para artigos com mais de um dado, as categorias não são excludentes entre si dentro de um mesmo artigo. Em outras palavras, um mesmo artigo pode apresentar dados de várias categorias.

Na Categoria 1- *Desenvolver a NdC caracteriza o EnCI*, a NdC aparece como eixo estruturante do EnCI, destacando uma relação muito intrínseca entre ambos. Esta relação, porém, é questionada nos artigos presentes na categoria 6 - *Desenvolver a NdC pode não ocorrer no EnCI*, em que temos artigos que destacam a existência de certo conflito entre a NdC e o EnCI. Dois (dos cinco) artigos presentes na Categoria 1, bem como dois (dos três) presentes na Categoria 6 são de uma mesma edição da RBPEC de 2018, dedicada ao EnCI. Destacamos a importância desta edição dedicada ao EnCI ao trazer questões em aberto na literatura, havendo, assim, espaço para novas pesquisas que deem ênfase nas relações entre NdC e EnCI. Esta questão em aberto pode ter relação com a origem do EnCI não estar relacionada à NdC. Como comentado anteriormente, segundo Trópia (2015), a aproximação entre EnCI e NdC começou a ocorrer na década de 1990 e os artigos da Categoria 6 destacam justamente que essa aproximação ainda necessita de maior atenção.

A Categoria 2 - *Desenvolver a NdC é um objetivo do EnCI* nos auxilia a compreender certo movimento na questão em aberto anteriormente colocada. Isso porque a NdC é referida nesta categoria como um dos objetivos do EnCI, mas não o único. Ou seja, o EnCI pode ter outros objetivos para além da NdC, sendo possível, inclusive, trabalhá-los de forma periférica (Categoria 5).

Por outro lado, a Categoria 3 - *Desenvolver a NdC é um intermediário para os objetivos do EnCI*, nos mostra que a NdC contribui com o EnCI ao ser um

intermediário necessário para outros objetivos que esta abordagem didática venha a ter, como a alfabetização científica.

A Categoria 4 - *Desenvolver a NdC ocorre a partir de características do EnCI* nos traz indicativos de que, embora os elementos da NdC sejam essencialmente desenvolvidos na ação dos estudantes, seja na resolução do problema ou nas interações que permeiam a sua resolução, incluindo as práticas típicas do EnCI, todas essas ações são fomentadas pelo professor, que propõe e orienta a atividade. Essa perspectiva corrobora com a proposição de Maximo-Pereira e Cunha (2021) de que as ações dos professores possuem um destaque especial na avaliação do EnCI.

Em suma, pudemos observar que recorrentemente aspectos da NdC são trazidos para discussões sobre atividades de EnCI, com diferentes perspectivas, algumas mais intrínsecas e outras mais periféricas. Tais diferenças são fundamentais de serem compreendidas porque elas podem influenciar diretamente sobre como podem ser estruturadas ou não as atividades de EnCI que buscam trabalhar a NdC, bem como também podem influenciar a condução de pesquisas sobre essa abordagem didática.

4 FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA

Neste capítulo serão detalhados os princípios metodológicos do presente trabalho, que foram adotados para contemplar o segundo e terceiro objetivos específicos da pesquisa, respectivamente: analisar como os aspectos da NdC são mobilizados em diferentes momentos de uma sequência de atividades investigativas; e estabelecer relações entre a sequência de atividades desenvolvidas e a Ciência Integral proposta por Allchin (2013). Assim, este capítulo abrange (i) as concepções de pesquisa, especialmente da pesquisa educacional, (ii) o contexto em que a mesma foi realizada, (iii) os preparativos necessários para que ela ocorresse e, por fim, (iv) a construção dos dados a serem analisados.

Usamos como base para esta investigação as questões de método discutidas por Ghedin e Franco (2008) ao descreverem a pesquisa educacional. Dentro dessa perspectiva, entendemos que a metodologia, diferentemente do que se apresenta em um viés positivista, não está completamente determinada previamente à pesquisa em si, mas é um processo que se constrói ao longo da pesquisa e que só pode ser claramente observado após a sua conclusão. É importante, no entanto, a compreensão prévia das bases epistemológicas que guiarão esse processo, bem como a abordagem a ela delimitada para que a pesquisa cumpra seu propósito de geração de conhecimento sistematizado.

A pesquisa qualitativa na área da Educação é especialmente marcada pela interação entre o pesquisador e os sujeitos das pesquisas, o que significa que a própria presença do pesquisador transforma o seu objeto de estudo, levando a uma relação dinâmica que precisa ser levada em conta para a investigação. Essa inserção do pesquisador dentro de sua pesquisa é um dos elementos que afasta a pesquisa educacional qualitativa de concepções mais tradicionais de pesquisa.

Um elemento igualmente importante a ser considerado na pesquisa educacional é o papel social da Educação e do educador. Nesse ambiente, não é incomum que o pesquisador também esteja no papel de educador, uma dupla função que, em certos momentos, pode entrar em conflito. Assim, o pesquisador nesse papel precisa equilibrar essas duas funções de modo que não seja prejudicial para a função social da Educação para os estudantes.

Com o objetivo de explorar as relações que os licenciandos estabelecem com as dimensões da Natureza da Ciência em uma abordagem investigativa, a pesquisa atual adota uma perspectiva qualitativa por entender que a complexidade dessas relações é mais bem explorada de forma dialógica. Para isso serão adotados os princípios de leitura flutuante de Bardin (2011) para formulação dos dados a serem analisados.

4.1 CONTEXTO DE PESQUISA

A atual pesquisa é focada em uma formação com cinco encontros que objetivam trabalhar elementos de História e Natureza da Ciência por meio do EnCI com licenciandos do curso de Física da UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Porém, tal formação está inserida em um contexto mais amplo de formação desses licenciandos, proporcionado pelo programa institucional da CAPES PIBID.

O tema principal trabalhado com os licenciandos desse grupo é o EnCI, o que foi um dos elementos motivadores para centrar a investigação em elementos da História da Ciência. O trabalho com a História da Ciência através do EnCI não é novo na literatura, no entanto, é uma possibilidade, em geral, pouco desenvolvida. Assim, foi considerado que inserir esse foco em um grupo com uma formação mais ampla de EnCI seria de grande proveito, aumentando as possibilidades futuras para os licenciandos.

O cronograma das atividades desenvolvidas ao longo desse programa está explicitado no quadro abaixo, sendo os encontros da atividade de História e Natureza da Ciência, foco deste trabalho de investigação, os de número 14, 15, 16, 18 e 19.

Quadro 6: Cronograma de encontros do PIBID.

Encontro	Data	Temática
Pré	12/12/2022	Apresentação do PIBID e do Projeto de Pesquisa para as devidas autorizações.
1	20/01/2023	Objetivo para o Ensino de Ciências a partir das cartas de intenções dos licenciados.
2	27/01/2023	Contrato didático: planejando atividades considerando o contexto dos estudantes e a relação entre professor e aluno.

3	10/02/2023	Desenvolvimento da autonomia enquanto objetivo para o ensino de ciências: análise de planos de aula.
4	10/03/2023	Ensino de Ciências por Investigação: vivências em uma atividade de ensino.
5	24/03/2023	Seminário proferido por pesquisadora colaboradora
6	14/04/2023	Impressões primeiras do contexto da escola
7	28/04/2023	Primeira versão do primeiro plano de aula
8	18/05/2023 e 19/05/2023	Reformulação da primeira versão do primeiro plano de aula. Encontros por grupo de plano de ensino
9	26/05/2023	Encontro na escola Rio Branco
10	23/06/2023	Socialização das modificações realizadas nos planos de ensino
11	30/06/2023	DEEnCI sobre o plano de ensino elaborado e sobre 1 vídeo do Lapef
12	21/07/2023	Vivência de atividade investigativa sobre mecânica (Pesquisadora colaboradora)
Extra 01	04/08/2023	1º encontro phi-phi (Física e Filosofia numa abordagem interdisciplinar)
13	25/08/2023	Leitura e discussão de texto sobre Ensino por Investigação.
14	01/09/2023	Primeira atividade de História e Natureza da Ciência: História ou anedota: o uso da História da Ciência nos livros didáticos
15	22/09/2023	Segunda atividade de História e Natureza da Ciência: Einstein e a criação de grandes gênios da ciência
16	29/09/2023	Terceira atividade de História e Natureza da Ciência: A Teoria do Éter, a Relatividade e as revoluções científicas
17	10/11/2023	Socialização das experiências de aula com o grupo Phi-Phi (Física e Filosofia numa abordagem interdisciplinar)
18	17/11/2023	Quarta atividade de História e Natureza da Ciência: O empreendimento social para a observação do eclipse de Sobral
19	08/12/2023	Primeira parte: socialização da atividade apresentada no Encontro Nacional das Licenciaturas (ENALIC). Segunda parte, quinta atividade de História e Natureza da Ciência: Fechamento: Escrita de Plano de aula com casos autênticos de História da Ciência

Fonte: Elaboração própria

A escolha pelo desenvolvimento das atividades com um grupo do PIBID vem, a princípio, pela possibilidade de se inserir em um grupo o foco especial nas discussões sobre atividades de EnCI. Além disso, o programa permite uma maior

flexibilidade de tempo e temas discutidos para inserir as discussões sobre NdC no contexto das atividades de EnCI.

4.1.1 OS SUJEITOS DA PESQUISA

Podemos dividir aqueles que participaram dessa formação em três grupos: pibidianos; pesquisadores; e professores.

Os pibidianos são licenciandos em Física que estão no segundo ou terceiro período do curso e foram contemplados pelo PIBID. Devido a isso, nenhum dos pibidianos tinha cursado, até o momento do desenvolvimento dessa formação, a disciplina de História da Física e Epistemologia, presente no sétimo período da Licenciatura em Física da UFRGS. Tal disciplina seria, entre outros tópicos, o momento de aprofundamento e consolidação sobre as questões de NdC para os licenciandos.

Os pesquisadores são alunos dos anos finais da Licenciatura em Física, ou alunos de pós-graduação em Ensino de Física, que desenvolvem pesquisas de Ensino de Física com foco no EnCI, entre os quais o autor desta dissertação.

Os professores são doutores orientadores dos pesquisadores presentes na formação. Além disso, os professores têm ampla experiência profissional em sala de aula, em pesquisas na área de Ensino de Física, bem como experiência no desenvolvimento de atividades de EnCI.

Quadro 7: Sujeitos da pesquisa

Pibidianos	Pesquisadores	Professores
Amanda Arthur Carlos Gabriela Julio Ligia Renan	Caio David Thiago	André Kelly

Fonte: Elaboração própria.

Os nomes dos sujeitos foram trocados a fim de resguardar suas identidades. Da mesma forma, também foram alterados todos os nomes de outros professores da instituição citados pelos sujeitos. Todos os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Anexo D) conforme processo CAAE

59225822.9.0000.5347 submetido e aprovado por Comitê de Ética na Pesquisa na Plataforma Brasil.

4.2 PLANEJAMENTO DA ATIVIDADE FORMATIVA

Com o objetivo de desenvolver as relações entre o EnCI e a NdC, foi planejada e executada uma formação que, utilizando a Teoria da Relatividade como temática transversal, pudesse trabalhar a NdC de forma integral com um grupo de licenciandos em Física dentro do contexto de um Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID). Dessa forma, caso essa formação seja enquadrada nos graus de aproximação entre EnCI e NdC (Quadro 5, p. 69), ela estaria entre aqueles trabalhos do segundo grau de aproximação (Desenvolver a NdC é um objetivo do EnCI). O planejamento dessas atividades investigativas se baseou na proposta de casos contemporâneos e históricos reais, como proposto por Allchin (2013), de modo que sofram o mínimo de distorção possível para que os elementos da NdC observados e analisados pelos licenciandos não sejam também distorcidos.

Podemos observar diferentes elementos da NdC ao tentar compreender como o conhecimento científico é gerado e as etapas da produção desse conhecimento até que dada informação chegue aos cidadãos. Para esses fins, a suposta ordem em que esses passos acontecem é irrelevante, pois são comutáveis. Todo experimento é precedido de teoria (carga teórica da observação), e toda teoria é passível de ser alterada pela experimentação. Os cientistas que participam desse fazer são pessoas como quaisquer outras, cidadãos que tiveram uma educação escolar e têm valores e perspectivas de mundo, então, permeando essas etapas, sempre há elementos de comunicação e o próprio contexto sociopolítico em que eles e esses fazeres estão inseridos. Podemos categorizar tais elementos da NdC em três dimensões de confiabilidade: Observacional; Conceitual; Sociocultural.

O EnCI, pela sua natureza investigativa, é muitas vezes pensado com o intuito de aproximar o estudante das práticas do fazer científico e de seus elementos conceituais que não se refiram diretamente aos produtos da Ciência, o que normalmente seriam os conteúdos programáticos abordados em sala de aula. Embora possam ser observados elementos das dimensões observacionais, conceituais e socioculturais da NdC na maioria das atividades de EnCI, atividades experimentais naturalmente irão trabalhar mais elementos da ordem observacional,

enquanto atividades baseadas em problemas e textos históricos irão fomentar mais questões conceituais e socioculturais, respectivamente. A partir disto, pode-se pensar em uma atividade que mais bem se adequa aos objetivos pedagógicos pretendidos.

A formação aqui desenvolvida foi planejada de forma a ser realizada ao longo de 5 encontros de 1 hora e 30 minutos cada. No quadro abaixo é resumido cada encontro com o seu título, os elementos da NdC que foram esperados a se manifestarem e as perguntas norteadoras de cada caso. Importante ressaltar que alguns dos elementos esperados não se manifestaram assim como alguns não previstos emergiram do encontro. Tais variações são previstas tanto para o EnCI como para os estudos de casos autênticos da Ciência Integral.

Quadro 8: Atividades desenvolvidas para realização com os licenciandos

Estudo de caso autêntico	Dimensões da Natureza da Ciência (Allchin, 2013) esperados	Perguntas norteadoras da Investigação
Situação-problema: <i>Como a história da ciência pode ser usada em sala de aula?</i>		
<p style="text-align: center;">1</p> <p style="text-align: center;">História ou anedota: o uso da História da Ciência nos livros didáticos</p>	Observação e medição (Estudo sistemático contra estudo anedótico) Dimensão histórica (Analogia; Mudança conceitual; Imaginação e síntese criativa)	O que vocês imaginam que há de História da Ciência nos livros didáticos? E sobre o desenvolvimento da Relatividade? Como vocês acham que aparece?
<p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">Einstein e a criação de grandes gênios da ciência</p>	O papel da cultura e das crenças O papel do viés de gênero Comunicação (Credibilidade de diferentes fontes) Dimensão histórica (Mudança conceitual)	Qual o papel de Einstein no desenvolvimento da Relatividade? Como ele é representado em artigos, na mídia e na internet de modo geral?
<p style="text-align: center;">3</p> <p style="text-align: center;">A Teoria do Éter, a Relatividade e as revoluções científicas</p>	Observação e medição (Precisão; Concordância entre dados) Instrumentos (Modelos) Dimensão histórica (Mudança conceitual) Dimensão Humana (O papel de crenças prévias) Instituições (Colaboração e competição entre cientistas)	Como a teoria do éter influenciou o desenvolvimento da teoria da relatividade?

<p style="text-align: center;">4</p> <p style="text-align: center;">O empreendimento social para a observação do eclipse de Sobral</p>	<p>Dimensão histórica (Mudança conceitual) Instituições (Colaboração científica; Formas de persuasão) Economia/Financiamento (Fontes de financiamento) Comunicação (Responsabilidade social dos cientistas)</p>	<p>Qual foi a importância da observação do eclipse de Sobral para a teoria da relatividade?</p>
<p style="text-align: center;">5</p> <p style="text-align: center;">Fechamento: Escrita de Plano de aula com casos autênticos de História da Ciência</p>		<p>Qual pergunta norteadora pode guiar uma atividade de EnCI que trabalhe História ou Natureza da Ciência?</p>

Fonte: Elaboração própria.

O Quadro 8 acima resume as cinco atividades investigativas com foco na História e NdC, apontando as dimensões da confiabilidade da Ciência inicialmente previstas e as perguntas norteadoras que devem guiar cada uma das atividades. No quadro, também é indicado o problema que unifica as cinco atividades: *Como a história da ciência pode ser usada em sala de aula?* Essa problematização está diretamente ligada ao objetivo pedagógico dessa sequência de atividades investigativas: desenvolver a capacidade dos licenciandos em Física de engajar com a História da Ciência a partir dos princípios da Ciência Integral, ou seja, representando uma Ciência autêntica.

4.2.1 ESTRUTURA DAS ATIVIDADES

Cada uma das atividades foi pensada para seguir o ciclo investigativo de Pedaste et al. (2015), em especial se aproximando do ciclo com enfoque dedutivo, conforme representado na Figura 2 (p. 48). Essa escolha se deu pelo objetivo de se trabalhar elementos da História e da Natureza da Ciência ao longo das atividades, sendo levado em conta que os questionamentos sobre textos históricos cumpriram melhor os objetivos da formação do que o levantamento de hipóteses para a realização de experimentos.

Dessa forma, todos os encontros começaram com uma orientação geral, o que pode envolver uma discussão inicial ou uma exploração preliminar do material que será investigado. Esse momento é acompanhado de um questionamento na forma de uma pergunta norteadora que deve conduzir a exploração subsequente da

atividade. Após a exploração do material, ocorre a interpretação dos dados, o que é feito coletivamente entre todos os licenciandos e professores. Ao fim da atividade é feita uma conclusão, que auxilia a sistematizar as ideias discutidas e assim contribui para o processo de aprendizagem.

A comunicação e a reflexão são elementos importantes ao longo de todas as etapas, embora a reflexão tenha maior destaque na etapa da exploração, enquanto a comunicação tem maior relevância no momento de interpretação de dados, quando deve ser feito um momento de discussão coletiva, e na sistematização das ideias.

As atividades são divididas em etapas às quais o formador irá passar junto aos licenciandos de modo a desenvolver a formação. Foi estimado o tempo de cada etapa de modo que cada um dos cinco encontros se mantivesse próximo do tempo de 1 hora e 30 minutos destinado para cada um.

1 - História ou anedota: o uso da História da Ciência nos livros didáticos

O objetivo é conduzir, junto aos licenciandos, uma investigação sobre os principais elementos que são observados no uso da História da Ciência em livros didáticos, levando-os à conceituação de NdC com base nesses elementos observados. Essa atividade também permite que eles se familiarizem de forma crítica com esse material essencial na prática docente. A atividade é dividida nas seguintes quatro etapas, com seus tempos de duração estimados:

- 1) (15 min.) Inicialmente, é proposta a seguinte pergunta de investigação: *O que vocês imaginam que há de História da Ciência nos livros didáticos? E sobre o desenvolvimento da Relatividade? Como vocês acham que aparece?* Na sequência, os licenciandos são indagados se já leram materiais didáticos que façam uso de história da ciência, assim como se já entraram em contato com professores ou trabalhos que usam e/ou defendem a História da Ciência na Educação Básica. Em caso afirmativo, eles são questionados sobre como foi o uso da História da Ciência nos materiais didáticos, nos trabalhos acadêmicos e pelos professores.
- 2) (20 min.) Em seguida, eles são divididos em quatro trios ou duplas e são distribuídos entre eles dois livros didáticos de Física do Ensino Médio por grupo, para que eles façam uma busca nesses materiais sobre como a História da Ciência é utilizada para o ensino de relatividade em cada um deles. A escolha dos livros se baseou na análise de Nunes, Queirós e Cunha

(2021), que investigaram como diferentes eventos históricos da Teoria da Relatividade são apresentados em livros didáticos de Física aprovados no Programa Nacional do Livro Didático de 2018.

Cada grupo deve comparar internamente seus dois livros, sendo guiados por uma dada temática que auxiliará no desenvolvimentos das atividades seguintes. Os livros são separados pelo formador de modo a criar um contraste nas representações observadas. Essa divisão é apresentada a seguir:

a) Tema 1: Os cientistas da Relatividade

- i) Física, Ciência e Tecnologia (Torres et al., 2016);
- ii) Compreendendo a Física (Gaspar, 2010).

b) Tema 2: Origens da Relatividade

- i) Física em contexto (Oliveira et al., 2011);
- ii) Física: História & Cotidiano (Bonjorno et al., 2003).

c) Tema 3: A Teoria do Éter

- i) Física em contexto (Oliveira et al., 2011);
- ii) Compreendendo a Física (Gaspar, 2010).

d) Tema 4: O Eclipse de Sobral

- i) Física, Ciência e Tecnologia (Torres et al., 2016);
- ii) Ser Protagonista (Stefanovits et al., 2013).

- 3) (40 min., com 10 min./grupo) Após certo tempo, a discussão é aberta para que os grupos compartilhem uns com os outros os seus achados, podendo discutir sobre o que mais chamou atenção para eles em cada livro.
- 4) (15 min.) Ao fim dessa atividade, o formador orienta a produção de uma síntese com os licenciandos, a partir da investigação, sobre como é utilizada a História da Ciência nos livros didáticos disponibilizados, e qual a imagem que essa história passa para a Ciência. Essa síntese pode ser feita pelo formador, de forma escrita, no quadro. Os elementos trazidos que caracterizam (ou tentam caracterizar) a Ciência são destacados, para que se pergunte o que esses elementos têm em comum e seja introduzido aos estudantes o conceito de NdC, com base na síntese produzida a partir da atividade investigativa.

Os temas investigados nos livros didáticos devem servir de base para o desenvolvimento das atividades seguintes nesta sequência: a segunda atividade parte da discussão do tema 1 (Os cientistas da Relatividade); a terceira atividade parte dos temas 2 e 3 (Origens da Relatividade e A Teoria do Éter); e a quarta atividade parte do tema 4 (O Eclipse de Sobral).

2- Einstein e a criação de grandes gênios da ciência

O objetivo da atividade é fazer o grupo refletir sobre o papel do cientista na produção de conhecimento e como ele é visto e retratado pelos historiadores, pela população e pelos meios de comunicação.

- 1) (10 min.) A atividade se inicia retomando a atividade anterior, de análise dos usos da História da Ciência nos livros didáticos de Física, durante a qual um dos grupos investigou como os livros didáticos representam os cientistas da Teoria da Relatividade.
- 2) (10 min.) A partir da importância dos aspectos históricos na constituição da Física, propõem-se a seguinte pergunta para que os licenciandos reflitam e levantem hipóteses: *Qual o papel de Einstein no desenvolvimento da Relatividade? Como ele é representado em artigos, na mídia e na internet de modo geral?*
- 3) (15 min.) É pedido que eles pesquisem a partir de seus dispositivos pessoais por publicações que falem sobre “E se o Einstein nunca tivesse nascido?”. Cada um deve escolher um buscador para a investigação e compartilhar resultados que achem interessante. É pedido que eles digam qual o buscador utilizado, a resposta que receberam e se esta resposta vem de uma fonte confiável.
- 4) (40 min. ou 10 min./grupo) Os trios então devem socializar com todos as suas impressões dos resultados gerais de suas buscas e apresentar em mais detalhes a(s) publicação(ões) a que deram destaque. É questionado aos licenciandos se eles concordam ou não com as afirmações encontradas. Eles são instigados a explicar as suas posições e entendimentos, com base na investigação feita, sobre o papel de Einstein para a Teoria da Relatividade e sua representação em diferentes veículos de comunicação, conforme as perguntas inicialmente propostas. Também é questionado se eles acham que

essas publicações consultadas chegariam aos seus alunos e à população em geral e se isso impacta como esses sujeitos vêem e interpretam a Ciência.

- a) Caso os resultados das buscas sobre o papel de Einstein para a Relatividade sejam muito polarizados para uma visão simplista dessa parte da Física, como sendo toda desenvolvida por ele, o formador pode criar um contraponto a partir do artigo de Martins (2005), intitulado *A dinâmica relativística antes de Einstein*. Nele é contextualizado o desenvolvimento de conceitos da Relatividade que precedem aos trabalhos do Einstein, argumentando como o processo científico não se limita aos trabalhos de um único grande cientista. As duas primeiras seções do artigo e as duas últimas são bons destaques para a discussão e não exigem uma carga teórica de conhecimento sobre Relatividade muito elevada.

5) (15 min.) Por último, são reunidos pelos licenciandos e pelo formador os destaques de cada busca, a partir da pergunta norteadora, para possibilitar mais bem entender como diferentes fontes e meios de comunicação afetam a visão sobre a Ciência, indagando de forma complementar às conclusões: *Como a comunicação dos resultados influencia o desenvolvimento científico e a visão das pessoas sobre Ciência?*

- a) Alguns pontos importantes para se buscar nesses destaques são (i) se são citadas teorias que precedem o Einstein, por exemplo, a Teoria do Éter, (ii) se e como é citado o papel da experimentação e observação, como o eclipse de Sobral, (iii) influências do contexto histórico e social nas ideias de Einstein e (iv) o que dessas representações é próprio do meio de comunicação utilizado.

3 - A Teoria do Éter, a Relatividade e as revoluções científicas

A atividade se inicia retomando as atividades anteriores, sobre o papel de Einstein no desenvolvimento da Relatividade e destacando as teorias que o precederam. Essa atividade busca discorrer sobre o contexto histórico e científico que levou à formação e o abandono da teoria do éter e como essa trajetória está relacionada à formação da teoria da relatividade.

Entre as atividades 2 e 3 foi passada a leitura da introdução (Tópicos 1 e 2) e das conclusões (Tópicos 11 e 12) do artigo *A dinâmica relativística antes de*

Einstein (Martins, 2005) para que eles se familiarizem com o tema que será debatido.

- 1) (20 min.) É perguntado se os licenciandos leram o artigo de Martins (2005) que foi sugerido como atividade preparatória e quais são as impressões que eles tiveram do artigo. Após essa breve discussão é proposta a seguinte pergunta de investigação: *Como a teoria do éter influenciou o desenvolvimento da teoria da relatividade?*
 - a) A discussão sobre o artigo pode ser guiada fazendo uma retrospectiva da atividade 2, questionando se eles mudaram de posicionamento após a leitura: Qual foi a contribuição do Einstein para a relatividade? E se ele não tivesse nascido?
- 2) (10 min.) Em seguida é apresentado um recorte do seguinte vídeo que fala sobre o histórico da Teoria do Éter: *How Luminiferous Aether Led to Relativity* (<https://www.youtube.com/watch?v=M3GQM7tuq2w&t=910s>).
 - a) O recorte é: 00:00 a 05:26.
- 3) (30 min.) A seguinte pergunta é feita após o vídeo: *Como ocorreu e quais as conclusões do experimento de Michelson-Morley?* Para auxiliar na discussão, são trazidos de volta os livros didáticos utilizados na atividade 1. Os livros servem de objeto de investigação para a discussão, pedindo para que primeiramente comentem o que dizem os livros e, em seguida, digam seus posicionamentos com relação ao que é afirmado nos livros didáticos.
 - a) Primeira pergunta: Um experimento pode provar uma teoria?
 - b) Segunda pergunta: Um único experimento pode derrubar uma teoria?
 - c) Terceira pergunta: Qual o papel do experimento de Michelson-Morley?
- 4) (15 min.) Para contribuir melhor com essa discussão é questionado *Como o Einstein e outros cientistas da época interpretaram o experimento de Michelson-Morley?* Para responder a essa pergunta, é feita uma leitura coletiva de um texto do blog Pergunte ao CREF, podendo também serem retomados os pontos trazidos no primeiro momento da atividade ao se discutir o artigo de Martins (2005).
 - a) *NÃO é verdade que os experimentos de Michelson-Morley derrubaram a “teoria do éter luminífero”!*, (<https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=nao-e-verdade-que-os-experimentos-de-michelson-morley-derrubaram-a-teoria-do-eter-luminifero>)

- 5) (15 min.) Para sintetizar a atividade, é pedido para destacarem qual a teoria por trás do experimento de Michelson-Morley, quais objetivos do experimento, quais foram suas conclusões e qual a sua relação com a Relatividade de Einstein.

4 - O empreendimento social para a observação do eclipse de Sobral

O objetivo da atividade é fazer o grupo refletir sobre o papel da observação e experimentação na construção do conhecimento científico e do papel da sociedade para a sua realização.

- 1) (10 min.) Ao iniciar a atividade, são lembradas as duas atividades anteriores, a atividade 2 que discute sobre o problema dos grandes gênios, representados sobre a figura do Einstein, e a atividade 3, que investigou o éter e o experimento de Michelson-Morley.
- 2) (15 min.) Diante dessa sequência, é proposta a pergunta norteadora: *Qual foi a importância da observação do eclipse de Sobral para a teoria da relatividade? E para Sobral e para a sociedade?* Em seguida, para trabalhar o problema é pedido que eles digam qual aspecto eles iriam enfatizar caso falassem desse eclipse em sala de aula.
 - a) O artigo *Brasileiros e brasileiras e o eclipse de Sobral de 1919: um olhar a partir da História Cultural da Ciência* de Abalada e Guerra (2020) serve de base para a solução ao problema proposto. Alguns trechos podem ser compartilhados com os licenciandos durante a atividade
 - b) Possíveis ênfases que os licenciandos poderiam dar seriam (1) ao fenômeno do eclipse, (2) ao contexto histórico do entre guerras, (3) à importância do Brasil e dos brasileiros ou (4) ao papel do experimento na validação da teoria científica. É esperado que eles possam trazer outros elementos, que não esses, que possam contribuir com a investigação.
- 3) (20 min.) Neste momento, é retomada a discussão do primeiro encontro em que foram investigados livros didáticos. É pedido que eles comentem o que eles lembram de como os livros falam sobre o eclipse de Sobral e perguntado: *Vocês concordam com a forma que o evento é retratado? O que mudariam? O que fariam se esse fosse o livro texto em sua sala de aula?*

- a) Novamente, o artigo de Abalada e Guerra abre algumas possibilidades para guiar a investigação e novos trechos serão compartilhados.
 - b) É pedido que eles elaborem, em linhas gerais, sobre esse possível trabalho em sala de aula.
- 4) (30 min.) É feito o compartilhamento do resultado entre os licenciandos. Podem ser comparadas as diferenças e similaridades entre os textos, questionando *Quais os objetivos pedagógicos de cada um? Como a ênfase em certos saberes em detrimento de outros afeta a sala de aula?*
- 5) (15 min.) Por fim, é feito o questionamento: *De quem é o conhecimento produzido no eclipse de Sobral?*

5 - Fechamento: Escrita de Plano de aula com casos autênticos de História da Ciência

O objetivo da atividade é fechar a formação auxiliando os licenciandos a refletir como eles podem utilizar casos da História da Ciência em sala de aula em um contexto investigativo.

- 1) (30 min.) É feita uma retomada daquilo que foi discutido nas últimas quatro atividades, pedindo para que os licenciandos indiquem o que eles teriam aprendido nessas investigações, tanto em entendimento de Ciência, quanto em possibilidades de se conduzir uma investigação.
 - a) O formador irá, ao longo da discussão, anotar os pontos trazidos pelos licenciandos no quadro.
- 2) (15 min.) É, em seguida, perguntado a eles *Qual pergunta norteadora pode guiar uma atividade de EnCI que trabalhe História ou Natureza da Ciência?* Para isso eles devem refletir quais temas e conceitos eles vêem como possíveis e construtivos de se trabalhar em uma sala de aula do Ensino Básico. Também se pede que digam para qual ano didático da Educação Básica se levaria, além de outros detalhes do contexto escolar que eles achariam importante levantar para trabalhar a atividade.
- 3) (30 min.) Os licenciandos são divididos em duplas para que eles escolham um dos temas destacados e elaborem uma pergunta norteadora para uma investigação que tenha esse tema. Juntamente, é pedido que indiquem se levariam algum material específico para a investigação.

- 4) (15 min.) Ao fim é pedido que eles compartilhem entre si as perguntas norteadoras elaboradas pelas duplas.

4.3 CONSTRUÇÃO DOS DADOS

Para a realização da análise dessa pesquisa foi necessário considerar o contexto pedagógico em que ela se insere. Como um grupo de formação com ênfase no EnCI, não nos vimos limitados à necessidade de impor uma avaliação escrita aos licenciandos. Essa ausência se mostra importante pelo destaque dado por Allchin (2013) a esse tipo de avaliação em sua visão educacional, que centra a avaliação como um objetivo do ensino.

Para avaliar uma atividade investigativa, não basta realizar um exame que mensure a aprendizagem do conteúdo científico que foi trabalhado; é também necessário observar se o estudante desenvolveu a capacidade de reflexão sobre esse conteúdo e sua capacidade de articular e compartilhar (Carvalho, 2018).

Com a intenção de analisar atividades investigativas com o uso de textos históricos, Briccia e Carvalho (2011) observaram três elementos das atividades: (i) o texto histórico lido pelos estudantes, (ii) a discussão realizada a partir da leitura e (iii) as respostas dadas por escrito às questões problematizadoras que guiaram a atividade (Briccia; Carvalho, 2011). A partir destes três elementos buscou-se entender quais noções de NdC são mobilizadas ao longo de dada atividade investigativa com textos históricos.

Nesse sentido, a pesquisa atual é realizada a partir das discussões dos pibidianos, pesquisadores e professores que foram gravadas ao longo das cinco atividades que trabalhavam a NdC. O processo de transformação dessas gravações em dados se deu a partir da pré-análise de Bardin (2011), em que uma leitura flutuante foi realizada sobre as gravações simultaneamente à transcrição dos diálogos das mesmas. O trabalho de transcrição tem como uma de suas maiores dificuldades a representação da comunicação não verbal em uma discussão, bem como as diferentes entonações que podem afetar o significado de uma fala.

Para sinalizar os momentos em que o interlocutor dá uma entonação diferente em sua voz de modo a indicar que está fazendo uma leitura ou que a sua fala tem um teor irônico, nós colocamos o recorte da fala entre aspas. Pela baixa frequência

em que a linguagem não verbal se mostrou relevante para a compreensão da discussão foi decidido omitir esse elemento da maior parte dos episódios e, para os casos em que a transcrição da fala não contemplasse a mensagem não verbal, foi inserido o ato entre colchetes.

A leitura flutuante permitiu uma exploração sobre o material inicial que levou à identificação do tema geral dos Grandes Gênios da Ciência e direcionou a formulação e identificação das categorias de análise emergentes. A partir desse tema também foi possível delimitar os episódios a serem analisados e que serão tratados no capítulo seguinte a partir de duas temáticas subjacentes a esse tema geral.

4.4 ORGANIZAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DE CONTEÚDO

Como descrito anteriormente, a análise foi dividida em duas temáticas. A primeira, *História e Natureza da Ciência nos livros didáticos e seus efeitos no Ensino de Física*, se refere aos episódios em que os licenciandos discutiam sobre os elementos da História e Natureza da Ciência em textos dos livros didáticos da Educação Básica que se referiam à Teoria da Relatividade (Geral ou Restrita). O uso dos livros didáticos como material de investigação tem como propósito aproximar a discussão sobre a NdC com o ambiente educacional em que os licenciandos futuramente irão se inserir.

A segunda temática, *Representações da Ciência e dos cientistas e seus efeitos sobre o Ensino de Física*, trata sobre as dimensões de confiabilidade da NdC referentes às categorias epistêmicas Conceitual e Sociocultural (Quadro 1, p. 29), bem como as influências que essas dimensões têm sobre os licenciandos e o Ensino de Física de modo geral. Essas dimensões têm grande relevância para o tema geral de Grandes Gênios por tratarem diretamente sobre as influências que estereótipos e preconceitos têm sobre a Ciência. No Quadro 9, é apresentada a divisão entre as duas temáticas que guiaram a análise dos episódios. Tais episódios ocorreram ao longo da realização da formação descrita anteriormente (Quadro 8, p. 76).

Quadro 9: Episódios presentes nas temáticas da análise

	1ª atividade	2ª atividade	4ª atividade	5ª atividade
Temática 1: História e Natureza da Ciência nos livros didáticos e seus efeitos no Ensino de Física	Episódios 1 a 10		Episódios 11 e 12	
Temática 2: Representações da Ciência e dos cientistas e seus efeitos sobre o Ensino de Física	Episódio 13	Episódios 14 a 25	Episódios 26 a 33	Episódios 34 e 35

Fonte: Elaboração própria

As dimensões de confiabilidade da NdC da categoria epistêmica Observacional estavam relacionadas à terceira atividade da formação e, em menor medida, à quarta atividade. Os episódios referentes a essas dimensões não foram incluídos na análise por não se enquadrarem nas temáticas analisadas, nem no tema geral de Grandes Gênios da Ciência e podem ser trabalhados em estudos futuros.

5 A NATUREZA DA CIÊNCIA DENTRO DE UM GRUPO DE FORMAÇÃO DE ENCI

Os estudos de casos autênticos utilizados nas atividades investigativas presentes na formação analisada podem permitir que emergjam diversos elementos da NdC das discussões entre os licenciandos e deles com o formador. Assim, tais elementos aparecem entrelaçados e dispersos ao longo de vários encontros. Parte do trabalho da atual pesquisa é identificá-los de modo que possa ser realizada uma análise coerente da relação que os licenciandos estabelecem com tais elementos da NdC ao longo das atividades investigativas. Durante as estruturações e reestruturações da análise, percebeu-se a temática dos Grandes Gênios da Ciência como um elemento central que perpassou em vários momentos da sequência didática. Destacar a emergência dessa temática a partir da análise é condizente com a proposta de Allchin (2013), quando ele faz a proposição da condução de estudos de casos autênticos da História da Ciência nos ambientes educacionais, bem como também é condizente com o EnCI, em que a sequência didática adquire significados a partir da interação com os estudantes.

Além disso, a análise foi dividida em duas temáticas adjacentes ao tema dos Grandes Gênios da Ciência: (1) *História e Natureza da Ciência nos livros didáticos e seus efeitos no Ensino de Física*; e (2) *Representações da Ciência e dos cientistas e seus efeitos sobre o Ensino de Física*.

A forma que os cientistas são representados na mídia foi tema central do segundo encontro da investigação, bem como a representação dos cientistas nos livros didáticos foi ponto de destaque no primeiro encontro a partir da investigação de dois livros. Isso se deu pelo objetivo dos formadores em discutir os mitos e estereótipos sobre cientistas, pois, como afirma Allchin (2013), “um estudo sincero da Natureza da Ciência começa aqui, com imagens tão culturalmente disseminadas” (2013, p. 46).

Essa referência a Allchin trata sobre dois cientistas fictícios de um programa infantil muito popular nos Estados Unidos, que, para ele, representam diversas características que são associadas à Ciência e aos cientistas reais. A pesquisa atual, partindo desse mesmo pressuposto, de que a reflexão sobre quem são e como são os cientistas é importante, colocou esse tema em destaque no primeiro encontro da formação. Além disso, também foi planejado para a formação que o

segundo encontro seja inteiramente voltado para se aprofundar na reflexão da imagem dos cientistas. Esse mesmo tema voltou a emergir recorrentemente durante os outros encontros. Por tais motivos, “Grandes Gênios” foi um tema que desde o início se objetivava analisar dentro dessa pesquisa, permitindo que se entenda a relação dos licenciandos com figuras famosas da Ciência, em especial com aquelas com mais destaque na mídia e que tem envolvimento com a teoria da relatividade, como é o caso de Albert Einstein (1879 - 1955).

5.1 TEMÁTICA 1: HISTÓRIA E NATUREZA DA CIÊNCIA NOS LIVROS DIDÁTICOS E SEUS EFEITOS NO ENSINO DE FÍSICA

Durante o **primeiro encontro** com foco na História da Ciência, os pibidianos foram divididos em quatro grupos, cada qual responsável por focar em algum elemento específico de um par de livros didáticos: (i) os cientistas da Teoria da Relatividade; (ii) origens da Teoria da Relatividade; (iii) a Teoria do Éter; (iv) o Eclipse de Sobral.

O primeiro grupo se encarregou de ler o capítulo de Relatividade dos livros *Física, Ciência e Tecnologia* (2010) [Anexo A] e *Compreendendo a Física* (2016) [Anexo B] e observar de quais cientistas eles falavam e de que forma os livros falavam sobre eles. Apesar de tais cientistas serem retratados em diversas obras de arte e em diferentes veículos de informação, com os quais os licenciandos poderiam ter grande familiaridade, a escolha dos livros didáticos como material de investigação foi feita por permitir que eles refletissem criticamente sobre os materiais com os quais eles vão se defrontar em sala de aula e nos permitir analisar o movimento que tal reflexão gera sobre eles. De modo a corroborar com isso, os livros selecionados, *Física, Ciência e Tecnologia* (2010) e *Compreendendo a Física* (2016), foram assim feitos por retratarem cientistas de forma bem distintas entre si, contribuindo com uma discussão sobre como eles, enquanto licenciandos, poderiam incluir a discussão sobre a representação dos cientistas em sala de aula. O primeiro livro menciona os cientistas da Relatividade de forma mais dispersa, comentando um pouco sobre vários cientistas diferentes, enquanto o segundo se refere apenas às contribuições e à biografia de Albert Einstein.

De forma similar, outro grupo foi instruído a analisar os livros *Física, Ciência e Tecnologia* (2010) e *Ser Protagonista* (2013) [Anexo C] em busca de referências ao eclipse de Sobral e comparar como os dois representam o caso. Tal caso foi considerado relevante para a formação tanto por se tratar de uma observação relacionada, muitas vezes, como a “comprovação” da teoria da relatividade, como também é um caso relevante por ser uma observação de destaque na História da Ciência que ocorreu dentro do Brasil e demandou uma grande mobilização para o seu preparo.

Os estudantes Arthur e Gabriela formaram a dupla que recebeu os livros *Física, Ciência e Tecnologia* (2010) e *Compreendendo a Física* (2016) para a análise da representação dos cientistas e, após um momento de leitura e discussão no grupo focado na representação dos cientistas, comentam para o grande grupo:

Tempo	Interlocutor	Fala
1:04:28	Gabriela	Então, eu comecei vendo este livro aqui [<i>Física, Ciência e Tecnologia</i>], e o Arthur este aqui [<i>Compreendendo a Física</i>]. Eu achei, eu me surpreendi bastante com ele [<i>Física, Ciência e Tecnologia</i>], apesar de que, quando ele apresenta os cientistas era uma maneira mais como físico, matemático. É uma maneira bem mais crua. Bem uma página da wikipédia assim, sabe? Mas o corpo do texto eu gostei do jeito como eles foram desencadeando e contando as coisas, explicando o conteúdo. Eu achei que se saiu muito bem. Me surpreendeu. Recomendo.
1:05:07	Arthur	Sim, sim, sim. É, também tive essa impressão daquele livro. Ele dilui mais a história da ciência ao longo do conteúdo. Ele bota mais dentro do conteúdo mesmo, ele vai explicando, vai trazendo alguns fatores históricos, enquanto expõe o conteúdo. Diferente desse daqui [<i>Compreendendo a Física</i>] que geralmente bota a história ali, sei lá, tipo, esse conteúdo foi importante por causa de tal coisa, fala um pouco da história. E depois traz o conteúdo e depois fala de algum paradoxo, ou alguma discussão que teve, alguma coisa histórica assim, que alguém discordava, ou alguém concordava. Mas como eles falam a maior parte de cientista, esse livro aqui [<i>Compreendendo a Física</i>], ele basicamente vai falar de Einstein. Tem uma página inteira, mais um pouquinho assim. Que fala só da história do Einstein, que ele nasceu, ele cresceu, [...], não sei o que política. Fala um pouquinho também do Galileu, mas não fala tanto do Galileu. Fala mais da relação dele com movimentos relativísticos. E daí esse livro aqui [<i>Física, Ciência e Tecnologia</i>], no outro né,

		<p>esse aqui [<i>Compreendendo a Física</i>] fala bastante do Einstein, que é o do Alberto Gaspar, muito bom o livro. E esse outro aqui [<i>Física, Ciência e Tecnologia</i>] fala um pouquinho de Lorentz, um pouquinho de Einstein, fala um pouquinho mais de alguns outros personagens, nesse caso ao longo, né, do texto, mas é bem isso mesmo. “Olha, ele nasceu no ano tal, ele era isso, contribuiu com isso...”</p>
--	--	---

Episódio 1: Comentários iniciais de Gabriela e Arthur sobre a representação de cientistas nos livros na primeira atividade de História e Natureza da Ciência (01/09/2023)

Ambos os estudantes começam suas falas com tom positivo sobre os livros, embora com ressalvas. Gabriela (1:04:28) fala sobre a obra *Física, Ciência e Tecnologia*, destacando a forma como o texto do livro apresenta o conteúdo, embora, ao falar sobre os cientistas diretamente, trata o assunto de uma forma parecida com a *wikipedia*, muito resumida e impessoal.

Em seguida, Arthur (1:05:07) concorda com os comentários de Gabriela e reforça que o livro *Física, Ciência e Tecnologia* expõe mais fatos históricos inseridos no conteúdo da relatividade. Ao diferenciar os dois livros, ele afirma que o livro *Compreendendo a Física* faz uma separação entre história da ciência e conteúdo sobre relatividade. Além disso, ele afirma que o *Compreendendo a Física* centraliza as ideias da teoria da relatividade em Einstein, e que o *Física, Ciência e Tecnologia* destaca a atuação de múltiplos cientistas para se chegar à teoria hoje aceita. Eles ainda destacam uma diferença de profundidade entre os dois livros, em que o *Compreendendo a Física*, ao falar sobre a vida e as ideias de Albert Einstein, aborda mais detalhes, diferentemente do livro *Física, Ciência e Tecnologia*, que, segundo o licenciando, se detém em poucos detalhes biográficos de vários cientistas. É possível identificar, portanto, que há um **tensionamento entre profundidade e diversidade de cientistas nos livros didáticos** perceptível aos estudantes ao compararem os dois livros didáticos.

A discussão sobre a profundidade continua retomando um comentário que David fez no momento em que eles estavam divididos em pequenos grupos a partir de um questionamento do professor André que busca explorar este tensionamento:

Tempo	Interlocutor	Fala
1:06:46	Profº André	E dá uma impressão diferente assim, essas duas formas de tratar os participantes cientistas? Parece que são

		características diferentes? A gente chegou a comentar isso.
1:07:07	Arthur	Sim. Acho que o David já falou no comentário dele.
1:07:11	David	Qual deles?
1:07:12	Arthur	O do quanto de história sê acha que a gente coloca dentro do livro.
1:07:15	David	Acho que cada livro tem uma abordagem. Esse aqui [Física, Ciência e Tecnologia] que é o da moderna, a gente tava percebendo que é muito linear. Ele traz a história muito linear, sabe? Teve transformações de Galileu, a relatividade de Newton, a relatividade de Einstein... Como se fosse bem encaixinho, umas coisas bem lógicas. E a gente sabe que entre um e outro tem vários anos, alguns séculos, e as motivações. E é isso que a gente já tinha dito. Cada uma delas tem uma abordagem diferente, sabe? Tipo, enquanto um, essa aqui [Compreendendo a Física], enquanto o Gaspar, resume a relatividade é basicamente, a relatividade é Einstein e outras pessoas, esse aqui [Física, Ciência e Tecnologia] vai trazendo outras personagens que tavam envolvidos com na relatividade: Galileu, Michelson e Morley, Lorentz, embora ele traga bem resumidamente. Lorentz, matemático, fez isso, isso e isso. Sabe? Tá, okay, mas o que que eu posso ir um pouquinho além, tipo, de história, que que eu posso saber de história além de que ele foi um matemático [...] Enfim, ele acaba tendo se resumindo demais, sabe? E aí fica nessa, enquanto um fala muito sobre Einstein, mas foca só em Einstein, o outro fala um pouco sobre mais gente, mas ainda assim é pouquíssimo, sabe? [...]
1:08:56	Profª Kelly	Mas o que que você acha do ponto de vista do aluno? Você se fosse aluno, ou como professor, se o aluno tivesse contato com essas duas formas de abordagem, uma em que você tem uma dedicação pro Einstein ali de uma página inteira, falando da vida dele, voltando, tarara tarara... Mas um pouco dando uma luz, dando um holofote para ele grande. E uma outra em que você não detalha tanto a vida desses outros personagens, mas você cita esses outros personagens que fizeram parte daquela composição ali. O que você acha que seria mais interessante assim de passar uma visão para os estudantes que estão vendo?
1:09:29	David	Então, tem isso aqui que a gente conversou, foi principalmente, eu acho que foi a Gabriela que comentou, primeiro de que um livro ele parece que um aluno de ensino médio poderia pegar esse livro e ler, tipo, estudar por conta e ia ser completamente razoável, ele ia saber, ele ia conseguir estudar por parte desse livro, sabe? Pequenas partes, ai que que eu penso, nesse momento o professor poderia complementar, sabe? tipo, “ah, gente, [...] de Einstein nisso aqui mas também tinha isso, isso e isso... Ah, Michelson e Morley...” . O professor podia usar esse livro

		de base, mas meio que incrementar em cima dele, sabe?
--	--	--

Episódio 2: David e Kelly discutem diferentes abordagens sobre cientistas em sala de aula na primeira atividade de História e Natureza da Ciência (01/09/2023)

A partir do diálogo anterior, retomado pelo professor André (1:06:46), a discussão começa a se aprofundar mais em como a forma que os cientistas são representados reflete nos alunos da Educação Básica, o engajamento deles com a Ciência e como eles vêem a Ciência em si. O professor promove essa mobilização ao fazer eles se questionarem sobre o que distingue as formas de representação de cientistas presentes nesses livros. A fala de David (1:07:15) é mais crítica aos dois livros, mas reforça os pontos de Arthur (1:05:07) de que o *Compreendendo a Física* passa a ideia de que “a relatividade é Einstein e (poucas) outras pessoas”, enquanto o *Física, Ciência e Tecnologia* expõe o papel de mais cientistas, porém com pouca profundidade sobre a atuação de cada um deles, como já havia sido comentado por Gabriela (1:04:28). David (1:07:15) critica ainda o desenvolvimento da ciência “bem encaixadinho” e a apresentação da história da ciência de forma muito linear que aparecem no livro *Física, Ciência e Tecnologia*, apontando para a simplificação dessas visões no entendimento de como a ciência é construída. A contribuição de David denota que o referido tensionamento entre a profundidade e a diversidade de cientistas nos livros didáticos não possui necessariamente uma solução ideal.

A professora Kelly (1:08:56) explora o tensionamento ao realizar um questionamento redirecionando o foco da avaliação do conteúdo histórico do livro didático não somente para o que está presente nele, mas no uso que um professor pode realizar deste conteúdo. Sobre este questionamento, David (1:09:29) responde que o livro que faz referência a mais cientistas, o *Física, Ciência e Tecnologia*, seria melhor para o aluno de Ensino Básico ler por conta própria, com possíveis complementações do professor. Dessa forma, este episódio traz um elemento que contribui para a compreensão do **papel do professor no uso do livro didático, aprofundando discussões e trazendo mais atores da ciência.**

A partir desse momento os pibidianos também começam a discutir mais sobre o estereótipo de cientistas como gênios e como a forma com que os livros didáticos abordam a História e a Natureza da Ciência pode afetar os alunos do Ensino Básico:

Tempo	Interlocutor	Fala
-------	--------------	------

1:12:15	Ligia	Eu não sei como foi pra vocês, mas a questão da gente associar a relatividade a Einstein automaticamente, eu não tinha isso, antes de ver no Ensino Médio, eu não associava a ninguém. Porque eu não sabia. Meu contato foi pelo livro didático, que só falava de Einstein. Então o quanto eu associo só a Einstein, que foi meu único contato, sabe?
1:12:45	Ligia	Tipo, é isso, eu não sabia. Não associava a ninguém. “Tá, legal, da física” era a única coisa que eu tinha no meu imaginário. E aí no Ensino Médio que eu começo a ver isso. Mesmo antes de ver aula. Daí sim, aí folhear o livro didático pra achar a página de exercícios e abre a página errada, tá ali “Relatividade de Einstein”. Vai criando um imaginário.
1:13:13	Arthur	Sim. Eu acho que é importante trazer, claro eu acho que o ideal seria juntar um pouquinho dos dois livros, assim. Porque eu acho que esse daqui expõe melhor o conteúdo, eu gostei mais desse conteúdo do que o conteúdo desse. E eu gostei da forma que esse vai trazendo a história no meio do conteúdo. Mas esse daqui traz uma coisa que esse daqui não traz, que são discussões de época que foram importantes e que trouxeram avanços que tem. [...]

Episódio 3: Ligia compartilha o papel de seus livros didáticos durante o Ensino Médio na primeira atividade de História e Natureza da Ciência (01/09/2023)

Ligia (1:12:15) comenta sobre a influência do livro didático do Ensino Médio na sua educação, tendo sido o primeiro momento em que ela teve contato com a teoria da relatividade, o qual foi fortemente marcado por uma abordagem muito centralizada na figura do Einstein. Ligia (1:12:45) prossegue ao comentar que a teoria da relatividade tinha uma forma vaga para ela antes do Ensino Médio, e que esse imaginário foi ocupado pela forma com que o livro apresentava a teoria da relatividade, como “a relatividade de Einstein”. Assim, a fala de Ligia permite destacar o **livro didático formando o estereótipo de Grande Gênio nos estudantes.**

No mesmo turno de fechamento do episódio anterior, Arthur ainda adiciona em sua fala uma representação da mulher no livro didático que será redirecionada para discussão de gênero na ciência pelo professor André:

Tempo	Interlocutor	Fala
1:13:13	Arthur	Sim. Eu acho que é importante trazer, claro eu acho que o ideal seria juntar um pouquinho dos dois livros, assim. Porque eu acho que esse daqui expõe melhor o conteúdo, eu gostei

		mais desse conteúdo do que o conteúdo desse. E eu gostei da forma que esse vai trazendo a história no meio do conteúdo. Mas esse daqui trás uma coisa que esse daqui não trás, que são discussões de época que foram importantes e que trouxeram avanços que tem. Tem o da mulher ali que tentava voar na velocidade da luz com o espelho e a pergunta é se ela consegue retocar a maquiagem dela, que ela ta andando na velocidade da luz, ela ta com o espelho na mão, então ela consegue se enxergar ou não e tinha o pessoal que falava que não conseguia.
1:13:59	Profº André	Por que não colocaram o homem fazendo a barba?
1:14:01	Gabriela	Pois é, boa pergunta
1:14:03	Arthur	Não sei, mas tu consegue fazer a barba correndo, fessor?
1:14:07	Ligia	Mas tu consegue fazer um delineado correndo?
1:14:10	Arthur	Tem gente que consegue fazer no carro, por exemplo. Eu não consigo fazer o bigode no carro.

Episódio 4: André traz uma problematização em cima do trecho do livro comentado por Arthur na primeira atividade de História e Natureza da Ciência (01/09/2023)

A discussão parte da fala de Arthur (1:13:13), que ao defender o proveito de algumas partes do livro *Compreendendo a Física*, se refere a uma passagem em que o livro propõe um experimento mental em que uma “super heroína” voa à velocidade da luz com um espelho na mão e tenta retocar a própria maquiagem, ou seja, se ela consegue ver o próprio reflexo mesmo estando à velocidade da luz.

A fala do Arthur sobre a referida imagem está focada no conteúdo envolvido, porém, a partir desta fala, o professor André (1:13:59) redireciona as discussões para as questões de gênero que não estavam inicialmente previstas no planejamento da atividade formativa (tópico 3.2) ao questionar o porquê de ao montar o experimento mental com um espelho, se referir a uma mulher se maquiando e não um homem fazendo a barba. As estudantes Gabriela (1:14:01) e Ligia (1:14:07) concordam com o questionamento do professor, embora Arthur (1:14:10) pareça não convencido, afirmando ser mais viável representar alguém se maquiando em movimento do que se barbeando em movimento.

O trecho referido por Arthur [*O espelho de Einstein*, Anexo B] foi percebido na seleção dos livros didáticos para a formação como um potencial oportunidade para problematização sobre estereótipos de gênero dentro da Ciência, mas proporcionou uma reflexão ainda mais profunda do que inicialmente esperada. Esse episódio foi

catalisador dentro da formação para a discussão de como diferentes estereótipos de gênero, classe e raça são projetados sobre os cientistas e como eles afetam professores e alunos das ciências. Tais questões são de grande relevância ao se desenvolver uma discussão sobre NdC, pois elas são intimamente ligadas a certos aspectos da sociologia da ciência, em especial, os estudos culturais que buscam traçar as relações que ideologias sociais formam tanto com teorias quanto com metodologias científicas (Allchin, 2013).

Essa discussão se insere no tema principal Grandes Gênios da Ciência ao discutir que tipo de pessoa é representada como um grande gênio nos livros didáticos, bem como de que forma as pessoas que não se encaixam dentro desse padrão são tipicamente representadas na História da Ciência e nesses mesmos livros didáticos. A discussão segue com o professor André reformulando o seu questionamento:

Tempo	Interlocutor	Fala
1:14:16	Profº André	Pessoal, o que que é isso? Isso causa incômodo? Por que colocaram a mulher se maquiando e não o homem se barbeando? Causa algum incômodo?
1:14:25	Arthur	Pra mim não.
1:14:27	Profº André	Você é homem.
1:14:32	Ligia	Vou dizer que pra mim...
1:14:33	Profº André	A Gabriela perguntou, a Gabriela percebeu isso.
1:14:37	Ligia	Pra mim o incômodo não vem de ser uma mulher, vem da maquiagem. É a associação.
1:14:43	Gabriela	Exatamente
1:14:45	Ligia	“Uma mulher na frente do espelho só pode estar retocando a maquiagem”
1:14:48	Arthur	Apareceu a mulher-maravilha aqui
1:14:50	Profº André	Algo como fútil, né? Não, desculpe, continua
1:14:55	Ligia	Sim, ela traz uma futilidade que também a gente associa.

Episódio 5: Ligia e Gabriela demonstram descontentamento com a representação feminina no livro na primeira atividade de História e Natureza da Ciência (01/09/2023)

O professor André (1:14:16) questiona se a forma que esse problema é apresentado causa algum incômodo aos estudantes, ao que Arthur (1:14:25) logo em seguida responde que não, o que entra em contraposição com Ligia (1:14:37) e Gabriela (1:14:43) que demonstram incômodo da associação de mulheres com maquiagem. Essa associação carrega uma conotação negativa que, nas palavras de Ligia (1:14:45), impõe que “Uma mulher na frente do espelho só pode estar retocando a maquiagem”. A fala com tom irônico indica uma preocupação com **Estereótipos de gênero sendo propagados no ambiente educacional por meio de livros didáticos.**

O professor André (1:14:50) e Ligia (1:14:55) apontam como esse tipo de representação leva à associação de mulheres com futilidade. Mais à frente, Ligia continua com um questionamento sobre a formulação desse experimento mental dentro do livro didático:

Tempo	Interlocutor	Fala
1:15:58	Ligia	Aí eu pergunto muito nessa mente, pro experimento é muito importante que ela esteja retocando a maquiagem? [...] Uma pessoa tentando se ver no espelho, ela se enxerga ou não?
1:16:14	David	Eu achei exatamente isso, sabe? Acho que provavelmente foi criado assim “uma pessoa se vê no espelho” tipo [...] por que que o livro didático...
1:16:28	Ligia	Sim, até porque a gente transforma pessoas em esferas, né?
1:16:31	David	Exatamente
1:16:33	Ligia	Então não é como se a gente tivesse pensando realmente em uma pessoa na velocidade da luz.
1:16:39	Prof ^a Kelly	É aquela tentativa também de se aproximar do contexto, do cotidiano, né? As vezes acho que as pessoas são levadas a uma necessidade de sempre tá na contextualização, e uma contextualização que é cheia de vieses, né? E é cheia de ideias do imaginário de quem contextualiza.

Episódio 6: David e Ligia apontam como o trecho carrega os vieses de quem redigiu o experimento mental na primeira atividade de História e Natureza da Ciência (01/09/2023)

Problematizando o experimento montado pelo livro, Ligia (1:15:58) destaca que o ponto central desse experimento mental é se perguntar se alguém viajando à velocidade da luz enquanto carrega um espelho a sua frente consegue ver seu

reflexo ou não. Ligia (1:16:33) destaca que a proposição do experimento mental não precisa se ancorar no dia-a-dia ou na praticabilidade do experimento, como Arthur (1:14:03) propôs no início da discussão, pois a proposição de uma pessoa viajando a velocidade da luz já excede qualquer limite prático.

A professora Kelly (1:16:39) destaca como educadores precisam constantemente contextualizar as ideias e teorias a que se referem, e como essa contextualização sempre vai estar carregada com os vieses do imaginário subjetivo dos autores.

A discussão se desenvolve em uma nova camada quando o estudante Caio faz outra observação sobre o livro *Compreendendo a Física*:

Tempo	Interlocutor	Fala
1:17:49	Caio	Aqui, nessa parte histórica, como é o mesmo livro, só edições diferentes, não há nenhuma citação a Mileva. Pelo que eu tava lendo ali, nem se referencia o básico dela. No período ali...
1:18:02	Arthur	Não, não. Não falou nada.
1:18:05	Caio	O que significa isso?
1:18:05	David	Mas, desculpa, a Mileva foi simplesmente apagada da vida do Einstein. Tipo assim, tanto que algumas vezes você fala isso pras pessoas e as pessoas ficam tipo “Mas o Einstein é o Einstein”.
1:18:16	Profº André	“O Einstein é o Einstein, um grande gênio”
1:18:17	David	Exatamente, sabe? Tipo [...] “Não era a mulher, a primeira esposa dele que precisava fazer as contas dele”. Só apaga geral, sabe? E os livros didáticos parece que tem esse esforço em manter essa ideia

Episódio 7: Caio comenta sobre a ausência de Mileva Maric no livro na primeira atividade de História e Natureza da Ciência (01/09/2023)

Caio (1:17:49) comenta que no livro didático não há nenhuma menção a Mileva Maric (1875 - 1948), uma física e matemática que foi casada com Albert Einstein. David (1:18:05) complementa o comentário de Caio afirmando que a história de Mileva é apagada sempre que se fala sobre o Einstein, porque ele por si só já seria genial. Ambas as falas anteriores permitem destacar o **apagamento das mulheres que contribuíram para o processo de construção do conhecimento científico**. David (1:18:17) prossegue mencionando sobre a controvérsia de que

possivelmente parte dos cálculos das publicações de Einstein teriam sido feitos por Mileva, e que David afirma ser uma discussão apagada dos livros didáticos.

Em suma, tal discussão no primeiro encontro foi possível pela problematização que o professor André (1:13:59) faz do trecho do livro *Compreendendo a Física*, apresentado por Arthur no episódio 4. A problematização foi seguida pela manifestação de Ligia e Gabriela no episódio 5, que ajudou a evidenciar como um mesmo trecho pode ser percebido de formas diferentes por pessoas que são mais ou menos afetadas pelos vieses que o trecho carrega. No episódio 6 a professora Kelly destaca como esses vieses vêm do imaginário dos educadores que escreveram o livro, o que é um apontamento para a necessidade de se trabalhar questões de gênero e outros aspectos sociais da Ciência com educadores. Por fim, os pesquisadores Caio e David destacam o apagamento da física Mileva Maric da história da relatividade. Após esse momento, o professor André direciona a discussão para outras temáticas, mas destaca no quadro os estereótipos de gênero presentes no livro e a invisibilização de mulheres cientistas, como é o caso de Mileva Maric.

O professor André traz à tona a leitura que Ligia e Renan realizaram em um pequeno grupo no seguinte episódio, para que eles possam compartilhar os seus achados para o grande grupo:

Tempo	Interlocutor	Fala
1:25:04	Prof ^o André	Mas vamo lá, chegamo a citar Sobral, vamo lá pra Sobral. Vamo pro Brasil.
1:25:10	Ligia	Acho que pra começar, nos dois livros é uma página. E são textos que não foram escritos pelos autores do livro, são textos retirados de outros lugares, e não é citado em nenhum outro lugar. Pra ser justa, é citado muito brevemente em uma tabela nesse livro aqui, nesse não tem nada [...] Na tabelinha diz ali “episódio de Sobral” cabou. E o texto é isso, é aquele texto, esse aqui [<i>Física, Ciência e Tecnologia</i>] ainda diz “O que diz a mídia”, são aqueles textos bonitinhos de final de capítulo que ninguém lê.
1:25:53	Renan	O meu [<i>Ser Protagonista</i>] é “Física tem História”
1:25:55	Ligia	Vem depois dos exercícios.
1:25:58	Prof ^a Kelly	Quem foi que escreveu? De onde eles tiraram esses textos?
1:26:02	Ligia	Esse aqui é do Estado de São Paulo

1:26:04	Profª Kelly	Que é um jornal
1:26:07	Ligia	E é claramente midiático.
1:26:09	Renan	E da Revista Pesquisa FAPESP [...] Dá para ver pela diferença de linguagem.
1:26:18	David	[...] Acho muito perigoso isso quando botam em livros didáticos textos de jornal
1:26:22	Renan	Esse aqui [<i>Física, Ciência e Tecnologia</i>] é absurdo. Esse aqui é completamente absurdo.
1:26:25	David	Não, porque eu lembro uma vez que eu tava no Ensino Médio, de novo né, e aí tinha um texto do terceiro ano que era um texto do livro que falava que o big bang era o que dava início ao universo. [...] E com essas palavras. Aí eu lembro que eu falei no dia que não, que tava errado. E aí era eu e meu colega brigando com a turma inteira. E o argumento que a gente perdeu a discussão foi que “É, mas ta escrito aqui no livro”. E aí eu fico pensando [...]
1:26:55	Ligia	Aham. Não, isso aqui [<i>Física, Ciência e Tecnologia</i>] é nojento, pelo amor de Deus.

Episódio 8: Ligia e Renan falam sobre o uso de textos jornalísticos na primeira atividade de História e Natureza da Ciência (01/09/2023)

Antes de comentar sobre o conteúdo dos textos, Ligia (1:25:10) descreve onde eles se encontram dentro do livro, como algo a parte do conteúdo principal e critica o texto, intitulado “O que diz a mídia”, no livro *Física, Ciência e Tecnologia*. A crítica de Ligia possibilita identificar o **livro didático reproduzindo a representação de Ciência da mídia**. Além disso, ela conta que esse conteúdo se restringe ao fechamento de um capítulo, ficando após os exercícios, o que indica uma **marginalização da História da Ciência no livro didático**. Renan (1:25:53) complementa que o tópico no outro livro, *Ser Protagonista*, é chamado de “Física tem História”.

Além disso, Ligia comenta que os textos não são escritos pelos autores dos livros, levando Kelly (1:25:58) a questionar de onde foram retirados os textos. Ligia (1:26:02) aponta que o texto “O que diz a mídia” vem do jornal Estado de São Paulo e Renan (1:26:09) aponta que a referência do “Física tem História” é a Revista FAPESP. Em relação ao primeiro, Ligia critica o texto chamando-o midiático, o que leva a David (1:26:18) a criticar o uso de trechos de jornais dentro de livros didáticos. David (1:26:25) complementa seu comentário contando um caso quando estava no Ensino Médio em que ele discordava de seus colegas sobre determinado assunto

em que ele “perde” a discussão porque seus colegas tinham o argumento de que estava escrito no livro o que eles afirmavam. O caso de David destaca o **livro didático como argumento de autoridade no âmbito do conhecimento científico escolar**.

Em acordo com as preocupações que David expressou, Renan (1:26:22) e Ligia (1:26:55) fazem comentários severos sobre o texto “O que diz a mídia”, chamando-o de “nojento” e “absurdo”. Em seguida, Ligia começa a ler um trecho do “O que diz a mídia” do *Física, Ciência e Tecnologia*:

Tempo	Interlocutor	Fala
1:27:59	Ligia	O primeiro parágrafo desse texto é “Um dos maiores orgulhos do morador de Sobral é saber que Albert Einstein tomou conhecimento da existência do município.” Não é que ele foi, é que ele tomou conhecimento [...] “Foi com informações coletadas lá e na África” Na África! [Faz gestos amplos com as mãos] “que a relatividade, até então uma teoria, [fala o entre vírgulas com bastante destaque] ficou comprovada no eclipse total do sol de 1919.”
1:29:43	Caio	Não, olha, a comparação chega a ser absurda. Comparar uma cidade a um continente. [...]
1:29:51	Ligia	Vou ser justa, aqui [Ser Protagonista] diz “Na Ilha de Príncipe, no golfo da Guiné”, não fala nem África. Mas aqui [Física, Ciência e Tecnologia] fala [...] “foi com informações coletadas lá, e na África”. [gestos com as mãos de não se importar]
1:30:09	Renan	Além desses problemas claros de falta de cuidado na terminologia, a gente tem dois focos bem separados. Dá para ver no título dessas seções dos capítulos. Um é “O que diz a mídia” e o outro é “A física tem história”. Esse em “o que diz a mídia” é bem aquela visão sensacionalista em torno do evento , não que não exista aqui no meu, no livro da SM, esse aqui é da moderna, esse aqui é da SM. Mas nenhum dos dois tem foco no episódio, todos os dois, quer dizer, esse aqui [Física, Ciência e Tecnologia] ainda tem mais foco no episódio, mas é um foco na visão das pessoas no episódio. E esse aqui [Ser Protagonista] é uma visão do que o Einstein achou do Brasil. [...] É isso, porque que tem isso em um livro de Física, eu não sei exatamente , mas ele tem algumas frases muito boas como “uma das primeiras anotações de quando ele chega ao Rio, antes de ir [...] é: o jardim botânico, bem como a flora de modo geral supera o sonho das mil e uma noites. Tudo vive e cresce a olhos vistos por assim dizer. Deliciosa mistura étnica nas ruas, portugues, indio, negro, com todos os

		cruzamentos, espontâneos como plantas, subjulgados pelo calor. Experiência fantástica, indescritível abundância de impressões em poucas horas”.
1:31:29	Julio	“Castro Alves”.

Episódio 9: Ligia e Renan criticam o livro didático na primeira atividade de História e Natureza da Ciência (01/09/2023)

Ao ler o primeiro parágrafo do texto, Ligia (1:27:59) expressa grande frustração, enfatizando primeiramente uma possível condescendência com a população de Sobral quando o texto afirma que “Um dos maiores orgulhos do morador de Sobral é saber que Albert Einstein tomou conhecimento da existência do município”. Em seguida, ela ressalta a discrepância entre a descrição dos locais de observação, um deles especificando a cidade de Sobral e o outro apenas indicando que foi realizada no continente africano. Por último, ela dá bastante destaque a grave erro conceitual sobre a Ciência que o texto comete ao se referir a uma teoria como uma ideia incerta que precisa ser comprovada.

Caio (1:29:43) concorda com o absurdo de se comparar uma cidade a um continente, o que leva Ligia (1:29:51) a destacar que esse equívoco está presente apenas no livro *Física, Ciência e Tecnologia*, sendo especificado no livro *Ser Protagonista* que a outra observação ocorreu na Ilha de Príncipe, no golfo da Guiné. As críticas direcionadas ao livro *Física, Ciência e Tecnologia* apontam para a problemática do **livro didático generalizando a atuação do continente africano na produção de conhecimento científico.**

Para complementar Renan (1:30:09) destaca as diferenças entre os textos dos dois livros, sendo o texto do *Física, Ciência e Tecnologia* sensacionalista e focado no que seria a visão das pessoas que estavam presentes no episódio, enquanto o texto do *Ser Protagonista* é focado na visão do Einstein. A fala de Renan reforça a questão do **livro didático reproduzindo a representação de Ciência da mídia.**

Para ilustrar o caso do livro *Ser Protagonista* ele lê um trecho do texto que foi retirado das anotações do Einstein que descreve a cidade do Rio de Janeiro como uma cidade tropical e exótica, ao que Julio (1:31:29) complementa ironicamente como se o trecho fosse um conto do escritor Castro Alves (1847 - 1871).

Continuando a discussão, Ligia lê outro trecho do *Física, Ciência e Tecnologia* para melhor ilustrar o tom que é dado para o evento de 1919:

Tempo	Interlocutor	Fala
1:31:35	Ligia	Enquanto isso, aqui é quase uma historinha. É quase um livro de literatura realmente. Porque tem um parágrafo que é “a escuridão foi o suficiente para ajudar a comprovar a teoria da relatividade e assustar os moradores. Maria, que cresceu ouvindo histórias do eclipse, conta que muita gente ficou em casa rezando na certeza que o fim do mundo chegara. Outros refugiaram-se nas igrejas, as galinhas voltaram para os poleiros, as crianças choravam, o alvoroço tomou conta da cidade”. Okay.
1:32:09	David	Parece que Sobral eram pessoas que não viviam em sociedade...

Episódio 10: Ligia e David questionam como o livro retrata a população de Sobral na primeira atividade de História e Natureza da Ciência (01/09/2023)

O texto do livro é descrito por Ligia (1:31:35) como uma “historinha” de literatura. Ela dá destaque a um parágrafo que descreve a cidade de Sobral como um lugar assombrado no dia do eclipse em que “muita gente ficou em casa rezando na certeza que o fim do mundo chegara”. Outros refugiaram-se nas igrejas, as galinhas voltaram para os poleiros, as crianças choravam, o alvoroço tomou conta da cidade”. Sobre o texto, David (1:32:09) comenta que pela forma que Sobral é retratada a população é retratada como ignorante e afastada da civilização, o que indica um problema com o **livro didático reforçando estereótipos raciais e de classe do Nordeste.**

Durante o primeiro encontro foram observados dois principais problemas ao se trabalhar com livros didáticos e a forma que eles abordam o episódio histórico do Eclipse de Sobral. O primeiro problema, destacado no episódio 8, é a marginalização desse episódio histórico, isolado em textos complementares ao final do livro que muitas vezes são ignorados no uso do material. O segundo problema, comentado em dos três episódios do encontro, é a utilização de textos midiáticos no livro didático, não só representando uma pseudohistória da Ciência, como também criando uma imagem pejorativa e preconceituosa da população de Sobral.

Mais à frente, o encontro é direcionado para outras temáticas, encerrando a questão com Ligia e Renan não vendo proveito nos textos de nenhum dos dois livros e apontando tanto erros conceituais sobre a Ciência, como um preconceito presente na descrição da população de Sobral.

A investigação com os livros didáticos no primeiro encontro permitiu a discussão com os licenciandos de alguns pontos centrais da NdC e como ela se manifesta no Ensino de Física.

O caso histórico de Sobral volta a ser o destaque no **quarto encontro**, utilizando fontes historiográficas como material de investigação. Dentro desse contexto a discussão sobre os livros didáticos é retomada de modo a comparar as diferenças entre esses dois materiais.

Usando tal discussão, o professor André retoma aquilo que foi discutido no primeiro encontro sobre como os livros didáticos falavam sobre a observação do eclipse na cidade de Sobral.

Tempo	Interlocutor	Fala
24:51	Profº André	Você comentou uma coisa do livro didático sobre a população, o que que tava no livro didático?
24:57	Ligia	O livro didático falava sobre a população ignorante que estaria apavorada, achando que é o final do mundo e se trancando em casa.
25:07	Profº André	E aqui fala isso?
25:08	Ligia	Não

Episódio 11: O professor pede para Ligia lembrar do que viu no livro didático na quarta atividade de História e Natureza da Ciência (17/11/2023)

André (24:51) pergunta o que o livro didático dizia sobre a população de Sobral, o que Ligia (24:57) responde relembrando que o livro didático tratava a população como ignorantes apavorados trancados em casa para se proteger do fim do mundo, o que não poderia estar mais longe do que o artigo mostra. Dessa forma, é destacado o **livro didático reforçando estereótipos raciais e de classe do Nordeste**, retomando a discussão que se fez presente no primeiro encontro da formação.

André segue a discussão perguntando sobre outro recorte do artigo:

Tempo	Interlocutor	Fala
35:27	Profº André	E vocês, o que vocês viram no texto de vocês?

35:31	Amanda	[...] eles tentarem [...] “educar” a população, pra não cometer nenhum erro ali na hora por conta da população. E até no final do texto fala que foi um silêncio absoluto por parte da população . E aí saiu nos jornais...
36:10	Profº André	Diferente do livro, né? Que precisava polemizar alguma coisa.
36:16	Ligia	Pânico de que o mundo tava acabando.
36:21	Profº André	“Seres irracionais que não entendem de Ciência.”

Episódio 12: O professor compara o que leram no artigo com o que foi visto nos livros didáticos na quarta atividade de História e Natureza da Ciência (17/11/2023)

Amanda (35:31) comenta novamente sobre a ação de educação da população para que não houvesse interferência na observação científica do fenômeno, e que a população se dedicou tanto a isso que o centro da cidade ficou sob um silêncio absoluto durante a medição, levando o jornal local a escrever uma matéria sobre o momento. O professor André (36:10) destaca o contraste entre esse cenário e aquele apresentado pelo livro didático que, como Ligia (36:16) retoma, é de pânico geral. Nesse sentido, a fala enfatiza o **livro didático reforçando estereótipos raciais e de classe do Nordeste**.

No episódio 1 houve a introdução da temática sobre a individualização da Ciência, ao apontar a centralidade dada à figura do Einstein no livro Compreendendo a Física, bem como foi apontado uma possível generalização sobre as contribuições dos cientistas ao não dar profundidade sobre seus contextos e contribuições, como ocorre em parte no livro Física, Ciência e Tecnologia. Tal ideia fecha com os pontos destacados nos episódios 2 e 3, nos quais foi destacado o impacto que o livro utilizado na Educação Básica pode ter sobre como os alunos veem a Ciência e os cientistas, bem como a necessidade do professor interagir de forma consciente com esse material ao se dirigir aos seus alunos, fazendo complementações e correções em cima desse material que pode conter diferentes tipos de distorções, como a centralização em um único cientista ou a simplificação excessiva da contribuição de diversos cientistas.

Nos episódios de 4 a 7 se desenvolveu uma discussão sobre os vieses de gênero que foram observados pelos licenciandos dentro dos livros didáticos. Esses episódios não só permitem um acesso inicial às diferentes percepções dos

licenciandos influenciada por seus gêneros, mas também ressalta os ganhos de uma formação voltada para o ensino da Natureza da Ciência a partir de uma abordagem investigativa. Isso porque a discussão mesmo se desenvolvendo ao redor do trecho do livro didático destacado por Arthur (1:13:13), ela é catalisada por uma problematização do professor André (1:13:59). Ainda no episódio 7, Caio (1:17:49) problematiza a ausência de figuras femininas na Ciência, o que é possibilitado pela forma aberta das aulas de EnCI. Nesse sentido, o episódio 7 evidencia o papel da atividade investigativa em criar oportunidades para que o aluno participe de modo a refletir, discutir, explicar e relatar, aproximando-o das atividades científicas:

Observamos que, quando os alunos têm a oportunidade de expor suas idéias, elaborar hipótese, questionar e defender seus pontos de vista, as idéias que surgem nas respostas são diferentes, relacionadas às conversas ocorridas nos diferentes grupos de estudantes, ficando o professor com a função de acompanhar as discussões, provocar, propondo novas questões e ajudar os alunos a manterem a coerência de suas idéias (Duschl, 1998) (Azevedo, 2004, p. 25).

Nos episódios 8, 9 e 10 são destacadas outras distorções e vieses dos livros didáticos e seus efeitos para o Ensino de Física, especialmente sobre a reprodução acrítica de como a mídia representa eventos da História da Ciência, por vezes carregando para esses livros preconceitos regionais, de classe e raça.

Nos episódios 11 e 12 é destacado como ambos os casos entram em oposição ao que o livro *Física, Ciência e Tecnologia* retrata sobre o Eclipse de Sobral, com a população em pânico devido ao fenômeno natural. Esse tipo de distorção é recorrente na representação do nordeste e dos nordestinos (Albuquerque Jr., 2011), sendo especialmente grave a sua presença em um livro didático de Física por ser sinônimo de desmerecimento intelectual dessa população:

Os fenômenos messiânicos, notadamente Canudos, participaram decisivamente na construção da imagem do Norte e do nortista para as populações do Sul, devido à repercussão das reportagens de Euclides da Cunha, sobre o movimento, publicadas em *O Estado de S. Paulo*. **Na década de vinte, o fenômeno do Padre Cícero também reforça esta imagem de fanatismo e loucura religiosa, que acompanha os nordestinos até hoje.** O mesmo jornal envia a Juazeiro o repórter Lourenço Filho, que descreve o que “vê” em várias reportagens em que as imagens e enunciados euclidianos surgem constantemente. (Albuquerque Jr., 2011, p.73. Grifo nosso)

É importante destacar de que o texto utilizado pelo livro [O eclipse de Einstein, Anexo A] é retirado do mesmo jornal ao qual Albuquerque Jr. (2011) faz referência.

As categorias emergentes desses episódios estão resumidas no quadro a seguir:

Quadro 10: Categorias emergentes da temática 1 da análise

	Encontros em que foram observados
1. Tensionamento entre profundidade e diversidade de cientistas nos livros didáticos	1º
2. Papel do professor no uso do livro didático, aprofundando discussões e trazendo mais atores da Ciência	1º
3. Livro didático formando o estereótipo de Grande Gênio nos estudantes	1º
4. Estereótipos de gênero sendo propagados no ambiente educacional por meio de livros didáticos.	1º
5. Apagamento das mulheres que contribuíram para o processo de construção do conhecimento científico.	1º
6. Livro didático reproduzindo a representação de Ciência da mídia.	1º
7. Marginalização da História da Ciência no livro didático.	1º
8. Livro didático como argumento de autoridade no âmbito do conhecimento científico escolar.	1º
9. Livro didático generalizando a atuação do continente africano na produção de conhecimento científico.	1º
10. livro didático reforçando estereótipos raciais e de classe do Nordeste.	1º; 4º

5.2 TEMÁTICA 2: REPRESENTAÇÕES DA CIÊNCIA E DOS CIENTISTAS E SEUS EFEITOS SOBRE O ENSINO DE FÍSICA

Ao longo do **primeiro encontro** com foco na História da Ciência, em que os pibidianos foram divididos em quatro grupos, eles tiveram a oportunidade de compartilhar os achados de suas investigações e refletir coletivamente sobre os temas despertados a partir dos livros didáticos. Esse momento permitiu uma discussão sobre as diferentes representações da Ciência e dos cientistas presentes em contextos internos e externos ao ambiente escolar, servindo de base para as problematizações que foram feitas nos encontros seguintes da formação.

Nesse sentido, as possíveis representações da Ciência, de que atributos são dados aos cientistas e os efeitos dessas questões sobre os alunos é explicitado por David a partir de um questionamento da professora Kelly:

Tempo	Interlocutor	Fala
1:10:04	Prof ^a Kelly	Sim, você tá defendendo que o uso do livro que tem os elementos, que tem mais pessoas mencionadas, né? Mas com esses detalhes adicionados pelo professor porque não tem tudo no livro.
1:10:14	David	Sim, isso. E daí por isso que eu fico pensando se já não sei se no geral, porque essa forma tira o peso, não vou dizer de senso comum, mas quando a gente no geral pensa em uma atividade de [...] quase que sem pensar. Aí esse livro já “tá, não, o Einstein foi importante”, mas acaba perdendo elementos de outras pessoas, sabe? Então acho que isso é muito válido, daí eu acho que ele peca em ser muito só parte de contribuições das pessoas.
1:10:52	Prof ^a Kelly	Sim, mas por que que você acha que trazer muitas pessoas para o cenário e citá-las e mencioná-las, por que isso é importante?
1:11:00	David	Eu acho que [...] vai fazer com que os alunos vejam a ciência, principalmente a física, como fora, como uma construção humana, sempre tem aquele estereótipo, a física é para gênio, aí tu resume a relatividade, que é algo mega complexa “ah, então o maluco é muito gênio, porque ele fez tudo isso sozinho”, então eu entendo que embora seja uma ciência exata, mas é uma ciência humana, houveram colaborações e tem o ponto de vista de várias pessoas, consegue engajar a maior parte dos alunos, sabe?
1:11:34	Ligia	Torna acessível, né?

1:11:35	David	Exatamente, daí que nem um aluno de humanas, ele vai poder [...]. Quebra um pouco aquele mito da genialidade por trás, sabe?
---------	-------	---

Episódio 13: David e Kelly discutem diferentes abordagens sobre cientistas em sala de aula na primeira atividade de História e Natureza da Ciência (01/09/2023)

Essa discussão segue da fala da professora Kelly (1:10:04) até a fala de David (1:11:00), no que ele discorre sobre a necessidade da atuação de várias pessoas para desenvolver uma teoria, como é o caso da teoria da relatividade. Assim possibilitando destacar a importância de apresentar para os alunos da Educação Básica a **Ciência como empreendimento humano coletivo**. É possível inferir que essa perspectiva, para David (1:11:00) não só cria um **contraponto ao mito da genialidade do cientista**, mas também permite o engajamento de mais alunos, como Ligia (1:11:34) complementa, “torna [a ciência] acessível”.

A discussão sobre a representação da Ciência e dos cientistas seguiu no **segundo encontro**, com os pibidianos, como planejado, focando a discussão em como as mídias e instituições apresentam a imagem do Einstein e de outros cientistas. O objetivo do segundo encontro, ao enfatizar tais representações, é, além de dar seguimento às ideias discutidas no primeiro encontro, refletir criticamente sobre como elas aparecem em outras esferas da sociedade, sobretudo no que se refere à representação do Einstein e sua relação com a teoria da relatividade.

No começo do encontro, mesmo antes da problematização inicial ser apresentada, Ligia apresentou um trecho de um livro que ela estava lendo e associou aos temas discutidos no encontro anterior:

Tempo	Interlocutor	Fala
04:00	Ligia	Eu tava lendo hoje no ônibus <i>O mundo assombrado pelos demônios</i> e eu achei um parágrafo aqui que me lembrou bastante do que a gente falou.
04:30	Ligia	O parágrafo é: “É um desafio supremo para um divulgador da ciência deixar bem claro a história real e tortuosa das grandes descobertas, bem como os equívocos e, por vezes, a recusa obstinada de seus profissionais a tomar outro caminho. Muitos textos escolares, talvez a maioria dos livros didáticos científicos, são

		levianos a esse ponto. É muitíssimo mais fácil apresentar de forma atraente a sabedoria destilada durante séculos de interrogação paciente e coletiva da natureza do que detalhar o confuso mecanismo da destilação. O método da ciência, por mais enfadonho e ranzinza que pareça, é muito mais importante que as descobertas dela.” Me lembrou bastante o que a gente falou.
05:10	Profº André	E por que que te lembrou bastante?
05:13	Ligia	Eu acho que tem muito a ver com a história da ciência dos livros didáticos. Justamente porque geralmente mesmo quando falam de história da ciência falam, tipo, “a, tal pessoa descobriu isso e confirmou tal hipótese e tal teoria”. Geralmente já trás como um produto. Pessoa, produto [<i>faz um gesto de entrega com a mão</i>]. Eu sinto falta disso, de falar dos processos, do quanto a gente erra, do quanto se pesquisa e se pesquisa de novo.
06:03	Profº André	Isso é legal, né? O livro didático faz isso, vocês acham que a divulgação científica às vezes faz isso também?
06:16	David	O que exatamente?
06:17	Profª André	Sei lá, grandes gênios.
06:19	Arthur	Sim, sim.
06:21	David	Eu acho que nem todos são bons divulgadores científicos que trazem as problemáticas, sabe? Muitas vezes o ponto quando a gente vê num youtube da vida é sempre o pessoal exaltando gênio, tipo, e não trazendo o contexto, tipo, sabe? E não trazendo o contexto. Tenta divulgar botando [...] “olha o Einstein como ele era! olha o Newton como ele era!” [...]

Episódio 14: Ligia compartilha livro que estava lendo e discute sobre ele com André e David antes de começar a segunda atividade de História e Natureza da Ciência (22/09/2023)

Os estudantes no diálogo anterior criticam uma abordagem superficial da História da Ciência, mais focada em enaltecer certos cientistas e suas “descobertas” do que contextualizar o momento histórico em que eles se encontravam, as bases teóricas e metodológicas das quais eles partiram e o processo desse trabalho. Importante destacar que esse momento, embora integrado à retomada das discussões do primeiro encontro da formação, foi possibilitado por uma das pibidianas compartilhar uma leitura externa à formação e ao curso de licenciatura. A abertura para tal compartilhamento e seguinte discussão é pouco usual em salas de aula tradicionais, mas encontrou um ambiente propício em uma formação com uma abordagem investigativa.

O livro trazido por Ligia (04:00), *O Mundo Assombrado pelos Demônios* (1995), embora possa ser questionado sobre o que ele entende como sendo “O método da Ciência”, apresenta no trecho lido por ela (04:30) uma grande ressonância com Allchin (2013), base teórica para o preparo dessa formação, que defende uma “Ciência Integral, que da mesma forma que comida integral, não exclui ingredientes essenciais” (p. 25). Nesse sentido, pode ser comparado o que o trecho lido por Ligia chama de “sabedoria destilada” com o que Allchin chama de Ciência Escolar ultraprocessada e refinada, ou seja, a **prevalência do ensino de ideias científicas prontas em detrimento do ensino da História e dos processos científicos**. Ainda sobre a importância de um Ensino de Ciências que dê mais atenção à História da Ciência, Ligia (05:13) afirma que sente a necessidade de se desenvolver mais os processos da Ciência, não só as teorias (produtos) que se originaram desse processo.

Nesse ponto, o professor André (06:03) utiliza a discussão levantada por Ligia para expandir para o tema da investigação do segundo encontro, que trata sobre como os cientistas são retratados em diferentes mídias e meios de comunicação. O grupo não segue a discussão trazida por Lígia sobre a problematização entre divulgar os produtos e os processos da ciência, mas as respostas iniciais de Arthur (06:19) e David (06:21) indicam que eles concordam que o problema de se representar os cientistas como grandes gênios não é somente dos livros didáticos, mas algo presente na divulgação científica também.

No momento seguinte, o professor elabora mais sobre o tema da investigação, retomando a discussão ao redor de Albert Einstein, e questionando: a teoria da relatividade dependeu somente dele, ou era um processo já encaminhado dentro da ciência, em que, mais cedo ou mais tarde, alguém chegaria às mesmas conclusões?

Tempo	Interlocutor	Fala
14:37	Profº André	A relatividade, né? Vamos pensar talvez algo aí que seja muito associado por ele, né? A relatividade. Ela teria existido se o Einstein não tivesse existido?
14:56	Carlos	Olha, a lógica dele talvez fosse fazer falta. Mas talvez, se ele não tivesse existido, teria sido outra pessoa.
15:01	Arthur	Eu acho que sim.

15:05	Gabriela	Eu acho que de alguma maneira depois alguém teria pensado nisso.
15:09	Carlos	A relatividade já tinha uma base bem estabelecida quando ele começou.
15:12	Thiago	As equações já existiam, né? Pelo menos as equações de Lorentz [...] já estudavam a relatividade, já tinha essa discussão. Mas o Einstein foi quem assim meio quem finalizou.

Episódio 15: André começa a introduzir a temática do encontro e ouve os comentários dos licenciandos na segunda atividade de História e Natureza da Ciência (22/09/2023)

Tal questionamento do professor André cumpre uma função didática, alinhada à perspectiva do EnCI, mesmo não sendo pertinente de um ponto de vista historiográfico por não ser possível reescrever a história. O questionamento serviu como uma provocação para iniciar a discussão entre os licenciandos. Os estudantes Carlos (14:56), Arthur (15:01) e Gabriela (15:05) se posicionam inicialmente em defesa de que a teoria ainda poderia se desenvolver mesmo sem as contribuições de Einstein, embora com mais dificuldades. Carlos (15:09) e Thiago (15:12) ainda destacam que a teoria da relatividade já tinha uma base bem estabelecida quando o Einstein fez suas contribuições, como é o caso das equações de Lorentz (transformações de Lorentz), que precedem às publicações de Einstein.

A investigação toma forma mais concreta com o encaminhamento do professor, que os orienta a pesquisar na internet sobre essa questão para comparar como diferentes veículos podem se posicionar sobre o papel de Einstein para a teoria da Relatividade.

Tempo	Interlocutor	Fala
18:45	Profº André	É interessante. Eu acho que a ideia hoje é lançar a seguinte problematização: É tentar pensar “E se Einstein não tivesse nascido?”, o que seria da relatividade? Para isso eu vou fazer um pedido para vocês, vou pedir que vocês procurem na internet. Podem procurar na internet.
21:07	David	Eu já fui no ChatGPT [...] “Se o Einstein não tivesse nascido é possível que a teoria da relatividade como conhecemos hoje não seria desenvolvida da mesma forma e no mesmo momento da história da física. No entanto é importante notar que a busca por uma explicação melhor da gravidade e uma reconciliação com a teoria da relatividade restrita já estava em andamento.

		<p>Outros cientistas como Henry Poincaré e David Hilbert estavam explorando ideias semelhantes na época, portanto é possível que alguém eventualmente tivesse desenvolvido uma teoria semelhante à relatividade, ainda que talvez [...] a ciência muitas vezes avança através de contribuições de várias pessoas ao longo do tempo”</p> <p>Dito isso eu também penso que assim como eu acho bem possível que tenham outras teorias da relatividade próximas que explicam os mesmos problemas, assim como a gente toda a mecânica Lagrangiana junto da Newtoniana, e as duas funcionam, as duas trazem boas explicações. [...] Uma teoria que faz explicações mas não é a teoria da base que a gente usa. Acho que [...] existiria com ou sem ele, mas não seria a mesma coisa.</p>
--	--	--

Episódio 16: André apresenta a problemática da investigação e David compartilha a resposta do ChatGPT para a busca na segunda atividade de História e Natureza da Ciência (22/09/2023)

Um dos primeiros resultados é compartilhado por David (21:07), que fez a pergunta passada pelo professor para a Inteligência Artificial *ChatGPT*, que por sua vez afirmou que a Ciência avança através da contribuição de várias pessoas e que embora a teoria pudesse ter se desenvolvido de forma diferente e em outro momento da história, Einstein participou de um processo que estava em andamento contínuo e que continuaria a buscar respostas mesmo sem a sua atuação. David parece concordar com a resposta dada, de que a teoria ainda se desenvolveria, porém, afirma que ela não seria exatamente a mesma. Usando um exemplo da Mecânica Clássica, ele compara a Mecânica “Newtoniana” com a Mecânica Lagrangiana, ambas amplamente aceitas, mas com diferenças fundamentais como a ausência do conceito de Força na Mecânica Lagrangiana, em contraste com a “Newtoniana”.

A complementação de David sobre a resposta trazida pela Inteligência Artificial se mostra de grande importância para a discussão pela natureza genérica do programa. Ao apontar o exemplo de duas teorias que descrevem o mesmo fenômeno de formas muito distintas ele dá um corpo mais robusto ao que o programa colocou como “é possível que a teoria da relatividade como conhecemos hoje não seria desenvolvida da mesma forma e no mesmo momento da história da física”, o que além de vago permite a interpretação de anos depois, outros cientistas partindo de contextos diferentes chegariam à mesma teoria, o que confere um caráter inevitabilidade à Ciência, independente das pessoas que contribuem para a sua construção.

A discussão segue com Carlos falando sobre o resultado da sua busca, que o levou a uma matéria da revista *Super Interessante*:

Tempo	Interlocutor	Fala
22:57	Carlos	É, o Super Interessante tem uma frase que a física ficaria desértica de algumas das ideias mais incríveis da ciência do século vinte e um [...] Mas assim, tipo, eu não sei se como o ChatGPT falou, é bem esquisito achar que se o Einstein não existisse a gente não chegaria a algumas das conclusões daquela. [...]
23:32	Ligia	São duas ideias opostas e eu não consigo concordar com nenhuma delas. Que por um lado a ideia de que a ciência tem um caminho quase que predestinado, então, tipo, o conhecimento vai se desenvolvendo dessa forma, independente do que aconteça, eu não acho. Eu acho que tem sim muito do papel de quem tá fazendo, de quem tá construindo esse conhecimento. E, ao mesmo tempo, é isso [...] a gente não pode colocar isso em cima de uma pessoa, uma pessoa que cria as teorias. [...]
25:13	David	A fala da Ligia me trouxe uma pergunta que fazia muito quando eu entrei na faculdade, que eu tinha lido no livro acho que do [...] que ele “A ciência, ela já tá pronta e a gente só tá tentando descobrir o que tá, ou a ciência é uma construção pra ensinar ao longo do tempo?” sabe? E eu hoje em dia percebo a ciência como uma construção humana, tipo, não tem lá as leis da física prontas [...] há sempre uma interpretação. Então eu acho que existe uma sequência lógica [...] trilhar um caminho, mas não é um caminho único ou certo, sabe?

Episódio 17: Carlos compartilha outro resultado da internet e Ligia critica esse resultado e o anterior na segunda atividade de História e Natureza da Ciência (22/09/2023)

Carlos (22:57) apresenta a posição da matéria da *Super Interessante*, que, de maneira bem diferente à posição posta pelo *ChatGPT*, afirma que “a física ficaria desértica”. Ou seja, a revista afirma que sem a presença de Albert Einstein, nenhuma das teorias às quais ele contribuiu tomariam forma. O próprio Carlos se coloca em oposição às afirmações da *Super Interessante*, afirmando que acha equivocado não considerar a possibilidade de parte das contribuições de Einstein poderem ser feitas por outros cientistas.

Ligia (23:32) se manifesta sobre as duas ideias apresentadas com insatisfação, apontando que a resposta do *ChatGPT* pode ser lida como uma “predestinação” da Ciência, que chegaria às nossas teorias atuais independente do

percurso, mas também recusando a visão da *Super Interessante* de que a teoria da relatividade seria perdida sem a atuação do Einstein. Dessa forma, ela defende que as particularidades dos cientistas são importantes nesse processo, mas que isso não pode ser dado de forma a entender que um único cientista é responsável por desenvolver uma teoria científica. Assim, o que Ligia reforça pode ser compreendido como uma crítica à **prevalência do ensino de ideias científicas prontas em detrimento do ensino da História e dos processos científicos.**

O questionamento de Ligia leva David a retomar uma pergunta que ele se fazia logo ao entrar na faculdade. O questionamento de David (25:13) é entre a Ciência estar “pronta” e o papel do cientista ser “descobri-la”, ou a Ciência ser uma construção social que vai se modificando continuamente ao longo do tempo. Tal questionamento é o centro do debate sobre o Realismo científico, o qual defende que a Ciência representa uma certa “realidade”. Muito associado ao empírico-indutivismo, o Realismo pode ser entendido dentro da Filosofia da Ciência em diferentes graus de intensidade, sendo o Realismo Radical aquele que defende que a Ciência deve ser um espelho exato da realidade e a empiria a forma de alcançar esse espelhamento, enquanto o Realismo Moderado defende que a Ciência busque se aproximar o máximo possível da realidade mas acredita ser impossível uma representação completamente fiel e, embora também valorize a experimentação, destaca a carga teórica que sempre está associada a coleta de dados empíricos (Chalmers, 1993).

Ao fim de sua fala, David afirma não concordar com a ideia de “leis da Física prontas”, demonstrando não se alinhar com a ideia do Realismo Radical, além de sua fala permitir o entendimento da **Ciência como um empreendimento permeado pela subjetividade humana.**

Os pibidianos, em seguida, discutem sobre como conciliar a Ciência sem ser a obra de um grande autor genial, mas também sem representar a Ciência como linear e predestinada a descrever o mundo de uma única forma:

Tempo	Interlocutor	Fala
26:31	Julio	Então, eu acho que o Chat[GPT] falou exatamente isso , que ele, se não tivesse existido ainda teria alguém que chegaria lá.
26:36	Carlos	Mas não é uma predestinação , [...] de que vai acontecer.

		Teve outras pessoas que contribuíram, o problema é que, tipo, o Einstein ele é atribuído praticamente toda a relatividade a ele, tipo, ele ganha todo o crédito isso quando na verdade teve muita gente
26:56	Ligia	Eu acho que é ter a consciência de que talvez, se Einstein não tivesse existido, algum detalhezinho desse conhecimento que a gente tem hoje não tivesse chegado, talvez alguma parte tivesse em branco...
27:11	Profº André	Ou fosse diferente.
27:12	Ligia	Ou fosse diferente, exato.

Episódio 18: Os licenciandos começam a se encaminhar para uma conclusão sobre a primeira problematização na segunda atividade de História e Natureza da Ciência (22/09/2023)

Para destacar como essa discussão é apresentada em diferentes meios, Julio (26:31) retoma o que foi extraído do ChatGPT, conferindo a ele uma visão de Ciência Realista Radical, impondo um caráter de inevitabilidade de se chegar à determinada teoria em algum momento, independente de quem o faça.

Carlos (26:36) discorda de Julio, afirmando que não foi essa a interpretação que ele teve da Inteligência Artificial. Ele se coloca a favor do que foi dito, afirmando que o trecho queria dizer que é importante se tratar a Ciência como um empreendimento coletivo, o que permite inferir que ele se posiciona em **contraponto ao mito da genialidade do cientista** e à centralização de toda a discussão sobre a relatividade ao redor do Einstein. Nesse sentido, Ligia (26:56) ressalta que a ausência do Einstein não apagaria a teoria da relatividade, mas a modificaria, alguma parte dela estaria faltando ou seria diferente, como complementa o professor André (27:12).

Após esse momento, temática da individualização da Ciência se encerra parcialmente no segundo encontro. Essa temática tendo sido iniciada pela leitura que Ligia compartilha com o grupo e aproveitada pelo professor André no episódio 14, teve seguimento no episódio 15 com André aferindo os posicionamentos iniciais dos pibidianos sobre a indispensabilidade de Albert Einstein para teoria da relatividade, ao que se constata que eles admitem possíveis perdas e alterações à teoria caso o cientista não tivesse participado, mas que vários outros cientistas haviam elaborado a base na qual o Einstein se desenvolveu, então seria provável ideias similares às propostas por Einstein emergirem a partir de outros cientistas. Nos episódios 16 e 17 são compartilhados os resultados das buscas na internet

sobre o que a mídia responde para “E se Einstein não tivesse nascido?”, sendo posto em contraposição dois resultados que de um lado, da *Super Interessante*, apaga a possibilidade das teorias que Einstein contribuiu se desenvolverem, enquanto o outro lado, o *ChatGPT*, poderia dar a entender que a contribuição pessoal de cada cientista não afeta o avanço geral, possivelmente desumanizando a Ciência.

A reflexão dos episódios anteriores levou David a compartilhar no episódio 17 as dúvidas que ele sentiu no começo de sua graduação sobre o papel da Ciência enquanto obra humana ou reflexo da realidade. A fala de David (25:13) não se estende o suficiente para inferir se ele se alinha com uma visão filosófica de Realismo Moderado ou outras linhas que se opõe ao Realismo de modo geral, mas nos levam ao episódio 18, com os licenciandos concordando que a teoria da relatividade, assim como outras teorias científicas, é fruto do trabalho coletivo de diversos cientistas e que atribuí-la a um único “Grande Gênio” não representa bem o empreendimento científico.

Para além disso, a problemática sobre o ChatGPT presente nos episódios 16, 17 e 18 ressalta um ponto central de crítica que Allchin faz à Visão Consensual, de que afirmações gerais sobre a NdC podem ser distorcidas e muitas vezes são ambíguas e contraditórias. A exemplo de tal contradição vemos duas interpretações muito diferentes, o lado de Ligia (23:32) e Julio (26:31), lendo o ChatGPT como um Realismo Radical, e o lado de Carlos (26:36), lendo a mesma afirmação como uma forma de ressaltar o empreendimento coletivo da Ciência. A temática volta a emergir no quinto e último encontro da formação.

Ainda no **segundo encontro**, a temática sobre como cientistas são representados, porém ampliando a discussão para além da sala de aula, mas como tais representações aproximam ou afastam a população em geral da Ciência. Para tal, esse encontro realiza uma investigação sobre a forma como o Einstein é retratado pelas mídias:

Tempo	Interlocutor	Fala
36:25	Profº André	Mas vamo lá, isso aí é interessante. Mas por exemplo, essa questão do Einstein como um grande gênio, lingua de fora, né? E tudo mais. Isso ajuda as pessoas a serem cativadas pra conhecer mais sobre Ciência?

36:40	David	Então, acho que depende muito, sabe? [...]
-------	-------	--

Episódio 19: André direciona a discussão na segunda atividade de História e Natureza da Ciência (22/09/2023)

Nesse momento, o professor André (36:25) começa a direcionar a discussão que estava centrada em como o Einstein é representado na mídia, bem como seu papel para a teoria da relatividade, e muda a discussão para como essas representações impactam as pessoas e como elas vêem a Ciência. Em especial, sobre qual o impacto sobre as pessoas de se representar o Einstein e outros cientistas famosos como gênios excêntricos responsáveis pelos principais avanços da Ciência e da tecnologia.

A discussão sobre esse impacto segue focada com base em duas fontes sobre o papel do Einstein para a relatividade encontradas pelos estudantes durante a investigação, a Inteligência Artificial *ChatGPT* e uma matéria da revista *Super Interessante*:

Tempo	Interlocutor	Fala
43:25	Profº André	Legal, então a mídia muitas vezes explora esses dois lados aqui.
43:29	David	Eu acho que o lado do Einstein gênio é muito mais, tem muito mais do que o Einstein...
43:35	Arthur	Mas eu acho que depende da fonte daí, depende muito do lugar. O ChatGPT te deu uma resposta completamente diferente que a Super Interessante.
43:44	Carlos	Só que a Super Interessante ta tratando de uma forma um Deus [...] Talvez nunca mais tenha um gênio como ele.
43:51	Julio	Mas aí o que que vai chamar mais atenção? Um cara que é mais parecido contigo, ou seja, mais humano, ou um cara que realmente [...]
43:58	Ligia	Sabe o que que eu percebi diferença? É o formato que a gente pesquisa. Pra mim surgiram coisas muito diferentes se eu pesquisava, tipo, sobre a vida de Einstein, aí aparecia sei lá “cinco curiosidades que você nunca ouviu falar sobre Einstein” daí aparece a parte humanizada. E se a gente pesquisa, sei lá, relatividade, daí vem esse Einstein gênio que tirou as ideias...
45:29	David	Mas eu acho que, sobre isso, a grande mídia vai focar sempre no Einstein gênio e aí isso já acaba empurrando pra ainda mais longe pessoas que não são da ciência,

		sabe? Sei lá, é a mesma coisa que se eu for pesquisar uma pessoa de uma outra área que eu não tenho nada de domínio [...] “Aos cinco anos ele já falava vinte e sete idiomas, escrevia em não sei quantas línguas” [...]
--	--	--

Episódio 20: Os licenciandos discutem as diferentes formas que os cientistas são representados na segunda atividade de História e Natureza da Ciência (22/09/2023)

Ao falar sobre como a mídia retrata o Einstein, David (43:29) e Carlos (43:44) enfatizam que, entre uma imagem mais humanizada ou mais idealizada, a tendência é que o Einstein seja representado de forma mais idealizada, como um gênio tão grande que “Talvez nunca mais tenha um gênio como ele”. Nesse sentido, Julio (43:51) aponta que uma visão mais humana chamaria menos atenção, e por isso há uma tendência maior de representar ele como um gênio.

As falas anteriores, de David (43:29), Carlos (43:44) e Julio (43:51), permitem discutir como **cientistas sendo representados como Grandes Gênios pela mídia**. A fala de David (45:29) pode ser incluída nessa mesma questão, ao que ele concorda com Julio mas acrescenta que essa tendência afasta a maioria das pessoas da Ciência, por fazer com que as pessoas se sintam incapazes de fazer Ciência, criando a imagem de que é necessário ser um gênio prodígio para ser cientista.

O professor André em seguida dá destaque ao comentário de David e encaminha para que os outros estudantes possam comentar se o estereótipo de cientistas gênios afasta ou atrai mais pessoas para a Ciência:

Tempo	Interlocutor	Fala
58:01	Profº André	E isso é bem interessante, porque daí a gente pode realmente questionar, né? Essa imagem do grande gênio ajuda o pessoal a se aproximar da física, da ciência ou mais afasta?
58:14	Arthur	Eu acho que depende muito. Eu, pelo menos, me interessei muito por física quando eu comecei a conhecer as pessoas que faziam ciência, fizeram grandes coisas [...] Eu “Bah, legal isso. Legal, eles usam bastante matemática, eu gosto bastante.” [...]
58:33	Profº André	Se inspira em algumas histórias. Cativa alguns, né?
58:40	Ligia	Pra mim, o caminho foi bem diferente.
58:42	Julio	Não chega ser o porquê a pessoa entrou, ela já tava

		querendo, na real e aí aquilo ali ajudou.
58:47	Carlos	Meu caso foi a mesma coisa que o Arthur. Eu comecei a ver a história do Einstein. A história, principalmente dos físicos do século vinte, que são os mais, os que mais são falados nas mídias.

Episódio 21: Arthur e Carlos falam como as caricaturas de cientistas atraíram eles na segunda atividade de História e Natureza da Ciência (22/09/2023)

Quando o professor André (58:01) questiona sobre a imagem de gênio cientista atrair ou afastar as pessoas Arthur (58:14), Julio (58:42) e Carlos (58:47) manifestam essa imagem como algo positivo para eles, que a história de Einstein e de outros cientistas teria os inspirado e ajudado a tomar a decisão de entrar no curso de Física. Tais falas indicam **a representação de Grandes Gênios atraindo estudantes para o curso de Física**, apesar dessa representação distorcer a História da Ciência e o processo de construção do conhecimento científico.

Ao mesmo tempo, porém, Ligia (58:40) fala que o caminho dela foi muito diferente. A discussão segue:

Tempo	Interlocutor	Fala
59:03	Profº André	Deixa só o Julio terminar.
59:04	Julio	Não, tava falando disso também. Foi quase igual ao Arthur assim, só que quando eu comecei a olhar Cosmos, Carl Sagan [...] “Como é que esse cara pensa?” Foi assim, mas eu imagino que tem muita gente que realmente olha “É muita coisa pra mim, não sei nem matemática aqui, não sei nem contar dois mais dois, como é que eu vou fazer esse tipo de coisa?” acaba se perdendo
59:30	Carlos	Eu não sei se alguém teve essa visão, mas quando eu comecei a gostar de física eu achei que era meio que um mundo mágico, ta ligado? [...] a própria relatividade, porra dilatação temporal, ta ligado? Basicamente viagem no tempo que tu vê em filmes de ficção científica e magia e tudo mais, e isso realmente acontece na vida real, aí fiquei pensando, meu Deus deve ter muita coisa aí que a gente não sabe e que deve ser mágico...
59:58	Ligia	Gente, o meu caminho, bom, eu escolhi a licenciatura primeiro. Eu tava entre física e história...
1:00:05	Arthur	A, tu escolheu porque tu queria ser professora
1:00:07	Ligia	É, eu escolhi ser professora. Disse “Ta, eu quero ser professora, e eu quero Ensino Médio. Agora, professor de

		que?” E eu tava entre física e história porque eram as matérias que eu gostava. E eu tava tendendo muito mais pra história porque eu não me via na física, eu não achava que era possível e eu decidi, e antes de eu decidir pela física eu consegui o contato do professor Jefferson [professor do Instituto de Física da UFRGS] e eu falei com ele e eu perguntei “Ta, como é que ta a situação, tem mulher fazendo física? tipo, tem mulher na universidade de física?” E ele me disse que cada vez tinha mais e tudo, aí eu ta, acho que eu dou conta e eu vim na marra e eu cheguei e eu era a única menina das dez pessoas que entraram. Da minha entrada eu sou a única mulher.
--	--	--

Episódio 22: Ligia fala como a representação da Física e dos cientistas foi um obstáculo para ela na segunda atividade de História e Natureza da Ciência (22/09/2023)

Julio (59:04) comenta o papel que divulgadores científicos como Carl Sagan (1934 - 1996) atuaram para a sua aproximação com a Ciência, buscando entender como cientistas pensam, mas reconhece que muitos podem se desmotivar com essa mesma imagem, que pareceria inalcançável. Carlos (59:30) de forma similar, se atraiu por muitas das ideias apresentadas, mas ele enfatiza mais as teorias e possibilidades que a Física poderia proporcionar, como um “mundo mágico”.

A experiência deles, no entanto, foi diferente da vivenciada por Ligia (59:58), que ao decidir a carreira docente esteve em dúvida entre cursar História ou Física. É interessante destacar o movimento de escolha inicial pela docência, posteriormente, pela docência em Física. Para Ligia (1:00:07) a forma que a Física e os físicos são representados não a contemplava. Foi necessário o incentivo do professor Jefferson [professor do Instituto de Física da UFRGS] para que ela entrasse no curso de Física. O depoimento de Ligia indica **a representação de Grandes Gênios influenciando quais sujeitos podem ser cientistas**, levando a efeitos negativos sobre determinados grupos sociais.

A partir dessa fala, o professor André faz uma nova problematização, sobre quais cientistas recebem são divulgados como gênios:

Tempo	Interlocutor	Fala
1:01:07	Profº André	Deixa eu só explorar isso daí. Vejam que essa questão dos grandes gênios, também, quem que são os grandes gênios que aparecem?
1:01:13	David	É sempre o homem branco, velho, cis, hétero , tudo possível assim, sabe? [...]

1:01:21	Ligia	Quando a gente fala sobre alguma mulher é sempre a Marie Curie. Só.
1:01:27	David	É a Curie e acabou.
1:01:28	Ligia	Exato, é a única que se fala. É por isso que eu sou tão apaixonada pelo [filme] <i>Hidden Figures</i>, que foi a primeira vez que eu tive contato com qualquer outra mulher [...]

Episódio 23: David aponta os estereótipos de gênero e raciais entre os cientistas na segunda atividade de História e Natureza da Ciência (22/09/2023)

O professor André (1:01:07) questiona sobre quem são os grandes gênios da Ciência que aparecem nas mídias, o que é respondido por David (1:03:13) como sendo homens brancos, velhos, cisgêneros e heterossexuais, ou seja, David afirma que os cientistas que de fato recebem o status de grandes gênios são aqueles que têm sua imagem bem quista pela sociedade. Dessa forma, essa fala também destaca **a representação de Grandes Gênios influenciando quais sujeitos podem ser cientistas**. Ligia (1:01:21) destaca que a única figura feminina que recebe destaque na mídia é Marie Curie (1867 - 1934). Ligia (1:01:28) também comenta sobre o filme *Estrelas Além do Tempo* (2017), por ter sido a primeira vez que ela teve contato com outras mulheres cientistas. A ênfase positiva dada por ela a esse filme permite destacar uma **maior representação de mulheres da Ciência sendo de interesse dos estudantes**.

A partir da discussão sobre essa invisibilidade das mulheres na Ciência, o professor André reforça alguns dos problemas da imagem de cientistas como grandes gênios:

Tempo	Interlocutor	Fala
1:01:50	Profº André	Mas, legal. Veja que perigo tem também de centralizar, criar o grande gênio e esquece por exemplo [...] a esposa, que contribuiu. A história.
1:02:05	David	Daí acho que toda essa discussão, eu acho que todo mundo que fez introdução com Heitor [professor do Instituto de Física da UFRGS] sabe o quanto ele critica [...], acho que ele critica até hoje, o instituto de química, aquelas frases ali que tem. Tipo, que só reforça [...] sobre a ciência. Aí você vai no instituto ao lado e tem reforçando isso que “um cientista que não tem sua mesa bagunçada, não é um cientista de verdade” sabe? A gente tá discutindo isso aqui e a gente olha para o lado e os próprios cientistas gostam disso as vezes, dessa imagem parece.

1:02:35	Carlos	Isso aí é fato, né?
---------	--------	---------------------

Episódio 24: David comenta sobre os estereótipos que são reforçados pelo próprio espaço físico da faculdade na segunda atividade de História e Natureza da Ciência (22/09/2023)

O professor André (1:01:50) aponta como centralizar a História da Ciência na figura de um cientista como um gênio responsável por toda a teoria pode apagar a presença de outras figuras, como foi o caso da Mileva, bem como causa um apagamento da própria História da Ciência.

David (1:02:05) acrescenta a essa discussão o papel dos próprios cientistas em propagar essa imagem que, embora prejudicial para o ensino e a democratização da Ciência, confere um status de superioridade a eles. Ele fala várias frases que estão escritas no instituto de química da universidade que dizem coisas como “um cientista que não tem sua mesa bagunçada, não é um cientista de verdade”, propagando essa imagem do cientista como um gênio excêntrico. Mais do que isso, essa fala de David também permite destacar o papel formativo do espaço físico da instituição de ensino, expondo o **espaço físico educacional propagando estereótipos de cientistas**.

O professor André volta ao seu último ponto para se corrigir sobre a sua fala anterior (1:01:50):

Tempo	Interlocutor	Fala
1:03:05	Profº André	Mas isso é importante também, não façam isso que eu fiz aqui. Eu coloquei “E a esposa?”, não, não é “A Esposa”, é Mileva.
1:03:16	Ligia	Eu ouvi falar dela pela primeira vez aqui. Aqui, na reunião do PIBID [...]
1:03:24	Arthur	Que interessante, a primeira vez que eu ouvi falar dela eu tava lá na casa da minha vó e a minha vó tinha um livro, o título do livro é o nome dela. [...] Daí eu “Bah, que legal”, eu comecei a ler e depois eu descobri que o Einstein tinha uma série e eu li mais.
1:03:37	Profº André	E por que a sua vó tinha um livro? [...] Sua vó tinha o livro? Como que chegou o livro na sua vó?
1:03:55	Julio	Que sua vó era professora, né?
1:03:57	Arthur	É, ela era diretora.

Episódio 25: André volta a comentar de Mileva Maric na segunda atividade de História e Natureza da Ciência (22/09/2023)

O professor André (1:03:05) destaca que em sua fala anterior ele se refere a Mileva Maric como “A esposa (de Einstein)”, e que deve se referir a ela pelo seu nome. Esse ponto é importante para que de fato haja uma discussão que não seja centralizada na visão do Einstein como um grande gênio, em que outras figuras, especialmente aquelas em uma posição de menor poder, são postas de forma marginalizada ao próprio Einstein.

Ao retomar o foco da discussão sobre Mileva Maric, Ligia (1:03:16) relata que foi dentro do ambiente dos encontros do PIBID em que ela primeiro ouviu falar sobre a Mileva. Esse relato destaca o **Ensino por Investigação aproximando licenciandos de Física da presença de mulheres na Ciência**, reforçando o seu papel formativo para os pibidianos. Em resposta a Ligia, Arthur (1:03:24) comenta que a primeira vez que ele ouviu falar de Mileva não foi em um ambiente educacional, mas sim em um livro na casa de sua avó que, ele relata (1:03:57) era uma profissional da educação. Essa fala nos ajuda a compreender o impacto de como experiências diversas podem influenciar a formação de um estudante e a sua visão sobre a Ciência.

A temática de estereótipos da Ciência e seus efeitos sobre os alunos se iniciou no segundo encontro com a problematização do professor André no episódio 19, levando à discussão sobre as possibilidades de se retratar o Einstein como um Grande Gênio contra a possibilidade de humanizar ele e seu trabalho, presente no episódio 20. Nesse mesmo episódio foi destacado como a imagem dele como um grande gênio é mais frequente em grandes veículos de comunicação, o que pode afastar várias pessoas da Ciência, que não vão se ver como capazes de contribuir para a Ciência ou mesmo entendê-la. Nos episódios 21 e 22 os pibidianos comentam sobre as suas relações pessoais com essa imagem de Grandes Gênios da Ciência, o que revela uma diferença entre a relação dessa imagem com a maioria masculina do grupo e o caso de Ligia, em que o primeiro grupo se sentiu atraído e encantado por essa representação grandiosa da Ciência e dos cientistas, enquanto Ligia se sentiu repelida da Física por conta dessa representação, e que foi necessário o incentivo de um professor para que ela sentisse segurança para cursar Física. Partindo desse ponto, o professor André questiona no episódio 23 como se imaginam os Grandes Gênios da Ciência, ao que é respondido como sendo um homem branco heteronormativo, destacando o porquê de tais estereótipos repelirem

mais certos grupos de pessoas do que outros. Nos episódios 24 e 25 se vê presente outras formas de se ter contato de tais estereótipos, bem como de casos que ajudam a ampliar a visão sobre a Ciência, como é o ambiente físico educacional, em que se podem ver frases que reforçam esses estereótipos, a influência do ambiente familiar que permitiu a Arthur ter contato com a história de Mileva Maric, ou mesmo ambientes formativos abertos, como é o caso dessa formação, que permitiu que Ligia entre em contato com a história da cientista, mesmo não sendo algo planejado para a investigação.

O encontro se encerra após esse momento, tendo discutido os efeitos das barreiras que tais estereótipos criam para aqueles que não conseguem se projetar sobre a imagem típica de um cientista, bem como o papel que a grande mídia, o ambiente educacional e os próprios cientistas têm na propagação de tais imagens que podem lhes conferir um maior status social.

O caso histórico de Sobral volta a ser o destaque no **quarto encontro**, em que a discussão é aprofundada com o auxílio de dois novos materiais, um vídeo do *youtube* produzido pela FAPESP e um artigo científico que fala sobre o caso.

Logo após a reprodução do vídeo foram questionadas as roupas dos cientistas britânicos, que vestiam ternos embaixo do sol do Sertão. Tal questionamento levou à seguinte discussão:

Tempo	Interlocutor	Fala
06:15	Amanda	O que eu quis dizer é que basicamente o clima deles é muito diferente do Ceará
06:23	Profº André	Independente disso, eles regulam bem o telescópio em qualquer clima que tiver?
06:27	Amanda	Isso sim.

Episódio 26: O professor questiona aos licenciandos o papel dos astrônomos britânicos na quarta atividade de História e Natureza da Ciência (17/11/2023)

Amanda (06:15) argumenta que o clima de onde eles vieram é muito diferente do clima brasileiro então é natural que eles não saibam se vestir para o clima local. Em cima disso, André (06:23) questiona a capacidade dos cientistas de regularem o equipamento de observação no clima de Sobral, no que Amanda (06:27)

prontamente afirma que isso não seria um problema. Da mesma forma que Amanda, os outros licenciandos não demonstraram antagonismo ao vídeo reproduzido.

Pouco tempo depois, André distribui quatro recortes do artigo separado para investigação de modo que cada licenciando tenha a oportunidade de ler um dos trechos e contribuir com a discussão no grande grupo.

Tempo	Interlocutor	Fala
07:29	Profº André	A gente trouxe seleções de um artigo, né? A gente trouxe quatro trechos do artigo, a gente gostaria que vocês lessem. Tem duas perguntas. Um, será que Sobral impactou o conhecimento científico, ou a população de Sobral?
08:07	Carlos	Se depender do vídeo a população nem aparecia [...]
08:12	Profº André	Eu acho que é um pouco isso. Que a gente pensa muito no eclipse de Sobral como tendo impacto na relatividade. Então primeiro, o eclipse de Sobral impactou Sobral?
08:25	[Várias Pessoas]	Sim.
08:26	Profº André	E depois, Sobral impactou o conhecimento científico?

Episódio 27: O professor apresenta as perguntas norteadoras da investigação na quarta atividade de História e Natureza da Ciência (17/11/2023)

O professor André (07:29) começa a encaminhar para a pergunta que deve nortear a leitura do artigo, questionando o papel da população de Sobral para a observação, no que Carlos (08:07) afirma que de acordo com o vídeo da FAPESP, poderia ser afastada toda a população de Sobral e a observação não seria afetada ou teria ganhos com isso. Nesse sentido, A fala destaca o **apagamento da participação de não-cientistas na construção do conhecimento científico**.

Em seguida, André (08:12) expõe a primeira pergunta “O eclipse de Sobral impactou Sobral?”, a qual é prontamente respondida com um “Sim” por vários licenciandos, para então André (08:26) direcionar a segunda pergunta “Sobral impactou o conhecimento científico?” que será o foco da maior parte desse encontro e da atual temática.

Uma das primeiras respostas vem de David, ao comentar sobre os trabalhadores locais que participaram dos preparos para a observação:

Tempo	Interlocutor	Fala
13:12	David	No começo ele fala sobre ter deixado a disposição pedreiros e tudo mais, né? E a gente nunca associa que pedreiros vão ter capacidade técnica pra conseguir ter um trabalho tão delicado a ponto de fazer medições, [...] pela falta de método da sociedade, os trabalhadores brasileiros que acabavam resolvendo todos os problemas, né? [...] os cientistas só preocupados em posar

Episódio 28: David fala sobre o papel dos pedreiros de Sobral na quarta atividade de História e Natureza da Ciência (17/11/2023)

David (13:12) dá destaque a um dos trechos do artigo que comenta sobre os pedreiros que estiveram à disposição dos cientistas para preparar o terreno e a estrutura local para montagem do equipamento que foi usada para a observação. Ele destaca como esse tipo de trabalho nunca é associado a pedreiros, sendo visto como algo preciso e delicado que deve ser feito por cientistas. Assim, a fala indica uma **oposição entre não-cientistas como agentes externos à Ciência, ou internos à Ciência.**

Ainda na mesma fala, David afirma que esse tipo de trabalho muitas vezes caía nas mãos dos pedreiros. Ele fez referência a algumas das fotos feitas do local de observação no dia em que aparecem os cientistas britânicos posando para a foto enquanto outros trabalhadores passam ao fundo.

Para complementar a fala de David, Carlos comenta sobre outros detalhes que estavam dentro do recorte em comum do artigo que ele e David compartilharam:

Tempo	Interlocutor	Fala
19:55	Carlos	Eu peguei a parte que o David pegou [...] Enfim, nessa parte mostra o reboiço que toda a cidade fez pra que o experimento pudesse acontecer...
20:06	Profº André	Conta um pouco aí desse reboiço
20:11	Carlos	Tem um texto que exemplifica também, que ele fala: “Quanto aos homens ignorantes das regiões selvagens, produz-se entre eles verdadeiro pânico. Pensam que as divindades infernaes vão destruir o deus bemfazejo do Sol, e procuram se opor a isto fazendo toda a espécie de ruído, como o rufar de tambores, o bater das latas e o clangor das trombetas. O homem verdadeiramente civilizado, porém não comete nenhum desses absurdos. Sabe ele que se trata de um fenômeno natural, obedecendo as leis eternas traçadas pela Providencia, e cujo conhecimento habita os homens da

		ciencia a prever com todas as minudencias, aquilo que parece ao vulgo...” [...] Só que ele exemplifica, porque isso foi uma folha de jornal que publicou, basicamente separando a população dos cientistas, mostra que eles publicaram isso aqui justamente para influenciar os habitantes para que eles não fizessem nenhum tipo de coisa para que pudesse atrapalhar os cientistas . E até no começo ele fala que uma das grandes preocupações das equipes é a forma como os espectadores não interessados na pratica científica, e sim pelo espetáculo proporcionado pelo fenômeno astronômico iam se portar durante o fenômeno, especialmente pelo fato de as estações de observação estarem localizadas no centro da cidade . Então eles tavam muito muito preocupados com a população.
--	--	--

Episódio 29: Carlos comenta sobre a colaboração da população de Sobral para a observação do eclipse na quarta atividade de História e Natureza da Ciência (17/11/2023)

O comentário de Carlos (19:55) foca na mobilização que foi necessária de toda a cidade em certo grau para que ocorresse o experimento da forma mais desejada. Isso se deve, Carlos (20:11) compartilha, por conta da sensibilidade dos instrumentos que se encontravam na estação de observação, que ficava no centro da cidade. Para que não houvesse nenhum tumulto proporcionado por pessoas interessadas em assistir o eclipse o jornal local publicou uma matéria advertindo e instruindo todos a se comportar como “O homem verdadeiramente civilizado” e não como um dos “homens ignorantes das regiões selvagens”. Dessa forma, é possível apontar a **contribuição indireta de não-cientistas para o empreendimento científico**.

Sobre a participação local, André pergunta quem foram os contribuintes na realização da observação:

Tempo	Interlocutor	Fala
21:57	Profº André	E quem contribuiu? Ele chega a falar nesse texto?
22:01	Carlos	Fala aqui, toda a população contribuiu.
22:04	Profº André	Tem a participação de um astrônomo...
22:07	Carlos	A, sim sim, ta ta ta. O Henrique Morize, que ele falou com a população o que que era, pra que não acontecesse erros [...] e a população contribuiu. Só que o problema é que no final ele fala que não teve nenhuma menção à importancia da colaboração da população de Sobral .
22:36	Julio	É, e nesse texto aparece a mesma coisa. Tem as cartas que

		eles fazem [...] “A, o governo brasileiro foi muito solícito”, nunca foi “A, o governo brasileiro fez parte daquilo”. [...] Tem a questão de Guiné e Príncipe, que eles não conseguiram revelar boa parte das fotos e daí aqui só conseguiram revelar por conta da comunidade local, que conseguiu aqueles potes de barro pra esfriar a água, porque Sobral é muito quente, tinha que revelar a vinte graus, como é que vai deixar a água...
23:07	Profº André	Tecnologia local.
23:08	Julio	Exatamente, por isso que eu falei [...] acho que Sobral contribuiu muito, porque não tem como, se não fosse pela comunidade local deles...

Episódio 30: Julio comenta sobre o uso de tecnologias locais para a observação do eclipse em Sobral na quarta atividade de História e Natureza da Ciência (17/11/2023)

Carlos (22:01) inicialmente faz alusão à população geral por conta do papel da redução das atividades próximas ao ponto de observação para não atrapalhar os resultados. Após a orientação do professor André (22:04), Carlos (22:07) fala sobre contribuições mais diretas para a observação, como foi o caso de Henrique Morize (1860 - 1930) que, entre outras coisas, informou a população local juntamente com os jornais para que não acontecesse nenhuma atividade que poderia atrapalhar a observação, o que foi atendido pela população. Carlos ainda comenta como não houve menção a essa colaboração da população local pelos cientistas, o que indica o **apagamento da participação de não-cientistas na construção do conhecimento científico**. Júlio (22:36) também comenta o papel do governo brasileiro em auxiliar na organização do empreendimento, recebendo pouco crédito por isso na opinião dele.

Na mesma fala, Júlio destaca outra contribuição muito importante da comunidade local, que foi o uso de potes de barro para revelar as fotos tiradas. Como as fotos precisavam ser reveladas em temperaturas amenas (vinte graus), eles possivelmente não conseguiriam ter as fotos sem o uso dessa tecnologia local, como posto por André (23:07), e poderiam ter problemas similares com os que aconteceram em Guiné e Príncipe, onde não foi possível revelar fotos de boa qualidade. Tal caso possibilita destacar a **oposição entre não-cientistas como agentes externos à Ciência, ou internos à Ciência**.

Logo em seguida, Carlos volta a destacar a importância da colaboração de toda a população na não interferência sobre a observação:

Tempo	Interlocutor	Fala
23:19	Carlos	Não só isso, né? O fato dos coisa não ter interferido. Eu sei que a população que é leiga, mas eles querem ver o eclipse. Como que tu vai conseguir controlar a população pra que não aconteça nenhum problema? Não foi os cientistas que foram lá e conseguiram controlar, foi a população que colaborou
23:39	Ligia	O texto que eu peguei fala disso, fala dos esforços dos pedreiros, dos carpinteiros e outros trabalhadores locais pra organizar instalação e proteção dos instrumentos de observação.
23:52	Profº André	Eu vejo diferença nessas duas falas, eu acho que essas duas falas chegam até a ser antagônicas. E essa aí que você [Carlos] comentou, eu sinto até meio problemática. Porque induz assim “Sobral é muito bom para observação mas a gente precisa tirar a população de lá”

Episódio 31: O professor destaque a oposição entre duas ideias do papel da população de Sobral na observação do eclipse na quarta atividade de História e Natureza da Ciência (17/11/2023)

Carlos (23:19) destaca que é natural que a população queira acompanhar o eclipse, e que é necessário um esforço ativo para que a população observando o fenômeno natural não atrapalhe a sensível observação científica. Essa fala aponta para a **contribuição indireta de não-cientistas para o empreendimento científico**. Com isso, Ligia (23:39) conecta a fala com a sua parte do artigo, que destaca o papel dos pedreiros, carpinteiros e outros trabalhadores para a instalação dos instrumentos e sua proteção contra as intempéries locais. A fala de Ligia, em contrapartida à de Carlos, permite apontar para não-cientistas participando diretamente da produção de conhecimento.

Ouvindo essas falas, o professor André (23:52) reforça que tais falas são mais do que distintas, elas são antagônicas, pois enquanto a fala de Ligia aponta os trabalhadores de Sobral como participantes da construção do conhecimento científico, a fala de Carlos descreve a população de Sobral como um problema a ser solucionado para a realização da observação, algo que precisa ser tirado do caminho da Ciência. Assim, a comparação entre as duas falas promovida pelo professor permite inferir uma **oposição entre não-cientistas como agentes externos à Ciência, ou internos à Ciência**.

Mais à frente, a discussão se volta para quem são dados os créditos sobre o empreendimento científico:

Tempo	Interlocutor	Fala
29:23	Ligia	Eu tenho a sensação pelo texto que eu li de que no Brasil eles tiveram muito mérito...
29:36	Profº André	Eles quem?
29:38	Ligia	O povo de Sobral
29:39	Profº André	A gente reconhece isso? [Ligia faz aspas com as mãos] A gente reconheceu isso antes do texto?
29:46	Ligia	Não... Justamente, o que o texto passa é que tinha muita importância dos trabalhadores locais, o Morize, pesquisador brasileiro que foi pra lá organizar tudo, quem deu hospedagem etc etc. Mas o texto também passa essa sensação de que pros britânicos que tavam vindo eles tavam tratando o povo... [...] inferior. Sei lá, talvez um respeito maior pelo Morize que tava liderando, mas talvez a equipe. A gente tem os nomes da equipe brasileira que foi enviada pra Sobral, mas não tem nenhum nome... Tem um nome de um carpinteiro, que não é de Sobral, ele foi pra lá. O nome de um mecânico que foi pra Sobral também, não é de lá. Os trabalhadores locais tanto faz, tanto fez...
30:51	Profº André	Interessante que o vídeo, né? Tá dentro de uma reportagem da revista fapesp, uma das revistas mais conceituadas científicas brasileiras de divulgação de trabalhos científicos no Brasil. E no vídeo, quem participa da observação? Só os ingleses.

Episódio 32: Ligia e o professor apontam o apagamento da população de Sobral da História da Ciência na quarta atividade de História e Natureza da Ciência (17/11/2023)

Ligia (29:23) afirma que embora fora do Brasil esses trabalhadores possam não ter recebido seu reconhecimento, dentro do Brasil eles o receberam. Ao que André (29:39) faz o questionamento de se nós, brasileiros, damos esse reconhecimento, reforçando a questão perguntando se o grupo teve esse reconhecimento antes de ler o artigo. Ao que Ligia (29:46) responde que não, destacando que o artigo parece indicar que havia uma certa hierarquia entre os cientistas e os trabalhadores. Assim, a fala destaca o **apagamento da participação de não-cientistas na construção do conhecimento científico**.

Ao que tudo indica, os ingleses viam os outros trabalhadores como inferiores, tendo respeito apenas pelo Henrique Morize. A falta de reconhecimento foi tanta que, com exceção de alguns trabalhadores vindos do Rio de Janeiro, os autores do artigo não conseguiram encontrar os nomes deles.

André (30:51) ainda destaca que o vídeo assistido no começo do encontro foi produzido por uma reportagem da revista de pesquisa FAPESP, uma das revistas de pesquisa melhores conceituadas do Brasil, e mesmo assim o vídeo retratava somente os ingleses. Dessa forma, a fala do professor reforça o destaque dado ao **apagamento da participação de não-cientistas na construção do conhecimento científico**.

Por fim, Ligia destaca mais um trecho do artigo:

Tempo	Interlocutor	Fala
39:00	Ligia	O relatório do outro britânico, não tenho certeza “Foi considerado indesejável ir até lá antes de ouvirmos do Dr. Morize as providências tomadas, por isso informamos nossa chegada a ele por telegrama e decidimos aguardar sua resposta” “Esse relato parece mostrar confiança, e uma certa dependência, no trabalho desenvolvido pelo diretor Observatório Nacional” . Eu acho que isso é muito importante destacar. Não é só que foi muito importante a contribuição da população local, é que não ia acontecer sem isso.
39:41	Profº André	Podia não ter boas fotos.
39:44	Ligia	É, exato.

Episódio 33: Ligia destaca como a observação do eclipse em Sobral dependeu da população local na quarta atividade de História e Natureza da Ciência (17/11/2023)

Como comentado por Ligia (39:00), o artigo fala sobre o tempo que os cientistas ingleses passaram no Brasil antes de irem para Sobral e era visto como inoportuno chegar em Sobral antes do equipamento estar todo preparado, o que indicaria uma certa dependência dos ingleses com o Henrique Morize e o Observatório Nacional e que, sem a colaboração deles ou da população local talvez não teriam conseguido tirar as fotos, como destacado por André (39:41). As falas destacam com grande ênfase a **oposição entre não-cientistas como agentes externos à Ciência, ou internos à Ciência**.

No começo do quarto encontro da formação, os licenciandos assistiram um vídeo produzido pela FAPESP sobre o Eclipse de Sobral, o que serviu de base para a problematização do encontro feita pelo professor André (08:12 e 08:26) e foi constatado pelos licenciandos nos episódios 26 e 27 como o vídeo omite completamente a população de Sobral do evento. Nos episódios 28 e 30 os

licenciandos destacam a importância dos trabalhadores locais e seus conhecimentos, questões pouco enfatizadas no uso didático da História da Ciência, dando preferência em ressaltar Grandes Gênios da Ciência. Outro ponto destacado nos episódios 29 e 31 foi a colaboração da população em garantir que os espaços públicos precisos para observação estivessem o mais silenciosos possível. Ainda no episódio 31 o professor André destacou a diferença entre essas duas ações, mesmo que as duas tenham sido importantes para a observação do eclipse, a atuação de pedreiros, carpinteiros e outros trabalhadores que utilizassem a tecnologia local os colocam como agentes internos à Ciência, enquanto o silêncio da população na observação é uma posição externa à produção do conhecimento científico. Por fim, o episódio 33 destaca como a atuação direta de cientistas e não-cientistas brasileiros foi essencial para que a observação do eclipse ocorresse de forma bem sucedida como ocorreu.

A temática não se estendeu nesse dia para além disso, tendo oportunizado o debate sobre as diferentes formas de contribuição científica, direta ou indireta, que pessoas de diferentes setores da sociedade podem engajar, bem como a invisibilização de alguns desses setores dentro da própria Ciência.

Foi possível observar uma movimentação por parte dos licenciandos, que começaram o quarto encontro sem ver problemas na representação trazida pelo vídeo e que ao longo do encontro debateram as diferentes contribuições essenciais que eles tiveram para garantir a geração de boas imagens fotográficas. Da mesma forma, foi possível desenvolver com os pibidianos como a imagem de Grandes Gênios da Ciência, a exemplo da representação dos astrônomos ingleses que participaram da expedição para Sobral, se sustenta pelo apagamento e inferiorização de outros participantes da produção de conhecimento.

O **quinto encontro** foi um fechamento da sequência, que enfatiza como um todo aspectos de História e Natureza da Ciência. Nesse momento, os pibidianos tinham que pensar em uma temática que achassem interessante para o Ensino Básico e que tivesse relação com História da Ciência ou NdC e pensar em uma pergunta de investigação escolar, que pudesse iniciar essa discussão entre seus alunos. A temática de gênios da ciência se fez presente na proposta elaborada pelos estudantes Carlos e Julio:

Tempo	Interlocutor	Fala
1:14:12	Julio	A gente pensou em usar história da ciência pra desmistificar essa questão dos grandes gênios, né? Talvez mostrar o contexto histórico e a linha do tempo, o que foi acontecendo pra mostrar “Ah, o Newton chegou nisso mas a partir de Kepler, Galileu...” [...] hoje o fessor mostrou pra gente [...] É muito legal, cara. O quanto ele invocava grandes caras que foram lá de duzentos anos atrás pra mostrar uma coisa atual assim, sabe? Então eu quando entrei na universidade eu tinha muito uma visão do Newton assim, sabe? Eu não tinha muito essa visão de ele “Ah, ele viu uma maçã lá e caiu na cabeça dele”, não tinha essa ideia, mas também pensava que “pô, o cara ficou isolado lá e fez tudo sozinho e tal” e agora [...] Não pô, muita coisa foi só ele foi pegando as peças e montando ali e saiu. Claro que tem muito mérito dele.

Episódio 34: Julio apresenta a proposta dele e de Carlos para trabalhar História da Ciência em sala de aula na quinta atividade de História e Natureza da Ciência (08/12/2023)

Julio e Carlos não conseguiram elaborar uma pergunta de investigação para ser apresentada, isso indica uma possível dificuldade por parte deles em estruturar uma atividade investigativa. Mesmo assim, vemos na proposta compartilhada por Julio (1:14:12) uma disposição a desenvolver questões de História da Ciência e NdC que indicam a necessidade de fazer um **contraponto ao mito da genialidade do cientista**, apresentando diferentes cientistas que contribuíram para uma mesma teoria que foi sendo montada ao longo do tempo, assim também demonstrando uma aproximação da concepção de **Ciência como empreendimento humano e coletivo**. Ele também comenta como esse processo de desmistificação foi algo necessário para ele, e que só ocorreu ao ingressar no Ensino Superior. Nesse sentido, pode se dizer que Julio e Carlos alcançaram um resultado parcial na atividade proposta.

Após as discussões do primeiro e segundo encontro, a atenção sobre a forma que a mídia e os cientistas moldam essa figura do grande gênio volta a emergir no **quinto encontro**, em que é feito um fechamento da sequência de formação direcionada para História e Natureza da Ciência. Nesse encontro os pibidianos deviam pensar em uma temática relacionada à História ou Natureza da Ciência que seja interessante para se trabalhar na Educação Básica em uma atividade investigativa e também deveriam formular uma pergunta norteadora para iniciar a investigação:

Tempo	Interlocutor	Fala
1:23:34	Amanda	Ta, a gente pensou em dois tópicos. A gente pensou nos grandes gênios, e aí a pergunta que a gente bolou foi “Quando foi que caiu a maçã na cabeça do Newton?” que aí a gente iria contextualizar, né? Essa ideia de que “O Newton, caiu uma maçã, aí ele descobriu a gravidade” né? Essa é a história contada, e aí isso a gente até viu na aula de mecânica clássica dessa semana. E aí eu pensei também, é que não tem muito assim recurso assim que eu consiga pensar sem ser uma aula mais conversada, de repente trazer algumas histórias que são contadas, né? Porque essa história vai modificando, né? Em alguns veículos é dados de um jeito, de outros de outro, então acho que seria mais assim.

Episódio 35: Amanda apresenta a proposta dela para trabalhar História da Ciência em sala de aula na quinta atividade de História e Natureza da Ciência (08/12/2023)

Ao apresentar sua temática, Amanda (1:23:34) propõe trabalhar um dos principais mitos e histórias de gênio cientista, que é Isaac Newton (1643 - 1727) e a história da maçã que cai em sua cabeça e o leva a “descobrir” a lei da gravitação universal. A proposta de Amanda ainda propõe discutir com seus alunos como diferentes narrativas se formam e comparar como essa história é apresentada em diferentes veículos, de forma similar ao que ocorreu no encontro 15 dessa formação. A apresentação de Amanda indica uma **proposta de pergunta de investigação com base na problematização dos estereótipos da ciência**, tópico de grande relevância para a formação.

Quadro 11: Categorias emergentes da temática 2 da análise

	Encontros em que foram observados
1. Ciência como empreendimento humano coletivo	1º
2. Contraponto ao mito da genialidade do cientista	1º
3. Prevalência do ensino de ideias científicas prontas em detrimento do ensino da História e dos processos científicos	2º
4. Ciência como um empreendimento permeado pela subjetividade humana	2º
5. Cientistas sendo representados como Grandes Gênios pela mídia.	2º
6. Representação de Grandes Gênios atraindo estudantes	2º

para o curso de Física.	
7. Representação de Grandes Gênios influenciando quais sujeitos podem ser cientistas.	2º
8. Representação plural da Ciência atraindo os estudantes.	2º
9. Espaço físico educacional propagando estereótipos de cientistas.	2º
10. Ensino por investigação aproximando licenciados de Física de representações plurais da Ciência.	2º
11. Apagamento da participação de não-cientistas na construção do conhecimento científico	4º
12. Oposição entre não-cientistas como agentes externos à Ciência, ou internos à Ciência.	4º
13. Contribuição indireta de não-cientistas para o empreendimento científico.	4º
14. Proposta de pergunta de investigação feita por licenciandos com base na problematização dos estereótipos da ciência.	5º

5.3 SÍNTESE DA ANÁLISE DAS TEMÁTICAS

A partir da análise dos episódios realizada no tópico anterior foi possível delinear as características emergentes de NdC da formação desenvolvida. Como apresentado no Quadro 1 (p. 29) do aporte teórico, Allchin (2013) traz um inventário parcial de características relacionadas à confiabilidade da Ciência Integral. Com a finalidade de nos auxiliar na compreensão das interrelações entre as categorias emergentes de nossa análise, organizamos essas categorias nas seguintes dimensões propostas por Allchin (2013):

- 1) Observação e Medida
- 2) Experimento
- 3) Instrumentos
- 4) Padrão de Raciocínio
- 5) Dimensão Histórica
- 6) Dimensão Humana

- 7) Instituições
- 8) Vieses
- 9) Economia/Financiamento
- 10) Comunicação

Nesse sentido, em uma atividade pautada na Ciência Integral, é esperado que nem todas as dimensões se manifestem. Quais dimensões se manifestam depende do caso autêntico escolhido e do desenvolvimento da atividade. O quadro a seguir sintetiza a organização das categorias emergentes dentro das dimensões em que se manifestaram:

Quadro 12: Relação entre as Dimensões de Confiabilidade propostas por Allchin (2013) e as categorias emergentes do atual trabalho

Dimensões de confiabilidade na Ciência	Categoria emergente da atividade de ensino	Episódio
Dimensão Histórica	1.1. Tensionamento entre profundidade e diversidade de cientistas nos livros didáticos	1
	1.7. Marginalização da História da Ciência no livro didático	8
	2.1. Ciência como empreendimento humano coletivo	13; 34
	2.14. Proposta de pergunta de investigação feita por licenciandos com base na problematização dos estereótipos da ciência	35
Dimensão Humana	1.3. Livro didático formando o estereótipo de Grande Gênio nos estudantes	3
	2.2. Contraponto ao mito da genialidade do cientista	13; 18; 34
	2.4. Ciência como um empreendimento permeado pela subjetividade humana	17
	2.6. Representação de Grandes Gênios atraindo estudantes para o curso de Física	21
	2.8. Maior representação de mulheres da Ciência sendo de interesse dos estudantes	23
	2.10. Ensino por investigação aproximando licenciandos de Física da presença de mulheres na Ciência	25

Vieses	1.4. Estereótipos de gênero sendo propagados no ambiente educacional por meio de livros didáticos	5
	1.5. Apagamento das mulheres que contribuíram para o processo de construção do conhecimento científico	7
	1.9. Livro didático generalizando a atuação do continente africano na produção de conhecimento científico	9
	1.10. Livro didático reforçando estereótipos raciais e de classe do Nordeste	10; 11; 12
	2.7. Representação de Grandes Gênios influenciando quais sujeitos podem ser cientistas	22; 23
	2.11. Apagamento da participação de não-cientistas na construção do conhecimento científico	27; 30; 32
	2.12. Oposição entre não-cientistas como agentes externos à Ciência, ou internos à Ciência	28; 30; 31; 33
Instituições	1.2. Papel do professor no uso do livro didático, aprofundando discussões e trazendo mais atores da ciência	2
	1.8. Livro didático como argumento de autoridade no âmbito do conhecimento científico escolar	8
	2.3. Prevalência do ensino de ideias científicas prontas em detrimento do ensino da História e dos processos científicos	14; 17
Comunicação	1.6. Livro didático reproduzindo a representação de Ciência da mídia	8; 9
	2.5. Cientistas sendo representados como Grandes Gênios pela mídia	20
	2.9. Espaço físico educacional propagando estereótipos de cientistas	24
	2.13. Contribuição indireta de não-cientistas para o empreendimento científico	29; 31

De início, ao nos remetermos às categorias epistêmicas de Allchin (2011, 2013), nosso direcionamento da análise não envolveu a categoria epistêmica observacional, o que justifica a ausência das dimensões de (1) *Observação e Medida*; (2) *Experimento*; e (3) *Instrumentos*. Essa categoria epistêmica foi tratada mais especificamente no terceiro encontro (conferir Quadro 8, p. 76), porém, em decorrência do recorte focado na temática dos Grandes Gênios a análise foi

delimitada a partir de episódios do segundo e quarto encontro, bem como dos episódios a eles relacionados presentes no primeiro e no quinto encontro.

Assim, a análise é direcionada às interrelações entre essas dimensões propostas por Allchin a partir do que foi efetivamente desenvolvido na formação de História e Natureza da Ciência, tendo neste trabalho o foco nas categorias epistêmicas conceitual e sociocultural, às quais envolvem as cinco dimensões presentes no Quadro 12, bem como as dimensões de *Padrão de Raciocínio* e *Economia/Financiamento*, que não se manifestaram nas atividades analisadas. Pretende-se desenvolver a análise envolvendo a dimensão observacional em trabalho futuro.

Nesse sentido, a adoção do ciclo investigativo com foco dedutivo (Figura 2, p. 48) para estruturar a atividade pode ter auxiliado no desenvolvimento das dimensões das categorias conceitual e sociocultural da Ciência, por se tratar de uma estrutura que permite o levantamento de diferentes questionamentos antes e após a exploração do material investigado, assim levando a uma grande afinidade com a discussão sobre textos históricos e historiográficos, bem como o contexto social e científico que os cercam, a partir da reflexão dos estudantes. Cabe a trabalhos futuros o desenvolvimento de atividades com ciclo investigativo com foco indutivo e atividades experimentais para comparar os diferentes desenvolvimentos de dimensões observacionais, conceituais e socioculturais da confiabilidade da Ciência.

A intenção ao utilizar um inventário de dimensões de confiabilidade da Ciência ao invés de uma lista consensual é a de centrar o ensino da NdC na investigação de um dado caso histórico ou contemporâneo, dessa forma levando a um ensino mais profundo e contextualizado. Por essa razão, as dimensões de confiabilidade são centradas em pontos que devem ser analisados dentro de um processo investigativo que almeja determinar a confiabilidade de uma dada informação. Tais pontos podem se referir às práticas científicas que buscam avaliar e justificar uma dada informação, ou seja, torná-la confiável, assim como podem se referir a vieses e incertezas que podem levantar questionamentos sobre tal confiabilidade (Allchin, 2011).

É esperado que as categorias emergentes da formação reflitam as dimensões apontadas por Allchin (2011, 2013) como importantes para um estudo de caso em sala de aula, bem como de informações científicas de modo geral. Tais dimensões são detalhadas a seguir:

A **Dimensão Histórica** na Natureza da Ciência se refere para Allchin a questões como a conciliação com evidências estabelecidas; o papel da analogia e do pensamento interdisciplinar; mudança conceitual; erros e incertezas; e o papel da imaginação e da síntese criativa.

Assim, a dimensão pode ser sintetizada em questões que tratam sobre a construção conceitual do conhecimento científico ao longo de grandes períodos de tempo, o que envolve a compreensão das contribuições individuais de vários cientistas, como elas se relacionam, bem como o equilíbrio entre a mudança do consenso científico com a atenção a teorias previamente estabelecidas.

A primeira categoria a se aproximar dessa dimensão histórica é o ***tensionamento entre profundidade e diversidade de cientistas nos livros didáticos***, que logo no episódio 1 aponta a percepção de que os livros didáticos falham em conseguir simultaneamente apresentar diversos cientistas e detalhar qual a contribuição desses cientistas, o que pode (i), no primeiro caso, dar uma forma impessoal e desumanizada à Ciência e (ii), no segundo caso, centralizar a Ciência em uma única figura desconsiderando o aspecto coletivo do empreendimento científico. De forma similar, foi destacado pelos licenciandos a ***marginalização da História da Ciência no livro didático***, se referindo ao isolamento da História da Ciência em partes dos livros que são menos lidas pelos estudantes do ensino básico e menos utilizadas em sala de aula.

Ainda dentro da dimensão histórica, é destacada a ***Ciência como empreendimento humano coletivo*** e a importância de não centralizar os créditos de uma dada teoria em um único cientista. A Ciência se constrói a partir da colaboração de vários cientistas, sendo importante ressaltar que mesmo que algumas figuras ganhem maior notoriedade e tenham grande influência sobre a forma que uma dada teoria vai ter, esse cientista não será o único a influenciar nessa formulação, pois irá partir de uma base comum, que foi formulada por cientistas anteriores a ele.

Tais questões mostraram grande impacto no quinto encontro com uma ***proposta de pergunta de investigação feita por licenciandos com base na problematização dos estereótipos da ciência***. Durante a atividade de fechamento da formação, um dos grupos propôs a pergunta problema “*Quando foi que caiu a maçã na cabeça do Newton?*” para ser levantada no ensino básico com o objetivo de

refletir como algumas lendas são perpetuadas na História da Ciência e como essas narrativas moldam o nosso entendimento sobre a formação do conhecimento científico.

A **Dimensão Humana** da NdC se refere para Allchin ao espectro de diferentes personalidades humanas na Ciência, bem como ao espectro de motivações para se fazer Ciência. Em outras palavras, essa dimensão trata das características particulares de cada cientista e o que significa para a Ciência ela ser um empreendimento humano, permeada por suas subjetividades. Da mesma forma, tal dimensão carrega questões centrais sobre a discussão dos Grandes Gênios da Ciência, por tal imagem ser um inflacionamento dessa dimensão em detrimento de outras dimensões.

A categoria ***livro didático formando o estereótipo de Grande Gênio nos estudantes*** reflete tais pontos, ao destacar como os livros didáticos, ao simplificar a História da Ciência, a individualizam e centram o processo de desenvolvimento científico em momentos pontuais proporcionados por Grandes Gênios da Ciência.

A representação anterior se depara com um ***contraponto ao mito da genialidade do cientista*** trazido pelos licenciandos. Eles se opõem à ideia de a Ciência estar centrada em uma única pessoa e se preocupam com o impacto que tal imagem pode ter sobre os estudantes do Ensino Básico, que podem se sentir intimidados pela Ciência caso pensem que seja necessário ser um gênio para compreendê-la.

Na outra ponta do espectro, o foco na ***Ciência como um empreendimento permeado pela subjetividade humana*** é uma questão que se manifesta quando os pibadianos criticam representações de Ciência que minimizam muito a contribuição particular de cada cientista. A categoria também pode se referir a críticas ao empírico-indutivismo, destacando que a Ciência não é uma mera documentação da Natureza, mas sim um processo ativo do ser humano em dar sentido a algo a partir do que é conhecido e elaborado por ele, com base em evidências.

Um fator importante sobre os aspectos humanos do fazer científico é aquilo que leva alguém a pesquisar. Nesse sentido, foi observado a ***representação de Grandes Gênios atraindo estudantes para o curso de Física***, o que pode indicar uma das razões para que essas distorções da História e da Natureza da Ciência se manifestem na mídia, nos livros didáticos, em sala de aula e no próprio ambiente de

pesquisa. É relatado por alguns dos licenciandos que a representação do Grande Gênio da Ciência teve um efeito inspirador sobre eles.

Porém, tal inspiração necessita de algum grau de pertencimento, o que leva a uma **maior representação de mulheres da Ciência sendo de interesse dos estudantes**. O trabalho em sala de aula com estudos de casos autênticos com a História da Ciência pode ser um caminho viável para trazer essa representação. Também foi observado o **ensino por investigação aproximando licenciandos de Física da presença de mulheres na Ciência**. Isso pode ter ocorrido devido ao fato de o EnCI proporcionar um ambiente aberto para discussão sobre vários aspectos da produção do conhecimento científico e sua História. Nesse sentido, tal ambiente aberto permite que o estudante assuma o papel de refletir e interpretar sobre diferentes temas que podem surgir das provocações do professor, mas, especialmente nesse caso, que também podem surgir do questionamento dos outros estudantes, assim levando a discussões e reflexões mais plurais.

A **Dimensão dos Vieses** para a NdC de Allchin se refere ao papel das crenças culturais, o que inclui ideologias, religião, nacionalismo e outras influências; o papel do viés de gênero; e o viés de classe e raça. Em suma, essa dimensão contempla as questões ideológicas dos cientistas, bem como os preconceitos e dogmas que o cercam e o contexto da produção do conhecimento científico.

A categoria **estereótipos de gênero sendo propagados no ambiente educacional por meio de livros didáticos** exemplifica os vieses de gênero presentes no meio científico e escolar. Tais vieses não só podem comprometer a confiabilidade no conhecimento científico, como agravar a desigualdade de gênero, o que se mostra presente na categoria **representação de Grandes Gênios influenciando quais sujeitos podem ser cientistas**, ao tratar sobre como a imagem do Grande Gênio da Ciência cria um tipo de sujeito, nesse caso masculino, que aliena as mulheres da Ciência.

Dentro dessa mesma esfera, a categoria **apagamento das mulheres que contribuíram para o processo de construção do conhecimento científico** vem da criação desse sujeito ideal do Grande Gênio da Ciência, que necessita focar em figuras de grande prestígio e influência, o que leva à exclusão da representação de figuras marginalizadas dentro da sociedade.

Nesse sentido, a categoria **livro didático generalizando a atuação do continente africano na produção de conhecimento científico** aponta como estereótipos raciais e geográficos podem chegar ao ambiente educacional por intermédio dos livros didáticos. Nesse caso, foi observada no livro didático a ausência dos detalhes sobre os sujeitos envolvidos no empreendimento científico, das etapas que levaram ao resultado indesejado da observação do eclipse e até mesmo das nações que estiveram envolvidas. Além disso, essa categoria se mostra relevante tanto pela distorção histórica observada, como pelo fato do currículo brasileiro exigir o ensino de História Afrobrasileira (Brasil, 2003).

Tais questões persistem com a categoria **livro didático reforçando estereótipos raciais e de classe do Nordeste**, ao se referir à representação de população leiga e supersticiosa que o livro didático impõe sobre a população de Sobral (CE), supersticiosa que entraria em pânico ao observar o fenômeno astronômico do eclipse. Essa representação além de equivocada, como é evidenciado pelos licenciados ao explorarem o artigo historiográfico, é agravada por vir inserida em um recorte do livro dedicado a um caso da História da Ciência do começo do século XX, momento de ascensão do discurso eugênico de determinismo geográfico sobre o Nordeste, bem como a disseminação de uma visão da região como associada ao fanatismo religioso (Mendes, 2021).

A categoria **apagamento da participação de não-cientistas na construção do conhecimento científico** trata, de forma similar, sobre o viés de classe que ocorre ao excluir da História da Ciência trabalhadores que tradicionalmente não são vistos como detentores de conhecimento erudito ou tecnológico, como é o caso de pedreiros e carpinteiros. Apesar de tais sujeitos não se encaixarem no ideal do Grande Gênio da Ciência, suas contribuições são parte de grande relevância da Natureza da Ciência e devem ser consideradas em um estudo de caso autêntico. Esse apagamento da população é agravado por ocorrer mesmo em um vídeo produzido com o apoio de uma fundação de amparo à pesquisa brasileira, a FAPESP.

A categoria **oposição entre não-cientistas como agentes externos à Ciência, ou internos à Ciência** aponta outra questão de conflito de interesses que pode ocorrer no meio científico ou na sua representação. A assimilação ou não de certos grupos como participantes ativos do desenvolvimento do conhecimento científico tem um papel direto em estabelecer o prestígio desses grupos, bem como

pode influenciar questões de direito, patentes e autoria. Dessa forma, a exclusão de não-cientistas da História da Ciência pode ser interpretada como uma extensão do mito do Grande Gênio da Ciência, que carrega consigo todos os créditos pelo desenvolvimento de uma teoria científica.

A **Dimensão das Instituições** se refere para Allchin à colaboração ou competição entre cientistas; formas de persuasão; credibilidade; revisão por pares; os limites das perspectivas teóricas alternativas e das críticas; resolução de discordâncias; e liberdade acadêmica no âmbito dos aspectos que constituem a NdC.

Tal dimensão é nomeada em Allchin (2011) como “Interações sociais entre cientistas”, mas, em Allchin (2013), o autor se refere a ela como a dimensão “Institucional”. Neste trabalho, agregamos as duas nomenclaturas para melhor definir a dimensão que se refere ao papel de instituições de pesquisa e a colaboração entre elas, bem como o papel de órgãos governamentais e não-governamentais no desenvolvimento do conhecimento científico, incluindo o estabelecimento de normas de conduta sobre a validação do conhecimento científico.

A categoria ***papel do professor no uso do livro didático, aprofundando discussões e trazendo mais atores da ciência*** se relaciona com tal dimensão na medida em que ressalta o papel do professor em difundir entre os estudantes da Educação Básica as redes de colaboração existentes entre cientistas para a produção do conhecimento científico. Em certa medida, a categoria também ressalta a dificuldade dos livros didáticos em desenvolver essa dimensão, o que a aproxima da categoria ***prevalência do ensino de ideias científicas prontas em detrimento do ensino da História e dos processos científicos***, que destaca a tendência das instituições de ensino em seguir um currículo focado nos produtos da Ciência, como leis, teorias e conceitos, ao invés de falar também sobre as práticas científicas e o desenvolvimento histórico da Ciência.

Além disso, a categoria ***livro didático como argumento de autoridade no âmbito do conhecimento científico escolar*** apresenta como diferentes formas de persuasão e convencimento que fazem parte da NdC podem ocorrer de forma similar na esfera educacional. Importante ressaltar que as interações discursivas, no ambiente escolar, não são diretamente equivalentes às que ocorrem no meio

científico e podem ser problematizadas por intermédio do EnCI e de outras abordagens que também utilizem variados padrões de interação discursiva (Mortimer; Scott, 2002).

A **Dimensão da Comunicação** da NdC se refere para Allchin às normas de manipulação de dados científicos; à natureza dos gráficos; à credibilidade de periódicos científicos diversos e de jornais de notícia; à fraude e outras formas de má conduta; e à responsabilidade social dos cientistas. Podemos, então, sintetizar essa dimensão como aquela que trata sobre as diferentes formas pelas quais o conhecimento científico pode ser transmitido dentro e fora do meio científico, assim como as distorções que o conhecimento pode sofrer nesse processo.

A categoria ***livro didático reproduzindo a representação de Ciência da mídia*** indica uma influência dos meios de comunicação sobre o ambiente educacional, o que pode criar problemas para o processo de ensino-aprendizagem caso o conteúdo jornalístico não tenha passado por um processo de curadoria científica ou caso o material não tenha sido adequado para a sala de aula. Tais problemas são enfatizados na categoria ***cientistas sendo representados como Grandes Gênios pela mídia***, que destaca a tendência sensacionalista de vários meios de comunicação ao representar a Ciência ou os cientistas.

Certos conflitos de interesse se manifestam na categoria ***espaço físico educacional propagando estereótipos de cientistas***, que mostram como instituições científicas e seus integrantes podem propagar visões distorcidas da Ciência, como o estereótipo de Grandes Gênios, o que lhes confere maior prestígio dentro da sociedade. Essa mesma categoria também ressalta o papel da arquitetura de um espaço educacional e como ela pode transmitir certas mensagens que vão se integrar ao processo de aprendizagem.

Por fim, a categoria ***contribuição indireta de não-cientistas para o empreendimento científico*** destaca a importância da divulgação científica e da valorização da Ciência por parte da população geral. Tal contribuição, embora não atue diretamente na produção do conhecimento, se mostra necessária para que a Ciência tenha prestígio e apoio da população de modo que as práticas científicas, especialmente aquelas que ocorrem fora de um laboratório fechado, se desenvolvam sem grandes intervenções.

Tais categorias auxiliaram a alcançar os objetivos dessa pesquisa, ao remeterem às dimensões Histórica, Humana, de Vieses, das Instituições e da Comunicação da NdC, indicando como diferentes características do conhecimento científico e escolar podem se manifestar de forma dialógica em uma atividade investigativa baseado na Ciência Integral. Considerando ainda o papel que a indagação dos professores, bem como a interação entre os licenciandos, teve ao longo dos episódios para a mobilização desses aspectos da NdC, é possível estabelecer uma relação entre a reflexão e comunicação no EnCI com a sua capacidade de desenvolver aspectos da NdC.

Dessa forma, o Quadro 12 possui um papel analítico que pode auxiliar diferentes pesquisas que conciliam a NdC e o EnCI. Tais pesquisas podem assumir seis graus de aproximação entre os dois conceitos, sendo os quatro primeiros aqueles que dão maior ênfase a essa relação, como indicado no Quadro 05 (p. 69), e assim podem se aproveitar do Quadro 12 enquanto ferramenta analítica:

Os estudos que assumem que desenvolver a NdC é o objetivo do EnCI (grau 2) podem avaliar o desempenho da atividade a partir da frequência ou diversidade de dimensões de confiabilidade da Ciência que se manifestaram. Aqueles estudos que busquem examinar o papel da NdC em atingir um objetivo maior do EnCI (grau 3) podem investigar de que forma ocorrem essas etapas ao longo da atividade. De modo similar, aqueles que estabelecem uma relação entre o desenvolvimento da NdC e uma característica específica do EnCI (grau 4) podem analisar quais etapas e ações em uma atividade de EnCI permitem esse desenvolvimento.

Para além disso, foi possível observar elementos inicialmente não previstos para a atual investigação, em especial a presença e o impacto de estereótipos de gênero, classe e raça em livros didáticos, como estereótipos podem dificultar o acesso à Ciência a grupos socialmente marginalizados e, portanto, perpetuar a desigualdade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa atual tomou como foco explorar as possibilidades de se trabalhar Natureza da Ciência (NdC) com licenciandos em Física tendo como base os princípios da Ciência Integral. O Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) foi adotado como uma abordagem didática com capacidade de contemplar tais questões pela proposição de Allchin (2013) de que existem três abordagens possíveis para o ensino da Ciência Integral: (i) estudo de casos históricos; o (ii) estudo de casos autênticos; e (iii) realização de atividades investigativas. Para o autor, o mais importante para esse ensino é que, independentemente da abordagem, ela seja realizada de modo a apresentar uma Ciência autêntica. No entanto, o autor não desenvolve como as atividades investigativas, especificamente, podem chegar a essa Ciência autêntica, cabendo ao atual trabalho explorar como a NdC se desenvolve em atividades de EnCI a partir de uma perspectiva da Ciência Integral, buscando esse ensino de forma contextualizada e com o auxílio da História da Ciência.

Para tanto, a pergunta central da pesquisa é “Como licenciandos em Física mobilizam aspectos de NdC que emergem de uma sequência de atividades investigativas sobre a história da Teoria da Relatividade?”. Para respondê-la foram pensados três objetivos específicos: (i) Explorar as relações entre o EnCI e a NdC na literatura; (ii) Analisar como os aspectos da NdC são mobilizados em diferentes momentos de uma sequência de atividades investigativas; e (iii) Estabelecer relações entre a sequência de atividades desenvolvidas e a Ciência Integral proposta por Allchin (2013).

De modo a cumprir o primeiro objetivo específico, no Capítulo 2 foi realizada uma revisão de literatura que partiu inicialmente de um corpus de 83 artigos sobre o EnCI. Uma primeira busca entre os títulos e palavras-chave desse corpus não encontrou nenhum artigo que simultaneamente desse destaque ao EnCI e à NdC. Entretanto, ao buscar por menções à NdC no corpo do texto dos artigos, chegou-se a um total de 34 artigos de EnCI que fazem menções à NdC. Essa discrepância entre resultados pode significar que embora haja muitas relações entre as duas áreas, essas relações são pouco exploradas.

A partir do corpus de 34 artigos de EnCI que mencionam a NdC, foi possível estabelecer as relações presentes na literatura entre essas duas áreas, o que nos permitiu identificar seis tipos de relações diferentes, como é indicado nos Quadros 4 e 5 (p. 57 e p. 69, respectivamente).

Nessa revisão, foi observado que diversos artigos afirmam que a NdC tem grande relevância para o EnCI, se dividindo entre aqueles artigos que "consideram a NdC um elemento intrínseco do EnCI" ou que "desenvolver os elementos da NdC é um objetivo do EnCI". Além disso, também foram encontrados casos que defendem que a NdC é desenvolvida pelo EnCI através de intermediários, como as práticas epistêmicas, ou que o EnCI desenvolve elementos da NdC como forma de atingir um objetivo maior, por exemplo, a Alfabetização Científica. Tais diferenças são de grande relevância, pois influenciam diretamente como as atividades investigativas podem ser estruturadas para melhor desenvolver aspectos da NdC, bem como as pesquisas sobre o EnCI, algo que é pouco evidenciado na literatura, como foi possível observar na busca inicial entre os artigos sobre EnCI.

Nesse sentido, a pesquisa empírica desenvolvida no Capítulo 4, ao tomar a Ciência Integral de Allchin (2013) como base teórica, mais se aproxima dos artigos que colocam a NdC como um possível objetivo para o EnCI. Isso porque, nesse caso, não basta o desenvolvimento implícito de características da NdC para que as mesmas sejam trabalhadas. É necessário a explicitação e esquematização de tais características a partir da atividade investigativa, caso de fato este seja um dos objetivos adotado por aquele que planeja e realiza a atividade investigativa junto aos estudantes.

De modo a alcançar os outros dois objetivos específicos, no Capítulo 4 foi desenvolvida e analisada uma formação voltada para a NdC através de uma abordagem investigativa e dividida em cinco encontros. Ela foi aplicada junto a um grupo de licenciandos de Física no começo do curso e usou como base o ciclo investigativo de Pedaste *et al.* (2015). O desenvolvimento de tal atividade por si só nos permitiu uma aproximação inicial entre a Ciência Integral, o EnCI e o desenvolvimento de ambos no Ensino Superior. Embora tal formação seja limitada pela curta duração de cinco encontros, ela se encaixa em um contexto mais amplo, que busca inserir discussões epistemológicas de forma contínua na formação inicial de professores de Física (Moreira; Massoni; Ostermann, 2007), assim diversificando as discussões e estratégias didáticas vivenciadas pelos licenciandos.

Quanto à análise de parte dessa formação, ela permitiu evidenciar as dimensões conceituais e socioculturais da confiabilidade da NdC propostas por Allchin (2013) a partir do conflito entre representações de Grandes Gênios da Ciência e os elementos humanos e coletivos da Ciência. As dimensões observacionais da confiabilidade da NdC emergiram no terceiro encontro da formação, o qual não foi analisado devido ao recorte desta pesquisa, podendo ser explorado em pesquisas futuras.

O foco nos Grandes Gênios da Ciência e, conseqüentemente, ao seu oposto, Ciência como um empreendimento humano coletivo se deu pela recorrência que tais temas se manifestaram ao longo da formação. Ao falar em “Grandes Gênios”, nos referimos à imagem distorcida de que o desenvolvimento científico ocorre a partir de grandes saltos conceituais proporcionados por uma mente acima da média, alguém tão brilhante que, em geral, ao ser “humanizado”, é ainda mais elevado, por mostrar que superou grandes desafios pessoais enquanto “desenvolvia a Ciência”. Em contrapartida, ao apresentar a Ciência como um empreendimento humano e coletivo, destacamos que a Ciência se desenvolve constantemente através dos esforços de inúmeras pessoas que deixam as suas marcas no conhecimento produzido e mesmo figuras de maior destaque dependem desse apoio social e institucional para deixar a sua marca. Tal conflito se manifestou na análise a partir de duas temáticas identificadas: (i) História e Natureza da Ciência nos livros didáticos e seus efeitos no Ensino de Física; e (ii) Representações da Ciência e dos cientistas e seus efeitos sobre o Ensino de Física.

A primeira temática se refere à análise das leituras que os licenciandos fizeram sobre os livros didáticos e as dimensões da NdC que emergiram a partir das falas dessa discussão. Ao focarmos a análise dos licenciandos nessa temática, foi possível observar não só as dimensões da NdC que emergiram nas discussões, mas como os licenciandos relacionaram tais dimensões com o ambiente educacional, ao indicarem e debaterem essas dimensões e, principalmente, como elas podem impactar o Ensino Básico e quais ações eles adotariam se deparando com essas questões em sala de aula, como professores. Nesse sentido, o uso dos livros didáticos como material investigativo em uma atividade de EnCI para a formação de professores de Física se mostrou muito produtivo, proporcionando que categorias inicialmente não previstas, como as relacionadas às questões de gênero, se desenvolvessem a partir do questionamento sobre a forma com a qual a Ciência

é representada. Em uma aula expositiva tradicional, que apontasse a presença de machismo na Ciência e que tais estereótipos não devem ser reproduzidos em sala de aula, tenderia a resultar em atitudes consideradas certas e erradas em torno desta temática. Já na atividade investigativa aqui desenvolvida, foi possível conflitar perspectivas distintas do gênero feminino e masculino em torno de uma mesma imagem, em que a fala de uma estudante mobilizou um colega para a posição em que se situava acerca dessa temática.

Esse caso nos traz elementos para alcançar o segundo objetivo específico: analisar como os aspectos da NdC são mobilizados em diferentes momentos de uma sequência de atividades investigativas. A abertura para a interação não só entre o professor e os alunos, mas também entre os alunos e o material investigado e os alunos entre si, possibilita tais discussões mais plurais, que aprofundam o entendimento sobre a NdC. Esse desenvolvimento da NdC é importante para uma alfabetização científica de alunos no geral (Carvalho, 2018), mas é especialmente importante para licenciandos em Física, para que futuramente possam conduzir atividades similares enquanto professores.

A segunda temática, de modo similar, se aprofundou na análise das dimensões conceituais e socioculturais da NdC que emergiram na formação a partir das discussões com outros materiais além dos livros didáticos. A disseminação do acesso a computadores, celulares e à internet facilita o desenvolvimento de atividades investigativas na medida em que proporcionam ferramentas úteis. Além de buscadores da internet, foram utilizados textos historiográficos ao longo das atividades de modo a melhor representar a História da Ciência e poder criar um contraste com as representações que apareceram nos livros didáticos e em outros materiais, como vídeos de divulgação científica.

A diferenciação entre essas duas temáticas leva à reflexão do objetivo específico do trabalho, que é responder à pergunta “Como os aspectos da NdC são mobilizados em diferentes momentos de uma investigação?”, por ajudar a compreender a influência que o material utilizado como base para a investigação tem sobre como as dimensões da NdC são mobilizadas. Ademais, as interações com o professor e com os pesquisadores, que colocavam questionamentos e levantavam reflexões, e entre os próprios licenciandos influenciam fortemente nos aspectos de NdC mencionados pelos estudantes. Uma mesma dimensão pode ser mobilizada de diferentes formas permitindo um maior aprofundamento sobre a NdC

ao apresentar uma maior diversidade de materiais, estratégias e interações ao longo das atividades.

Os episódios analisados neste trabalho se enquadram em cinco das dez dimensões de confiabilidade da Ciência Integral: Dimensão Histórica; Dimensão Humana; Vieses; Instituições; e Comunicação. Tais dimensões se concentram nas categorias epistêmicas conceitual e sociocultural pelo recorte da análise, focada em analisar o grande tema “Grandes Gênios da Ciência”. Outras dimensões podem ser reveladas em futuras pesquisas, que analisem os episódios com maior foco nas dimensões da categoria epistêmica observacional.

Dentro da dimensão Histórica, ao tratar sobre o contexto histórico, social e individual da produção do conhecimento científico, é dado destaque ao longo processo dessa produção e que formas as contribuições dos cientistas podem adotar. A primeira categoria emergente, **tensionamento entre profundidade e diversidade de cientistas nos livros didáticos**, é significativa em ligar a temática *representações da Ciência e dos cientistas e seus efeitos sobre o Ensino de Física* ao tema maior, do conflito entre Grandes Gênios da Ciência, à categoria emergente **Ciência como empreendimento humano coletivo**. Esse tensionamento é tanto um reflexo da categoria **marginalização da História da Ciência no livro didático**, como um exemplo de que, ao ser minimizado o espaço que a História da Ciência ocupa nos livros didáticos, ela pode tender a (i) centralizar toda a discussão ao redor de uma única figura, que ganha os créditos de uma mente brilhante capaz de, por si só, revolucionar a Ciência, ou (ii) dispersar a atenção do leitor do livro didático entre diversos cientistas, sem que haja o devido aprofundamento sobre o trabalho, as motivações ou o que influenciou qualquer um deles. Todos esses elementos são retomados com uma **proposta de pergunta de investigação feita por licenciandos com base na problematização dos estereótipos da ciência**, que demonstra uma preocupação dos licenciandos, ao fim da formação, com o tema dos Grandes Gênios da Ciência ao trabalhar não só os processos que produzem o conhecimento científico, como também aqueles que podem distorcê-lo e levar à pseudohistória da Ciência.

A dimensão Humana é centrada nos elementos que humanizam o cientista, bem como os aspectos daquilo que o motiva a participar dos processos da Ciência. Ao tratar sobre os estereótipos que aparecem quando o cientista é retratado, uma questão marcante é a do **livro didático formando o estereótipo de Grande Gênio**

nos estudantes, que reforça a influência que os livros didáticos podem ter não só sobre o entendimento das teorias científicas descritas nele, mas sobre a imagem dos próprios cientistas. Esse caso é ilustrado pela associação quase que automática da Teoria da Relatividade a Einstein, sem considerar que outros Físicos contribuíram para a teoria. Uma das licenciandas apontou que, no seu caso, essa associação foi primeiro feita a partir de seu livro didático do Ensino Médio.

Ainda na dimensão Humana, é reforçada pelos licenciandos ao longo da análise dos dados a visão da **Ciência como um empreendimento permeado pela subjetividade humana**, principalmente como um **contraponto ao mito da genialidade do cientista**, que poderia ser desenvolvido em sala de aula. Essa dimensão, no entanto, pode em alguns casos parecer dar valores positivos para o estereótipo de Grandes Gênios da Ciência, ao se observar a **representação de Grandes Gênios atraindo estudantes para o curso de Física**, porém dois pontos minam esse possível lado positivo: (i) as distorções à História e à Natureza da Ciência que essa visão traz e que precisará ser posteriormente superada; e (ii) o afastamento de certos grupos sociais que não vão se identificar com as imagens de Grandes Gênios da Ciência e, conseqüente, aumento da desigualdade para esses grupos. É em razão desse segundo ponto que observamos uma **maior representação de mulheres da Ciência sendo de interesse dos estudantes**, e de modo a suprir essa necessidade é indicada durante a pesquisa a possibilidade do **Ensino por investigação aproximando licenciandos de Física da presença de mulheres na Ciência**.

A dimensão dos Vieses, melhor descrita como a dimensão dos vieses e preconceitos, é intimamente ligada à dimensão do Contexto Humano, ao passo que o Contexto Humano se reflete muito sobre a motivação para se fazer Ciência, e tais vieses constantemente criam o efeito contrário. Os vieses e preconceitos na Ciência e na sua representação alienam alguns grupos e, portanto, inibem a motivação de muitos em trabalhar com a produção científica. Esses vieses podem surgir de forma mais passiva, com o **apagamento das mulheres que contribuíram para o processo de construção do conhecimento científico**, ou de forma mais ostensiva, como os **estereótipos de gênero sendo propagados no ambiente educacional por meio de livros didáticos**. Ambos os casos são um problema para a democratização da Ciência, mas que tomam formas diferentes e vão exigir ações diferentes do professor, no primeiro caso trazendo luz a essas figuras que são

ocultas, no segundo caso, questionando e desmistificando os preconceitos que podem ser carregados pelos livros didáticos. Embora de grande relevância, as questões de gênero não são o único preconceito observado ao longo da análise. Também foram inferidos aspectos referentes a preconceitos de classe e raça em quatro categorias: (i) **Livro didático generalizando a atuação do continente africano na produção de conhecimento científico**; (ii) **Livro didático reforçando estereótipos raciais e de classe do Nordeste**; (iii) **Apagamento da participação de não-cientistas na construção do conhecimento científico**; (iv) **Oposição entre não-cientistas como agentes externos à Ciência, ou internos à Ciência**. Embora as duas primeiras categorias se aproximem mais das questões raciais e as duas últimas das de classe, tais questões são intimamente relacionadas e constantemente se misturam. Podemos usar o caso da categoria (ii), ao tratar sobre os estereótipos aos nordestinos como esse ponto de convergência e apontar a necessidade de compreender as fontes de desigualdade no acesso à Ciência, bem como o apagamento dos nordestinos que participaram desse processo. A retórica eugenista dos séculos XIX e XX (Albuquerque Jr., 2011), que, para propagar a imagem de um Sudeste brasileiro industrializado e científico, criou a imagem de um Nordeste atrasado e fanaticamente religioso, ainda deixa suas marcas no Brasil (Albuquerque Jr., 2011, Mendes, 2021) e não pode ser desconsiderado no ensino de História e Natureza da Ciência.

Todas essas questões de gênero, classe e raça se aproximam da dimensão do Contexto Humano ao percebermos a **representação de Grandes Gênios influenciando quais sujeitos podem ser cientistas**, em que é reforçado, pela percepção e experiência pessoal dos licenciandos, que a imagem dos Grandes Gênios da Ciência é constantemente associada a figuras de maior privilégio, ou que, por “talento nato”, superam as suas adversidades, impondo sobre o sujeito desfavorecido o ônus de superar as injustiças estruturais que lhe afetam.

Um fator importante para a discussão sobre a NdC é a dimensão das Instituições, que desenvolve as formas de competição e colaboração entre os cientistas, bem como das instituições que servem à Ciência. A solução encontrada pelos licenciandos está na categoria **papel do professor no uso do livro didático, aprofundando discussões e trazendo mais atores da Ciência**, em que se reforça o papel do mesmo em trabalhar tais elementos da História e Natureza da Ciência de forma aprofundada e autêntica. Nesse sentido, o professor pode buscar abordagens

investigativas de ensino para evitar uma educação unicamente focada nos produtos da Ciência (leis e teorias científicas) como é visto na categoria **prevalência do ensino de ideias científicas prontas em detrimento do ensino da História e dos processos científicos**. A abordagem investigativa, ao instigar um olhar mais crítico sobre as ideias e os fenômenos científicos, também pode permitir diminuir os casos de **livro didático como argumento de autoridade no âmbito do conhecimento científico escolar**.

A dimensão da Comunicação da confiabilidade da NdC tem grande relevância para a Ciência Integral porque ela não só está presente ao longo de todo o processo de produção do conhecimento, por este ser um elemento relevante para a colaboração entre os cientistas, mas principalmente por tratar sobre como o conhecimento científico chega às pessoas que não participaram diretamente desse processo. Um dos principais agentes da comunicação, mas que pode carregar muitas distorções sobre a Ciência, são os grandes veículos midiáticos, o que leva a problemas como os **cientistas sendo representados como Grandes Gênios pela mídia**, problema esse que é agravado pelo **livro didático reproduzindo a representação de Ciência da mídia**. A participação na socialização de conhecimento não é um problema, sendo esse um serviço muito relevante para a Ciência e para a sociedade, sendo o problema quando tais veículos não fazem o devido processo de curadoria ou, quando incorporados no ambiente educacional, não são devidamente adaptados e analisados de forma crítica. Quando a comunicação ocorre de forma mais ampla e crítica, ela pode, por exemplo, levar à explicitação da **contribuição indireta de não-cientistas para o empreendimento científico**, que apoiam e financiam a Ciência, quando é desenvolvida essa consciência, pela mídia, sobre os processos da Ciência. A comunicação também pode ocorrer pelos próprios cientistas e de maneiras alternativas a uma mensagem direta, como é observado com o **espaço físico educacional propagando estereótipos de cientistas**. Esse caso reforça como diferentes elementos artísticos e culturais do ambiente podem servir de veículo para representar a Ciência, seja positivamente ou negativamente.

A partir dos episódios analisados e das categorias que emergiram deles, foi notável a desenvoltura dos licenciandos com discussões sobre elementos da NdC, em especial por se tratar de um grupo no começo da graduação, que não havia cursado ainda a disciplina de História da Física e Epistemologia, presente no sétimo

período da Licenciatura em Física da UFRGS e que permitiria o desenvolvimento de tais discussões.

A História da Ciência dentro dos livros didáticos foi percebida pelos licenciandos, em muitos casos, como carregada de vieses negativos para aqueles postos como externos à Ciência, em especial mulheres e pessoas pobres e racializadas. Algo que se destacou ao longo da análise foi como o EnCI possibilitou criar um ambiente educacional que estimula a discussão de tais elementos a partir das reflexões dos licenciandos provocadas pelos questionamentos dos professores e de outros licenciandos. Tais interações aproximam os licenciandos de representações de cientistas que aparecem pouco na mídia e nos próprios livros didáticos. Ainda mais, tais discussões reforçaram o papel de propaganda da Ciência que a representação de Grandes Gênios da Ciência desempenha e que atrai nos licenciandos para o curso, mas com o possível custo de perda da diversidade, ao passo que essa imagem muitas vezes se restringe à imagem branca e masculina. Essa preponderância reforça a importância do EnCI aliado a uma História da Ciência autêntica para reforçar o papel de diferentes grupos sociais para a Ciência, bem como o potencial que o EnCI pode ter no ensino superior.

Nesse sentido, as categorias emergentes da atividade de ensino presentes no Quadro 12 (p. 141) permitem que educadores e pesquisadores avaliem outras atividades investigativas de modo a aproximá-las das dimensões de confiabilidade na Ciência propostas para a Ciência Integral.

Para futuras pesquisas, podem ser trabalhadas as dimensões observacionais da NdC (Observação e Medida; Experimento; Instrumentos) que estiveram presentes no terceiro encontro da formação e que não receberam foco no atual trabalho, em específico, uma análise das relações da Temática Grandes Gênios com as dimensões observacionais poderia nos trazer elementos de duas perspectivas muitas vezes não relacionadas diretamente, a internalista e a externalista à Ciência. Mostra-se promissor o desenvolvimento de outros trabalhos que avaliem com maior foco o contraste entre a influência do estereótipo de Grandes Gênios da Ciência entre os diferentes gêneros, em especial o contraste entre a admiração masculina por essas figuras contra o sentimento de não-pertencimento gerado sobre as pessoas não-masculinas. De forma similar, pode ser estudado o apagamento da contribuição científica de diferentes classes sociais e a influência de visões preconceituosas contra a população nordestina no Ensino de Física, através da

propagação de estereótipos deles como uma população atrasada e fanaticamente religiosa, em contraste com um sudeste desenvolvido e industrial.

Por fim, todas essas relações podem se aproveitar de um maior desenvolvimento das bases teóricas em comum entre NdC e EnCI, a realização de novas pesquisas que busquem estabelecer as contribuições do EnCI para o ensino da NdC, bem como um aprofundamento das possibilidades da implementação do EnCI no ensino superior.

REFERÊNCIAS

- ABALADA, P.; GUERRA, A. Brasileiros e brasileiras e o eclipse de Sobral de 1919: um olhar a partir da História Cultural da Ciência. **17º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia**, 2020. Disponível em: https://www.17snhct.sbhct.org.br/resources/anais/11/snhct2020/1595256255_ARQUIVO_3d235d67e6c1ef92db6bff55df9b484e.pdf
- ALBUQUERQUE Jr., D. M. **A invenção do nordeste e outras artes**. 5 ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- ADÚRIZ-BRAVO, A. **Una introducción a la naturaleza de la ciencia**: La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 2005
- ALLCHIN, D. Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. **Science Education**, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011. DOI: 10.1002/sce.20432
- ALLCHIN, D. **Teaching the Nature of Science**: Perspectives & Resources. Saint Paul, MN: SHiPS Education Press, 2013.
- ALLCHIN, D. Complementary Approaches to Teaching Nature of Science: Integrating Student Inquiry, Historical Cases, and Contemporary Cases in Classroom Practice. **Science Education**, v. 98, n. 3, p. 461-486, 2014. DOI: 10.1002/sce.21111
- AMADOR-RODRÍGUEZ, R. Y.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Concepciones Emergentes de Naturaleza de la Ciencia (NOS) para la Didáctica de las Ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, n. extraordinario, p. 3499-3504, 2017
- AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por Investigação: Problematizando as Atividades em Sala de Aula. In: CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa a Prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2004.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BONJORNO, J. R. et al. **Física**: história & cotidiano: eletricidade, física moderna, 3: com experiências simples. São Paulo: FTD, 2003.
- BRASIL. Lei Nº 10.639, de 9 de janeiro de 2003. Obriga a inclusão da temática "História e Cultura Afro-Brasileira" no currículo oficial da rede de ensino. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2003.
- BRICCIA, V.; CARVALHO, A. M. P. Visões sobre a natureza da ciência construídas a partir do uso de um texto histórico na escola média. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 1, p. 1-22, 2011. Disponível em: https://reec.educacioneditora.net/volumenes/volumen10/ART1_Vol10_N1.pdf

AZEVEDO, N. H.; SCARPA, D. L. Revisão Sistemática de Trabalhos sobre Concepções de Natureza da Ciência no Ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 2, p. 579-619, 2017. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2017172579

CAMPOS, N. F.; SCARPA, D. L. Que desafios e possibilidades expressam os licenciandos que começam a aprender sobre ensino de Ciências por investigação? Tensões entre Visões de Ensino Centradas no Professor e no Estudante. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, v. 18, n. 2, p. 727–759, 2018. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2018182727

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2018183765

CHALMERS, A. F. **O que é Ciência Afinal?** Raul Filker (Trad.). Editora Brasiliense, 1993.

CLEMENT, L.; CUSTÓDIO, J. F.; ALVES FILHO, J. P. Potencialidades do ensino por investigação para promoção da motivação autônoma na educação científica. Alexandria: **Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 8, n.1, p. 101-129, 2015. DOI: 10.5007/1982-5153.2015v8n1p101

CLOUGH, M. P.; OLSON, J. K. Teaching and assessing the natures of science: An introduction. **Science & Education**, v. 17, n. 2-3, p. 143-145, 2008. DOI: 10.1007/s11191-007-9083-9

CUNHA, A. M.; MAXIMO-PEREIRA, M.; CUNHA, R. A. B. Práticas Epistêmicas e Ensino Por Investigação: Algumas Aproximações a Partir de uma Revisão de Literatura. **XX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, 2024, no prelo.

CUNHA, R. A. B.; MAXIMO-PEREIRA, M.; CUNHA, A. M. Práticas Epistêmicas e Ensino por Investigação: categorias de análise utilizadas em artigos de periódicos de Ensino de Ciências. **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, v.14, 2023, Caldas Novas.

FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas. **Investigações em Ensino de Ciências (IENCI)**, v. 22, n. 1, p. 42-60, 2017. DOI: 10.22600/1518-8795.ienci2017v22n1p42

FORATO, T. C. M.; MARTINS, R. A.; PIETROCOLA, M. History and nature of Science in high school: building up parameters to guide educational materials and strategies. **Science & Education**, v. 21, n. 5, p. 657-682, 2012.

GASPAR, A. **Compreendendo a física: ensino médio: Eletromagnetismo e física moderna**. 1. ed. São Paulo: Ática, 2010.

GHEDIN, E.; FRANCO, M. A. S. **Questões de método na construção da pesquisa em educação**. São Paulo: Cortez, 2008.

GIL-PÉREZ, D. La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. **Enseñanza de las ciencias**, v. 4, n. 2, p. 111-121, 1986.

HANSSON, L.; YACOUBIAN, H. A. Nature of Science for Social Justice: Why, What and How? In: **Nature of Science for Social Justice. Science: Philosophy, History and Education**. Springer, Cham. 1-22, 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-47260-3_14

HODSON, D. In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education, **International Journal of Science Education**, v. 14, n. 5, p. 541-562, 1992. DOI: 10.1080/0950069920140506

HODSON, D. Nature of Science in the Science Curriculum: Origin, Development, Implications and Shifting Emphases. In: MATTHEWS, M. (org.) **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. Dordrecht: Springer, 2014, p. 911-970. DOI: 10.1007/978-94-007-7654-8_28

HÖTTECKE, D.; ALLCHIN, D. Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media **Science Education**, v. 104, n. 4, p. 641-666, 2020. DOI: 10.1002/sce.21575

IRZIK, G.; NOLA, R. A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. **Science & Education**, v. 20, p. 591–607, 2011. DOI: 10.1007/s11191-010-9293-4

KELLY, G. J.; DUSCHL, R. A. Toward a research agenda for epistemological studies in science education. **Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching**, Nova Orleans, Louisiana, EUA. 2002.

KELLY, G. J. Inquiry, activity and epistemic practice. In: DUSCHL, R. A.; GRANDY, R. E. (Ed.), **Teaching Scientific Inquiry: recommendations for research and implementation**, p. 288-291, Rotterdam, Holand. 2008. DOI: 10.1163/9789460911453_009

LAGO, L. G.; ORTEGA, J. L. N. A.; MATTOS, C. R. A investigação científica-cultural como forma de superar o encapsulamento escolar: Uma intervenção com base na teoria da atividade para o caso do ensino das fases da lua. **Investigações em Ensino de Ciências (IENCI)**, v. 24, n. 1, p. 239-260, 2019. DOI: 10.22600/1518-8795.ienci2019v24n1p239

LATOURE, B. **Jamais Fomos Modernos**. 2 ed. São Paulo: Editora 34 Ltda, 2009.

LIMA, K. P. O. C.; PEREIRA, P. A. C.; LIMA, J. P. C. Ensino de Ciências por investigação em Ciências Biológicas: revisão sistemática de literatura em artigos de periódicos nacionais classificados no Qualis. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 12, n. 1, p. 1–34, 2021. DOI: 10.26843/rencima.v12n1a06

MARTINS, R. A. A dinâmica relativística antes de Einstein. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, p. 11-26, 2005. DOI: 10.1590/S0102-47442005000100003

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: A tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MAXIMO-PEREIRA, M.; CUNHA, A. M. . O professor que desenvolve o ensino de ciências por investigação: o que dizem as pesquisas?. **Investigações em Ensino de Ciências** (ONLINE) , v. 26, p. 134-156, 2021. DOI: 10.22600/1518-8795.ienci2021v26n3p134

MCCOMAS, W. F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. **Science & Education**, v. 17, p. 249–263, 2008. DOI: 10.1007/s11191-007-9081-y

MCCOMAS, W. F. Nature of Science in the Science Curriculum and in Teacher Education Programs in the United States. In: MATTHEWS, M. (org.) **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. Dordrecht: Springer, 2014, p. 1993-2023. DOI: 10.1007/978-94-007-7654-8_61

MCCOMAS, W. F. Considering a Consensus View of Nature of Science Content for School Science Purposes. In: MCCOMAS, W. F. **Nature of Science in Science Instruction**. Cham: Springer, 2020, p. 23-34. DOI: 10.1007/978-3-030-57239-6_2

MENDES, P. V. G. **A RACIALIZAÇÃO DOS NORDESTINOS EM SÃO PAULO: REPRESENTAÇÕES NA IMPRENSA DA DÉCADA DE 1950 E RELATOS DE MIGRANTES IDOSOS**. Tese (Doutorado em Sociologia) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2021

MIRANDA, M. S.; MARCONDES, M. E. R.; SUART, R. C. Promovendo a alfabetização científica por meio de ensino investigativo no ensino médio de Química: Contribuições para a formação inicial docente. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 17, n. 3, p. 555-583, 2015. DOI: 10.1590/1983-21172015170302

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T.; OSTERMANN, F. História e epistemologia da física" na licenciatura em física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, p. 127-134, 2007. DOI: 10.1590/S0102-47442007000100019

MORI, R. C.; CURVELO, A. A. S. A experimentoteca do Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC-USP) e o ensino por investigação: Compromissos teóricos e esforços práticos. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 795–818, 2018. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2018183795

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** (IENCI), v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/562>

MOURA, B. A. O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014. DOI: 10.53727/rbhc.v7i1.237

MOURA, C.; CAMEL, T.; GUERRA, A. 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**, v. 22, e15631, 2020. DOI: 10.1590/1983-21172020210114

NASCIMENTO, V. B. A Natureza do Conhecimento Científico e o Ensino de Ciências. In: CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática**. São Paulo: Cengage Learning Edições Ltda, 2004.

NASCIMENTO, R. D.; GOMES, A. D. T. A relação entre o conhecimento conceitual e o desempenho de estudantes em atividades investigativas. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 935–965, 2018. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2018183935

NUNES, R. C.; QUEIRÓS, W. P.; CUNHA, J. A. R. Análise Histórica do Conteúdo de Relatividade Especial nos Livros Didáticos de Física do PNLD 2018. **História da Ciência e Ensino**, v. 24, p. 112-153, 2021. DOI: 10.23925/2178-2911.2021v24p112-153

O'CONNOR, C.; WEATHERALL, J. **The Misinformation Age: How False Beliefs Spread**. Yale University Press, 1ª edição Janeiro, 2019.

OLIVEIRA, M. P. P. et al. **Física em contextos**: pessoal, social e histórico: eletricidade e magnetismo, ondas eletromagnéticas, radiação e matéria: volume 3. 1. ed. São Paulo: FTD, 2011.

PEDASTE, M. et al. Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. **Educational Research Review**, v.14, p.47-61, 2015. DOI: 10.1016/j.edurev.2015.02.003

SÁ, E. F.; LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR Jr, O. A CONSTRUÇÃO DE SENTIDOS PARA O TERMO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NO CONTEXTO DE UM CURSO DE FORMAÇÃO. **Investigações Em Ensino De Ciências**, v. 16, n. 1, p. 79–102, 2011. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/247>

SANTANA, U. S.; SEDANO, L. PRÁTICAS EPISTÊMICAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO: CONTRIBUIÇÕES NECESSÁRIAS PARA A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA. **Investigações em Ensino de Ciências (IENCI)**, v. 26, n. 2, p. 378-403, 2021. DOI: 10.22600/1518-8795.ienci2021v26n2p378

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 (IENCI)**, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/445/263>

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: Relações entre Ciências da Natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. especial, p. 49-67, 2015. DOI: 10.1590/1983-2117201517s04

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*, v. 18, n. 3, p. 1061–1085, 2018. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec20181831061

SASSERON, L. H. Práticas constituintes de investigação planejada por estudantes em uma aula de ciências: análise de uma situação. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 23, p. 1-18, 2021. DOI: 10.1590/1983-21172021230101

SCARPA, D. L.; CAMPOS, N. F. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 25-41, 2018. DOI: 10.1590/s0103-40142018.3294.0003

SILVA, A. G.; NASCIMENTO, T. B.; REBEQUE, P. V. Sequência de Ensino Investigativa sobre a Densidade dos Corpos: desenvolvimento em uma Turma de Quinto Ano do Ensino Fundamental. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 22, p. 1–28, 2022. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2022u257284

SILVA, M. B.; GEROLIN, E.; TRIVELATO, S. A Importância da Autonomia dos Estudantes para a Ocorrência de Práticas Epistêmicas no Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa Em Educação Em Ciências**, v. 18 n. 3, p. 905-933, 2018. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2018183905

SOLINO, A. P.; GEHLEN, S. T. A conceituação científica nas relações entre a abordagem temática freireana e o Ensino de Ciências por Investigação. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 7, n. 1, p. 77-101, 2014a. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/38178/29108>

SOLINO, A. P.; GEHLEN, S. T. Abordagem temática freireana e o ensino de Ciências por investigação: Possíveis relações epistemológicas e pedagógicas. **Investigações em Ensino de Ciências (IENCI)**, v. 19, n. 1, p. 141-162, 2014b. <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/100>

SOLINO, A. P.; GEHLEN, S. T. O papel da problematização freireana em aulas de ciências/física: articulações entre a abordagem temática freireana e o ensino de ciências por investigação. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 21, n. 4, p. 911-930, 2015. DOI: 10.1590/1516-731320150040008

SOLINO, A. P.; SASSERON, L. H. Investigando a significação de problemas em sequências de ensino investigativa. **Investigações em Ensino de Ciências (IENCI)**, v. 23, n. 2, p. 104-129, 2018. DOI: 10.22600/1518-8795.ienci2018v23n2p104

STEFANOVITS, A. et al. **Ser Protagonista: Física 3º ano: ensino médio 2. ed.** São Paulo: Edições SM, 2013.

STRIEDER, R. B.; WATANABE, G. Atividades investigativas na Educação Científica: dimensões e perspectivas em diálogos com o ENCI. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 819–849, 2018. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2018183819

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. O processo de reflexão orientada na formação inicial de um licenciando de química visando o Ensino por Investigação e a promoção da alfabetização científica. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 20, n. e9666. Epub April 16, 2018. DOI: 10.1590/1983-21172018200106

TORRES, C. M. A. et al. **Física: ciência e tecnologia**. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2016.

TRIVELATO, S. L. F.; TONIDANDEL, S. M. R. Ensino por investigação: Eixos organizadores para sequências de ensino de biologia. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. especial, p. 97-114. 2015. DOI: 10.1590/1983-2117201517s06

TRÓPIA, G. A relação epistêmica com o saber de alunos no ensino de biologia por atividades investigativas. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 3, p. 55-80, 2015. DOI: 10.5007/1982-5153.2015v8n3p55

VILANOVA, P.; MARTINS, I. A Discursive Analysis of Relationships Between Nature of Science and Citizenship Education: The Case of Brazilian Science Textbook Evaluation Policies. In: YACOUBIAN, H. A.; HANSSON, L. (org.) **Nature of Science for Social Justice. Science: Philosophy, History and Education**. Cham: Springer, 2020, p. 115-135. DOI: 10.1007/978-3-030-47260-3_7

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de Ciências: Aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011. DOI: 10.1590/1983-21172011130305.

ANEXO A – LIVRO DIDÁTICO - FÍSICA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA (2010)



Relatividade Especial



Albert Einstein tocando seu violino, em 1932.

Redescobrimo o tempo, o espaço e o Universo

Ao final do século XIX, os cientistas acreditavam que já sabiam tudo sobre a Física. Houve até quem dissesse que ela estava totalmente determinada! As leis dos movimentos e a lei da Gravitação Universal, de Newton, a teoria de Maxwell unificando a Eletricidade e o Eletromagnetismo, as leis da Termodinâmica e da teoria cinética dos gases explicavam perfeitamente uma enorme diversidade de fenômenos físicos.

Entretanto, na virada para o século XX, duas teorias abalaram os alicerces da Física, provocando uma revolução no pensamento científico da época: em 1900, a teoria quântica, de Max Planck, e, em 1905, a teoria especial da Relatividade, de Albert Einstein. Tamaña foi a excitação científica provocada na época pelas duas teorias que o próprio Einstein exclamou: **“É um tempo maravilhoso de se viver!”**.

Desde essa época até nossos dias, muito se descobriu tanto na Física Teórica quanto na aplicada, e ainda há muito por descobrir. Parafreseando Einstein, podemos dizer que **ainda é um tempo maravilhoso de se viver!**

O princípio da relatividade de Newton **não se aplica** a esse fenômeno eletromagnético, ou, de um modo mais geral, as leis do Eletromagnetismo não são as mesmas para quaisquer referenciais inerciais, quando submetidas às transformações de Galileu.

Aparentemente, as equações de Maxwell somente seriam válidas em algum referencial inercial especial, contrariando o princípio de Newton. Qual seria esse referencial inercial especial? Isso intrigava muitos físicos da época.

Cogitava-se então a existência de um meio universal, absolutamente estacionário, denominado **éter luminífero**, que preencheria todo o espaço através do qual a luz se propagaria com velocidade constante. Muitas experiências foram levadas a efeito na tentativa de buscar essa evidência. Uma delas, a **experiência de Michelson e Morley** (1887), demonstrou, com notável precisão, que esse meio não existe. Mas o resultado negativo dessa experiência deixou duas conclusões alarmantes para a época:

- a luz, diferentemente das ondas mecânicas, propaga-se pelo espaço **sem** necessidade de um **meio suporte**.
- a velocidade de propagação da luz **não depende** do movimento relativo entre fonte e observador, isto é, **não depende do referencial** em que a medimos!

Até 1926 outras experiências foram realizadas com a mesma finalidade, usando-se até fontes de luz extraterrestres (Sol e outras estrelas), com o mesmo resultado negativo.

3 Breve descrição da experiência de Michelson e Morley

O objetivo da experiência dos cientistas estadunidenses Albert Abraham Michelson* (Fig. 5.5) e Edward Williams Morley (Fig. 5.6) era comprovar a existência desse estranho meio denominado éter, um fluido elástico e imponderável, idealizado por René Descartes no século XVII e retomado no início do século XIX por Augustin Fresnel, no qual ondas como a luz se propagariam.

Esse misterioso meio era quase mágico na sua concepção. Deveria ser extraordinariamente rígido para propagar ondas com velocidades enormes, como a da luz, e, ao mesmo tempo, ténue o suficiente para permitir que corpos sólidos, como os planetas, se movimentassem através dele. Se ele, de fato, existisse, seria possível de algum modo detectar o movimento da Terra através dele, isto é, poderíamos observar o “vento do éter”.

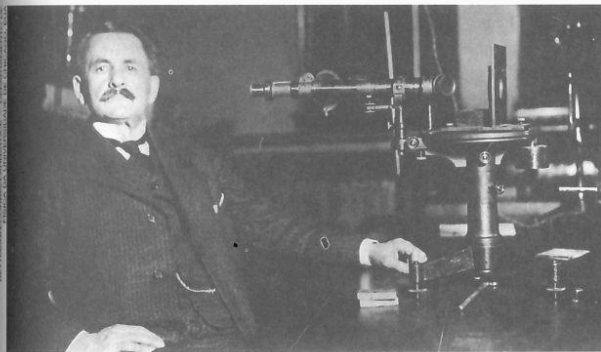


Figura 5.5 Retrato de Albert Abraham Michelson (1852-1931).

*Albert Michelson nasceu na Prússia e, em 1852, migrou para os Estados Unidos da América, radicando-se lá definitivamente.

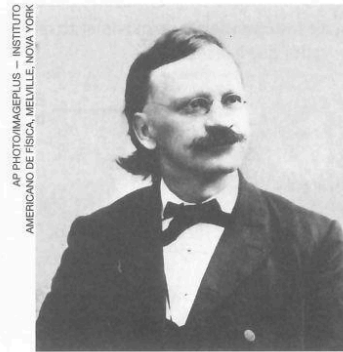


Figura 5.6 Retrato de Edward Williams Morley (1838-1923) em 1865.

Para verificar essa hipótese, Michelson e Morley montaram uma primeira experiência em 1881, construindo um aparelho denominado **interferômetro**, como é mostrado abaixo (Fig. 5.7).

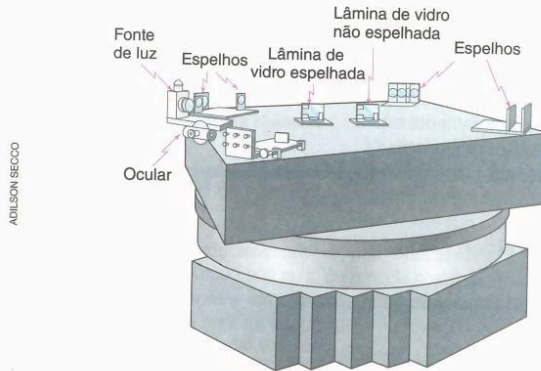


Figura 5.7 Representação do aparelho de Michelson e Morley, para a experiência de 1887. As partes ópticas estavam montadas sobre um suporte que flutua em mercúrio a fim de reduzir as vibrações que afetaram experiências anteriores. A montagem permitia a rotação do suporte no plano horizontal. (Representação em escala, uso de cores-fantasia.)

O esquema a seguir (Fig. 5.8) mostra simplificada como se desenvolveu a experiência.

Um feixe de luz branca, feixe principal, incide numa lâmina espelhada semi-transparente que o divide em dois outros, denominados feixes secundários. Um desses feixes, o horizontal na figura, propaga-se na direção do movimento da Terra e arrasta consigo o hipotético éter. O outro feixe secundário, o vertical na figura, propaga-se perpendicularmente à direção do movimento da Terra.

Assim, ainda que ambos os feixes tenham percorrido, rigorosamente, caminhos de mesma extensão ($L_1 = L_2$), a existência do éter luminífero deveria provocar algum atraso, alguma defasagem, entre os feixes, possibilitando a detecção de alguma interferência pelo sensível aparelho. Entretanto, para surpresa dos pesquisadores, nada foi observado. Nas outras vezes em que a experiência foi repetida, por eles e por outros físicos, nada se constatou quanto à influência do éter na propagação da luz.

Logo, a existência do éter tornou-se totalmente desnecessária como meio para "suportar" a propagação das ondas luminosas, e a ideia foi abandonada. Mais importante ainda foi a constatação de que:

A luz propaga-se no vácuo com uma velocidade cujo valor c é uma **constante universal**

$$c = 299.792,458 \text{ km/s} \approx 300.000 \text{ km/s}$$

e é **independente** do movimento relativo entre a fonte emissora e o observador que a recebe.

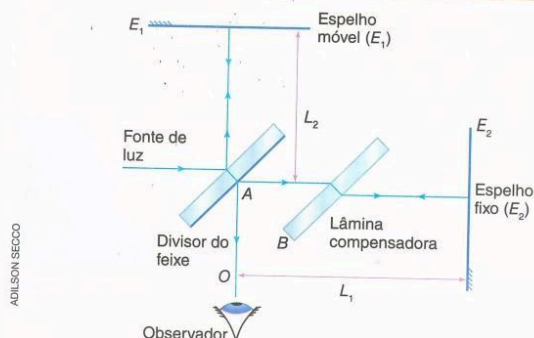


Figura 5.8 A propagação da luz nas direções paralela e perpendicular à direção do movimento da Terra não altera sua velocidade, fato que invalida a hipótese da existência do éter. (Representação em escala, uso de cores-fantasia.)

Entretanto, restava dúvida quanto à validade das equações de Maxwell quando submetidas a uma transformação de Galileu entre referenciais inerciais. Ou se alterava a teoria de Maxwell ou, então, o princípio de Galileu não se aplicava aos fenômenos eletromagnéticos.

Nem uma coisa nem outra! Em 1887, o matemático, físico e filósofo francês **Jules Henri Poincaré** e o físico holandês **Hendrik Antoon Lorentz** apresentaram um conjunto de relações matemáticas, envolvendo as coordenadas espaço-temporais de um mesmo evento, observado de referenciais inerciais distintos, S e S' . Essas relações ajustam-se perfeitamente à descrição de qualquer evento físico, em qualquer referencial inercial, substituindo as relações de Galileu.

Hendrik Antoon Lorentz



Retrato de Lorentz (1853-1928) em 1923.

Físico holandês que dividiu com Pieter Zeeman o Prêmio Nobel de Física em 1902 pela explicação teórica da separação das linhas espectrais na presença de um campo magnético (**efeito Zeeman**). Obteve as equações de transformação do espaço e do tempo, posteriormente usadas por Albert Einstein na teoria especial da relatividade.

De 1866 a 1869 Lorentz frequentou a recém-formada Escola de Arnhem e, em 1870, passou nos exames de ingresso à Universidade de Leiden, onde estudou Física e Matemática. Em 1872, após receber seu grau de bacharel em Física, retornou a Arnhem para lecionar Matemática em cursos secundários. Em 1875, obteve seu grau de doutor com a tese sobre reflexão e refração da luz, na qual refinou a teoria eletromagnética de Maxwell.

Em 1895, para explicar o resultado nulo da experiência de Michelson e Morley, Lorentz associou a sua **teoria dos elétrons** às equações da contração das dimensões dos corpos na direção do movimento, já obtidas por George Fitzgerald em 1889, que as adaptara daquelas deduzidas entre 1888 e 1889 por Oliver Heaviside, quando este investigava a influência do movimento nas forças eletromagnéticas.

Atualmente essas equações são conhecidas como **transformações de Lorentz-Fitzgerald**. A teoria dos elétrons, de Lorentz, foi produto de uma série de aulas por ele ministradas na Universidade de Colúmbia. O nome de Lorentz também está associado à dilatação do tempo, e à Eletrodinâmica de um modo geral.

Para movimentos em uma dimensão, as relações de Galileu e de Lorentz são:

- Conversão de Galileu de S para S' : $x' = x - v \cdot t$; $t' = t$.
 - Conversão de Lorentz de S para S' : $x' = \gamma \cdot (x - v \cdot t)$; $t' = \gamma \cdot \left(t - \frac{v \cdot x}{c^2} \right)$.
- onde v é a velocidade de S' em relação a S , ao longo do eixo x , e

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

é chamado de **fator de Lorentz**.

Para nos habituarmos com o cálculo do fator de Lorentz, vamos a um exemplo:

Calcule o fator γ para os valores de v iguais a:

- a) $0,1 \cdot c$ b) $0,6 \cdot c$ c) $\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot c$ d) $0,99 \cdot c$

a) Para $v = 0,1 \cdot c$, temos: $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{0,1 \cdot c}{c}\right)^2}} \Rightarrow \gamma = \frac{1}{\sqrt{0,99}} \Rightarrow \gamma = 1,005$

Jules Henri Poincaré



AP PHOTO/MAGRELLUS - ACADEMIA DE CIÊNCIAS DA FRANÇA, PARIS

Retrato de Poincaré (1854-1912) em 1909.

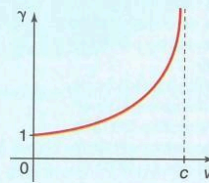
Matemático, físico teórico e filósofo da Ciência, conhecido como "o último universalista" (em inglês, um *polymath*) dada a sua excelência em todos os campos científicos em que atuou. Em Matemática, Física Matemática e Mecânica Celeste, Poincaré fez inúmeras contribuições. Estudou o secular **problema dos três corpos**, lançando as ideias fundamentais para as hoje denominadas **teorias do caos**. Apresentou de forma simples e moderna o grupo das transformações de Lorentz, formulou o moderno princípio da relatividade e mostrou a invariância das equações de Maxwell quando submetidas às transformações de Lorentz, um importante passo para a síntese da teoria especial da relatividade de Einstein. Em 1873, Poincaré entrou para a École Polytechnique, onde estudou Matemática, foi orientado de Charles Hermite e publicou seu primeiro artigo científico em 1874. Em 1876, graduou-se e ingressou na École de Mines, recebendo o grau de engenheiro de minas em 1879, paralelamente aos preparativos para o seu doutorado em Matemática.

b) Para $v = 0,6 \cdot c$, temos: $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{0,6 \cdot c}{c}\right)^2}} \Rightarrow \gamma = \frac{1}{\sqrt{0,64}} \Rightarrow \gamma = 1,250$

c) Para $v = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot c$, temos: $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{c}{c}\right)^2}} \Rightarrow \gamma = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{4}}} \Rightarrow \gamma = 2,0$

d) Para $v = 0,99 \cdot c$, temos: $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{0,99 \cdot c}{c}\right)^2}} \Rightarrow \gamma = \frac{1}{\sqrt{0,0199}} \Rightarrow \gamma = 7,088$

O gráfico abaixo mostra como o fator γ varia com a velocidade v .



Observe que, como $v < c$, sempre teremos $\gamma > 1$.

Lorentz e Poincaré não atribuíram um significado prático para esse grupo de equações. Para eles essas equações representavam apenas manipulações matemáticas para transformar coordenadas cartesianas de um referencial inercial para outro, em movimento relativo. Coube ao físico alemão Albert Einstein encontrar o profundo significado físico dessas relações e suas implicações na compreensão do universo. Essas equações ficaram conhecidas como **equações de transformação de Lorentz**.

O notável dessas transformações é que elas se reduzem às transformações de Galileu, quando v é muito menor que c ($v \ll c$). Vejamos:

Se $v \ll c$, temos $\frac{v}{c} \ll 1$ e portanto $\gamma \approx 1$. Assim,

$$x' = \gamma \cdot (x - v \cdot t) \Rightarrow x' = 1 \cdot (x - v \cdot t) \Rightarrow x' = x - v \cdot t$$

que é a equação de transformação de Galileu de S para S' .

O mesmo ocorre com a transformação do tempo. Se $v \ll c$, então $\frac{v}{c^2} \rightarrow 0$.

Assim:

$$t' = \gamma \cdot \left(t - \frac{v}{c^2} \cdot x \right) \Rightarrow t' = 1 \cdot \left(t - \frac{v}{c^2} \cdot x \right) \Rightarrow t' = t$$

4 A relatividade de Einstein

Em 1905, **Albert Einstein**, aparentemente sem conhecimento da maior parte dos trabalhos já realizados sobre a incompatibilidade entre as equações de conversão de Galileu e o Eletromagnetismo, apresentou uma teoria que, além de resolver esse conflito, revolucionou os conceitos de espaço e tempo até então concebidos. Chamou-a **teoria da relatividade restrita**, uma vez que tratava apenas de referenciais inerciais, mas é também conhecida como **teoria especial da relatividade**.

Essa teoria fundamentou-se em dois postulados.

Princípio da relatividade: as leis da física são as mesmas em todos os referenciais inerciais.

Princípio da constância da velocidade da luz: a velocidade da luz no vácuo vale $c \approx 300.000$ km/s em todos os referenciais inerciais, independentemente do movimento da fonte em relação ao observador.

O primeiro princípio, referente às leis da Mecânica, da Termodinâmica, da Óptica, da Eletricidade e do Magnetismo, é uma generalização do princípio da relatividade de Galileu-Newton, que se aplicava somente às leis da Mecânica. Essa generalização foi possível pela modificação dos conceitos de espaço e tempo.

Do ponto de vista experimental, o princípio da relatividade de Einstein afirma que qualquer experiência realizada num laboratório em repouso daria os mesmos resultados se repetida em outro laboratório movendo-se com velocidade constante relativamente ao primeiro. Assim, não existe referencial inercial preferencial.

O segundo princípio está em perfeito acordo com o primeiro, uma vez que, se a velocidade da luz fosse c somente para algum referencial especial, este poderia ser identificado ou distinguido entre outros por experiências envolvendo a velocidade da luz, o que estaria em contradição com o primeiro princípio.

Outra consequência do segundo postulado é ser o valor 300.000 km/s o **limite para as velocidades** na Natureza. Nenhuma **partícula** nem **sinal** pode mover-se com velocidade superior a c .

Esses dois princípios levam a certas consequências que contrariam o senso comum. A seguir, discutiremos quatro delas: a **relatividade da simultaneidade**, a **dilatação do tempo**, a **contração do espaço** e o **efeito Doppler relativístico**.

Albert Einstein



Retrato de Einstein (1879-1955) em 1920.

Físico teórico, nascido na Alemanha Imperial, ficou mais conhecido pelas suas teorias do espaço-tempo, as relatividades especial e geral, porém recebeu o Prêmio Nobel de Física em 1921 pela explicação do **efeito fotoelétrico**.

Em 1905 publicou o artigo *Sobre a Eletrodinâmica dos corpos em movimento*, provocando uma verdadeira revolução nos conceitos de espaço, tempo, massa e energia que, juntamente com a teoria quântica de Max Planck de 1900, colocaram em choque o mundo da Física na época. Estas duas teorias estabeleceram uma fronteira entre a Física até 1900, hoje chamada de **Física Clássica**, e a Física após 1900, denominada **Física Moderna**.

No seu artigo de 1905, Einstein demonstrou a equivalência massa-energia, apresentando ao mundo científico a equação $E = m \cdot c^2$, considerada a equação mais conhecida do século XX.

Os resultados apresentados por Einstein geraram controvérsias durante muitos anos, mesmo tendo o apoio de físicos de prestígio como Max Planck e Sir Arthur Eddington. Confirmações experimentais só foram possíveis vários anos depois, com o avanço tecnológico nos experimentos com partículas de altas energias.

Einstein também atuou com brilhantismo nos campos da Termodinâmica, da Física Estatística, da Cosmologia, das Mecânicas Quânticas Relativística e não relativística, das Teorias de Unificação etc., tendo publicado mais de 300 artigos ao longo de sua carreira.

Atividade em grupo

Um dos postulados da teoria especial da relatividade (TER) é a velocidade de propagação da luz no vácuo (c) ser o **limite de velocidade do universo**, para a matéria e sinais que transmitam informações. Entretanto, desde a sua publicação, em 1905, há quem queria “derrubar” esse postulado, até agora inabalável, propondo experimentos e situações hipotéticas que buscam as **velocidades superluminais**, isto é, maiores que a velocidade da luz no vácuo. Existem pesquisas sérias em todo o mundo sobre esse assunto, mas ainda sem sucesso. Forme um grupo com mais dois colegas e pesquise algumas dessas tentativas de “desbançar” a TER de Einstein. Existem livros e sítios, em português e outros idiomas, que tratam desse tema no nível do ensino médio. Apresente os resultados aos colegas de classe, em data a ser marcada pelo(a) professor(a).

5 Consequências da relatividade de Einstein

A relatividade da simultaneidade

Se dois eventos ocorrem num mesmo instante em um dado referencial, diremos que eles são **simultâneos** nesse referencial. Entretanto, esses mesmos eventos **não serão necessariamente** simultâneos em outros referenciais.

O que diz a mídia!

O eclipse de Einstein

Um dos maiores orgulhos do morador de Sobral é saber que Albert Einstein tomou conhecimento da existência do município. Foi com informações coletadas lá, e na África, que a Relatividade, até então uma teoria, ficou comprovada, num eclipse total do Sol, em 1919.

[...]

Era de conhecimento dos cientistas que em 29 de maio haveria um eclipse total do Sol. Os melhores pontos de observação estavam na Ilha do Príncipe, na África, e na cidade cearense. Equipes foram despachadas para os dois locais. Se Einstein estivesse correto, e o céu livre de nuvens, fotos feitas durante o eclipse registrariam a alteração que o campo gravitacional do Sol provoca na luz das estrelas. Segundo a teoria, um forte campo gravitacional, como o do Sol, deforma o espaço a sua volta. Com isso, a luz das estrelas próximas tem sua trajetória desviada, fazendo uma curva.

Esse efeito só é visível durante um eclipse porque, para ver a luz das estrelas, é necessário que esteja escuro. “É a única ocasião em que se pode observar a luz das estrelas passando perto da borda do Sol”, explica o físico Roberto de Andrade Martins, de 50 anos, professor da Unicamp.

[...]

A escuridão foi suficiente para ajudar a comprovar a Teoria da Relatividade e assustar os moradores. Maria, que cresceu ouvindo histórias do eclipse, conta que muita gente ficou em casa rezando, na certeza de que o fim do mundo chegara. Outras refugiaram-se nas igrejas. As galinhas voltaram para os poleiros, as crianças choravam, o alvoroço tomou conta da cidade.

[...]

De acordo com Martins, o eclipse foi crucial para o sucesso da teoria. “A confirmação do desvio e de outros pontos teve repercussão imediata”, afirma. “Einstein e a Relatividade passaram a ser conhecidos e respeitados.”

“O mundo moderno começou em 29 de maio de 1919, quando fotografias de um eclipse solar, tiradas na Ilha do Príncipe, na África Ocidental, e em Sobral, no Brasil, confirmaram a verdade da nova teoria do universo”, escreveu o historiador Paul Johnson, no livro *Os tempos modernos: o mundo dos anos 20 aos 90*.

Os cientistas instalaram a parafernália que ajudou a comprovar a teoria em vários pontos de Sobral. Sobre um deles a prefeitura edificou o museu, um prédio moderno, em formato circular, partido ao meio. Como duas metades de uma lua cheia.

O museu, que desde a inauguração recebeu mais de 12.400 visitantes, tem fotografias, mapas do céu e da Terra e diversas engenhocas que explicam em detalhes o eclipse e como se comprovou a teoria de Einstein. Além dos jornais da época.

[...]

Os sobralenses gostam de exagerar o papel da cidade na comprovação da teoria de Albert Einstein. “Nossas fotos foram as melhores”, diz Maria. Martins, da Unicamp, lembra que os cientistas da época elaboraram o parecer científico final com base no conjunto das imagens registradas no Brasil e na África.

Com o Museu do Eclipse, a cidade celebra sua participação em uma descoberta que definitivamente mudou a história da humanidade. “A Relatividade modificou os conceitos em todas as esferas da vida”, afirma o secretário municipal de Cultura, Desporto e Mobilização Social, Clodoveu de Arruda, 41 anos. Era Sobral na vanguarda!

HRITSCH, R. *O Estado de S. Paulo*, Caderno Cidades, 16 abr. 2000.

Questão

Como a observação do eclipse solar na cidade de Sobral possibilitou a comprovação da teoria da Relatividade Geral de Einstein?

Sugestões de leitura

- *Einstein e o universo relativístico*, de Marco Braga, Jairo Freitas, José Cláudio Reis e Andrea Guerra (São Paulo, Atual Editora, 1. ed., 2000, Coleção Ciência Hoje)
Texto simples de introdução à relatividade especial, com várias ilustrações mostrando os efeitos da velocidade sobre os fenômenos físicos.
- *Einstein estava certo? Colocando a relatividade geral à prova*, de Clifford M. Will (Brasília, Editora da Universidade de Brasília, 1. ed., 1996)
Mostra diversas situações que confirmam as previsões das teorias relativísticas de Einstein, muito combatidas e frequentemente contestadas por muitos físicos.
- *O que é a teoria da relatividade?*, de L. Landau e Y. Rumer (São Paulo, Editora Hermus, 1. ed., 2004)
Trata o assunto com simplicidade sem perder o rigor científico. Dá uma boa ideia da relação entre relatividade e cotidiano.

ANEXO B – LIVRO DIDÁTICO - COMPREENDENDO A FÍSICA (2016)

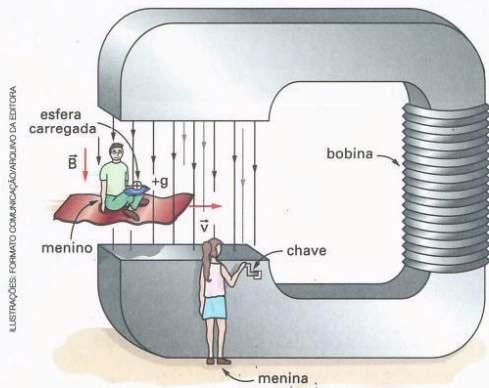


1. Introdução

Nosso estudo da física moderna começou no capítulo anterior, quando fomos apresentados a uma nova partícula, o fóton, e a um dos seus principais personagens, Albert Einstein.

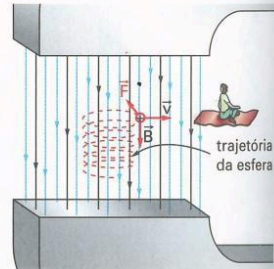
Einstein deu a solução a um dos impasses teórico-experimentais, surgidos na física no final do século XIX, relacionado ao eletromagnetismo: era o significado da constante c das equações de Maxwell, identificada como a velocidade da luz no vácuo. Essa identificação era contraditória para a física clássica. Como a velocidade da luz poderia ser constante se a luz se propagava no éter e as fontes de luz se moviam nos mais diferentes sentidos através do éter?

Outro impasse era ainda mais fundamental. O eletromagnetismo, que unificou a eletricidade, o magnetismo e a óptica, acabou, paradoxalmente, originando uma grande divisão na física. As leis da mecânica newtoniana não eram sempre válidas para o eletromagnetismo. Um exemplo muito intrigante é o que chamamos aqui de "mistério do tapete mágico", ilustrado a seguir:

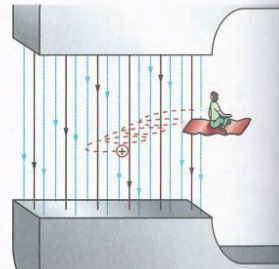


Um menino voa num tapete mágico, próximo ao solo, com velocidade constante \vec{v} , horizontal, levando no colo uma pequena esfera positivamente carregada, apoiada sem atrito sobre uma almofada isolante. Em determinado momento, ele atravessa por entre os polos de um grande eletroímã que pode gerar um campo magnético uniforme, cujo vetor campo magnético \vec{B} está orientado verticalmente para baixo. Nesse momento, ao lado do eletroímã, uma menina parada no solo liga o eletroímã. O que acontece com a esfera carregada? O eletromagnetismo, que estudamos até o capítulo anterior, dá duas respostas diferentes a essa pergunta.

A primeira, em relação à menina, para quem o menino e a esfera têm a mesma velocidade do tapete mágico. Veja as figuras:



(a) O que a menina vê.



(b) O que a menina acha que o menino vê.

Como mostra a figura **a**, a esfera carregada e o menino têm a mesma velocidade. Assim, para a menina, quando ela liga o eletroímã, surge um campo magnético nessa região e, em consequência, aparece uma força magnética exercida sobre a esfera, por causa de sua velocidade perpendicular a esse campo magnético. Pela regra da mão direita, no instante inicial, essa força se orienta lateralmente para a esquerda do menino, como vimos no exercício resolvido 2 do capítulo 1. A esfera passa a descrever círculos (nesse caso em espiral para baixo, porque sobre ela é exercida também a força peso). Se o menino visse a mesma realidade da menina (figura **b**), deveria ver a esfera sair de suas mãos, passando a descrever uma espiral caindo para trás.

A segunda, em relação ao menino, para o qual a velocidade da esfera é nula: não havendo velocidade relativa, não há força magnética (da expressão $F = q\vec{v} \times \vec{B}$), e a esfera permanece sobre a almofada, em repouso.

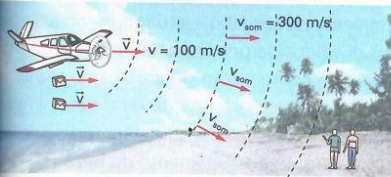
Afinal, o que de fato ocorre? Quem vê a realidade? O menino, que vê a esfera manter-se em repouso sobre sua almofada, ou a menina, que vê a esfera abandonar a almofada, em círculos? Até o advento da teoria da relatividade restrita, a resposta a essa pergunta só poderia ser dada considerando um referencial absoluto. Hoje sabemos que não existe referencial absoluto.

éter, meio hipotético de propriedades extraordinárias que permeava todo o universo (veja *O maravilhoso* na página 317). A mecânica e o eletromagnetismo davam a mesma interpretação para os fenômenos de natureza em relação a esse referencial privilegiado; para outros, as interpretações eram diferentes. Para Einstein essa era, certamente, uma condição desconfortável e insatisfatória.

Questões como essas começaram a preocupar Einstein desde os dezesseis anos. Dez anos de reflexão e estudo fizeram com que ele concluísse que o tempo era o "culpado" dessa inconsistência teórica (veja *Albert Einstein* na página 317). Por isso, o tempo é o ponto de partida do nosso estudo.

A relatividade e o movimento ondulatório

Suponha que um avião, transportando mantimentos para um grupo de naufragos numa ilha, voe horizontalmente com velocidade de 100 m/s em relação ao solo. Para avisar aos naufragos que vai soltar os pacotes de mantimentos, o piloto do avião toca uma sirene. A velocidade horizontal dos pacotes em relação ao solo é a mesma do avião, 100 m/s, pois os pacotes continuam no avião, até o instante em que foram soltos. Assim, em relação à velocidade do som da sirene, a situação é outra. O som não "estava" no avião. Som não é um objeto, como pacotes de mantimentos, é uma onda mecânica que, nesse caso, se propaga através do ar. Assim, a velocidade do som em relação ao solo é a velocidade do som no ar. Essa velocidade depende do meio em que o som se propaga; não é alterada pela velocidade do avião (isso não significa que não houve variação nas características da onda sonora; como vimos no capítulo 3 do volume 2, a frequência e o comprimento de onda dessas ondas sonoras se alteram por causa do movimento da fonte). Veja a figura:



Velocidade horizontal dos pacotes em relação ao solo é a mesma do avião; a velocidade do som da sirene é a velocidade do som no ar; se em relação ao solo ela é 300 m/s, em relação ao avião é 200 m/s (observe que a velocidade do som, como a velocidade de toda propagação ondulatória, não tem direção e sentido determinados).

Mas o valor da velocidade do som, como o da velocidade de qualquer onda mecânica, depende do referencial, da mesma forma que o módulo da velocidade de corpos materiais. Se nesse local a velocidade do som no ar é 300 m/s em relação ao solo, em relação a um referencial fixado no avião ela será 200 m/s.

A independência entre a velocidade da fonte e a velocidade da onda que ela emite tem consequências intrigantes. Se a fonte for mais veloz que a onda, ela não é capaz de detectá-la. É o caso do piloto de um avião supersônico, que não ouve o ruído externo do seu próprio avião. Da mesma forma, é possível imaginar que, se alguém pudesse viajar com uma velocidade igual ou maior do que a da luz olhando para um espelho, não veria à sua própria imagem! ▶

Além disso, essa independência de velocidades permite a obtenção de informações a respeito do movimento da fonte pelo estudo dos movimentos da fonte e da onda através do meio pelo qual atravessam. Assim, suponha que uma fonte sonora colocada no convés de um navio emita um pulso que se reflete em dois refletores, um na sua frente, na direção do movimento, e outro na lateral, na perpendicular ao movimento: é possível determinar a velocidade do navio em relação ao ar conhecendo a velocidade de propagação da onda e medindo a diferença dos tempos gastos por esse pulso em cada um dos dois percursos de ida e volta. E para isso só são necessários instrumentos de medida de alta precisão, pois a teoria para o cálculo exige apenas o conhecimento da cinemática elementar.

Essa foi a ideia em que se baseou o físico norte-americano Albert A. Michelson (1852-1931) para a elaboração de um projeto que tem por objetivo medir a velocidade orbital da Terra (vamos nos referir a esse projeto em seguida). Para justificar a viabilidade desse projeto e conseguir financiamento para realizá-lo, Michelson usou como argumento o exemplo de dois nadadores que, ao disputarem uma corrida em um rio, percorrem a mesma distância ida e volta, mas um na direção da correnteza e o outro na direção perpendicular a ela. Dizia ele que, nesse caso, um nadador está "se esforçando para nadar contra a corrente e voltar, enquanto o outro, embora nadando a mesma distância, somente cruza uma margem a outra e volta. O segundo nadador sempre sairá vencedor, caso haja corrente no rio".*

* Johnson, G. *Os dez experimentos mais belos da ciência*. São Paulo: Larrousse, 2008. p.130.

Assim como da diferença dos tempos gastos pelos dois nadadores é possível determinar a velocidade de cada nadador em relação à corrente, seria também possível determinar a velocidade da Terra que navegava pelo éter.

O espelho de Einstein

Observe a figura:

FONTE: COMUNICAÇÃO ARQUIVO DA EDITORA



A supermulher, voando à velocidade da luz, consegue retocar sua maquiagem?

De acordo com a física clássica, a resposta à questão da legenda da figura é *não!* A luz que sai do rosto da supermulher não atinge o espelho porque este, como a supermulher, também viaja com a velocidade da luz.

Essa foi uma das experiências de pensamento que convenceram Einstein de que a velocidade da luz deveria ter alguma característica muito especial. Embora na época em que essas questões o afligiam não houvesse nenhum princípio físico que “permitisse” ou “impedisse” uma pessoa de se ver no espelho na velocidade da luz, Einstein tinha a convicção de que essa era uma situação absurda. Uma coisa dessa seria impossível, a natureza não “permitiria”. A luz não poderia ficar parada junto ao rosto da pessoa que voasse a tal velocidade ou ir para trás se ela acelerasse! E, de fato, não permite — é o que afirma a teoria da relatividade, formulada por Einstein.

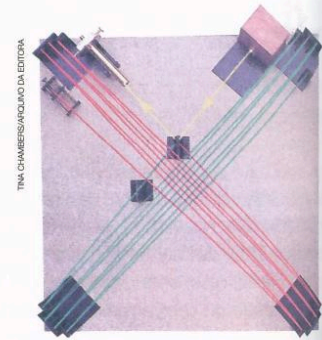
3. O enigma do éter

No final do século XIX era inconcebível admitir que uma onda, qualquer que fosse sua natureza, pudesse propagar-se no vazio absoluto. Por isso, as ondas eletromagnéticas, como qualquer propagação ondulatória, deveriam ter um meio material para se propagarem. Esse meio material seria o mesmo onde seria fixado o referencial absoluto que resolvia o problema da incoerência de interpretação dos fenômenos eletromagnéticos em referenciais diferentes. A existência do éter era, portanto, uma hipótese da qual a física clássica não podia abrir mão, uma verdade não apenas indiscutível, mas indispensável.

Mas a experiência projetada por Michelson para medir a velocidade da Terra através do éter colocou em dúvida a existência desse meio. Veja a seguir as trações do equipamento e do processo:



Reprodução fiel (baseada em foto) do equipamento usado por Michelson e Morley: a fonte, os espelhos e o detector (luneta) estão fixados numa base de pedra, que flutua numa cuba semiesférica de mercúrio para evitar trepidações.



Trajetória do raio de luz da fonte (no alto, à direita) ao detector (no alto à esquerda).

O raio de luz oriundo da fonte é dividido em dois pelo espelho semiprateado e reunido novamente formando uma figura de interferência no detector. Em amarelo está representado o percurso comum, em verde e vermelho estão representados os percursos divididos perpendiculares entre si.

Assim como o som se propaga no ar, a luz deveria propagar-se pelo éter e, como no exemplo dos nadadores usado por Michelson, o tempo do percurso da luz na direção do movimento da Terra através do éter deveria ser maior que o tempo percorrido pela luz na direção perpendicular ao movimento da Terra.

Mas as previsões teóricas falharam. Se houvesse diferença de tempo no percurso da luz, haveria uma alteração na figura de interferência vista no detector.

...nada aconteceu: o tempo gasto pela luz foi sempre o mesmo, em qualquer percurso.

O resultado dessa experiência foi dramático para a física, pois só admitia duas explicações: ou a velocidade da luz através do éter era nula, ou o éter não existia.

A primeira hipótese era inaceitável: a velocidade da luz através do espaço já era conhecida e seu movimento, indiscutível. Restava admitir que o éter não existia e que a luz era a propagação de uma onda através do vazio. Mais ainda: se o éter não existisse, não haveria referencial absoluto no Universo. E, não havendo referencial absoluto no Universo, não haveria solução para as incoerências entre os fenômenos eletromagnéticos estudados em diferentes referenciais, que apresentamos no início deste capítulo.

Essas conclusões eram tão inquietadoras, tanto física quanto filosoficamente, que essa experiência foi refeita não menos quinze vezes durante cinquenta anos!

Como a natureza parecia não se comover com essa perturbação, os físicos passaram a buscar hipóteses para salvar o éter (veja *A contração dos comprimentos* na página 319), mas a solução só veio com o advento de uma nova teoria, a teoria da relatividade restrita, de Einstein.

Os postulados da teoria da relatividade restrita

Depois de muitos anos refletindo sobre as dificuldades da física do seu tempo, Einstein publicou a teoria em 1905, num artigo intitulado "Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento". Nele são enunciados os dois postulados básicos da teoria da relatividade restrita.

O primeiro, denominado *princípio da relatividade*, é uma generalização das conclusões de Galileu e Newton em relação aos referenciais inerciais. Além de negar a impossibilidade de se distinguir repouso e movimento em referenciais inerciais, esse princípio nega a existência de um referencial absoluto em todo o Universo. Não existe um referencial "melhor" que o outro. E, não existindo referencial absoluto, deixava de existir a necessidade teórica de um meio suporte para esse referencial. Desse modo, Einstein, que ao postular o *quantum* de luz eliminou a necessidade da existência do éter como meio de suporte das ondas eletromagnéticas, libertava — agora definitivamente — a física da necessidade dessa incômoda entidade de propriedades mirabolantes e impossível de detectar. Assim, o primeiro postulado ou princípio da relatividade afirma:

As leis da física são as mesmas para todos os observadores em quaisquer sistemas de referência inerciais.

Em outras palavras, observadores em diferentes sistemas de referência inerciais devem sempre observar o mesmo fenômeno físico, da mesma forma. Assim, no exemplo do tapete mágico, tanto o menino passageiro como a menina observadora devem ver o mesmo fenômeno. A física volta a ser uma ciência única, de leis universalmente válidas. É claro que para isso foi necessário fazer ajustes na teoria eletromagnética; é por isso que o título do artigo que apresenta a nova teoria se refere à "eletrodinâmica dos corpos em movimento".

O segundo postulado, conhecido como *princípio da constância da velocidade da luz*, estabelece que:

A velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor para todos os observadores, qualquer que seja o seu movimento ou o movimento da fonte.

Já vimos que a velocidade das ondas, como a velocidade do som, depende apenas das propriedades do meio em que as ondas se propagam. Mas toda velocidade, seja de partículas, seja de ondas, depende do referencial. Esse princípio, no entanto, estabelece uma estranha exceção. Para a luz, assim como para qualquer radiação eletromagnética, isso não ocorre. A sua velocidade é sempre a mesma, qualquer que seja o sistema de referência considerado. Por isso a experiência de Michelson-Morley não deu o resultado esperado.

Esses postulados foram estabelecidos por Einstein a partir da sua leitura lógica da natureza reforçada por muitas ideias embrionárias a respeito, sugeridas pelos físicos contemporâneos. A teoria da relatividade restrita não partiu de comprovações teóricas ou evidências experimentais, mas acrescentou novas regras sintetizadas por Einstein sobre como poderiam ser superadas as dificuldades teóricas que a física da época enfrentava. Ele não provou seus postulados — e por isso são postulados —, apenas concluiu que assim devia ser a natureza, pois só dessa forma se explicariam ou se harmonizariam as diferentes teorias e observações experimentais conhecidas até sua época.

Desde a formulação desses postulados, inúmeras comprovações experimentais têm sido obtidas, não só deles, mas de suas consequências, algumas ainda mais intrigantes que os próprios princípios que lhes deram origem.

Conhecendo um pouco mais...

O maravilhoso éter

Para entender a importância da descoberta do éter no final do século XIX, vamos aqui o trecho de um anti-
didático de física de um dos físicos mais adotados e de maior renome em todo o mundo (inclusive no Brasil) no final do século XIX e início do século XX, o físico francês Gabriel Lippmann e Henri Becquerel e Pierre Curie e Marie Curie. Ganot (1804-1887):

“O éter – Os antigos filósofos atômicos completavam o seu sistema com a constituição da matéria afirmando que os átomos estão em estado de perpétuo movimento e que estão separados uns dos outros por espaços infinitamente vazios. Os físicos atuais, porém, adotam a primeira hipótese, e rejeitam esta última.

Os intervalos ou poros moleculares não são vazios: eles estão preenchi-

dos por um meio sutil, *infinitamente mais tênue* que os gases mais leves, *absolutamente inerte e perfeitamente elástico*, que chamamos *éter*. Esse novo corpo, que constitui uma espécie de quarto estado físico da matéria, penetra intimamente, embebe, de alguma forma, todos os outros corpos, sólidos, líquidos ou gasosos. Ele não se encontra apenas na vizinhança da Terra, como a atmosfera presa pelo seu peso; ele preenche tanto os espaços interplanetários como os poros intermoleculares e serve de intermediário universal entre todos os constituintes do Universo. Não é possível tocá-lo, nem vê-lo, nem percebê-lo diretamente com o auxílio dos sentidos; mas é impossível, no estágio atual da ciência, deixar de admitir a sua existência*.”

ciência da física

Curioso, e motivo de reflexão, é notar que esta frase de Ganot: “Os físicos atuais, embora adotem a primeira hipótese, rejeitam esta última”, hoje seria escrita mais ou menos assim: “Os físicos atuais adotam a primeira hipótese, embora com inúmeras complementações, e concordam integralmente com esta última”. Hoje todas as propriedades do éter relacionadas por Ganot parecem muito mais mirabolantes do que as ideias dos antigos filósofos atomistas, mas, como ele diz com muita correção e sensatez, era impossível, no estágio em que a ciência estava na época, “deixar de admitir a sua existência [do éter]”. Em outras palavras, a verdade em ciência é dada, depende do que a própria ciência considera válido em cada época.

Albert Einstein

Einstein é um dos maiores físicos de todos os tempos e provavelmente o mais popular da história da física. Sua popularidade levou a sua mitificação. Há muitos relatos contraditórios sobre sua vida e de sua personalidade. As histórias famosas atribuídas a Einstein quase sempre colocadas entre si, dificilmente coincidem nas mesmas fontes em que aparecem. Assim, tudo o que se conta ou se escreve a seu respeito deve ser ouvido com alguma reserva.

Einstein nasceu em Ulm, na Alemanha, no dia 14 de março de 1879,

e logo mudou-se para Munique, onde passou a infância. Segundo sua irmã, Maja, ele começou a falar muito tarde, aos três anos de idade, e só aos dez falava fluentemente. Talvez isso tenha contribuído para um dos mitos mais frequentes da sua história, o de ter sido um aluno medíocre. Na verdade, ele tinha notas excelentes em quase todas as matérias, mas não se adaptava bem à rígida e autoritária disciplina escolar da época. Por isso, muitos professores não gostavam dele, daí a origem de alguns relatos desfavoráveis, que reforçam sua ima-

ciência da física

gem de mau aluno. Um desses professores, que dava aulas de grego, teria dito que pouco importava a profissão que Einstein escolhesse, ele fracassaria em qualquer uma.

O interesse de Einstein pela física começou precocemente, aos quatro ou cinco anos, quando se encantou com uma bússola dada por seu pai. Na adolescência, preocupava-se com a estrutura e a organização do Universo. Segundo muitos de seus relatos, grande parte de seus trabalhos originou-se de questões surgidas nessa época. Além de física, gostava de música. Por

*G. A. Cours de Physique. Paris, Hachette, 1887. p. 24.

Conhecendo um pouco mais...

influência de sua mãe, aprendeu piano e violino, instrumentos que nunca deixou de tocar durante toda a vida.

Em 1894, seu pai faleceu e mudou-se para Milão, na Itália, deixando Einstein sozinho na Alemanha para completar seus estudos. A solidão parece ter agrado seu desajustamento escolar. Em pouco tempo, abandonou os estudos, indo juntar-se à família em Milão.

Sem terminar o *gymnasium* — o ensino médio alemão —, restou a Einstein cursar o Ensino Superior no Instituto Politécnico de Zurique, na Suíça, onde não se exigia diploma, apenas um exame de seleção. Prestou exame em 1895, mas, sem estar preparado, não passou. Ingressou, em seguida, num curso preparatório na Suíça, na primeira escola onde sentiu prazer em estudar. Foi aprovado no exame de seleção de 1896 para um curso de formação de professores. No mesmo ano, renunciou à cidadania alemã e, mais tarde, adotou a cidadania suíça, que manteve por toda a vida.

Na faculdade, sua conduta como aluno não melhorou muito, mas sua genialidade começava a ser reconhecida. Conta-se que um de seus professores teria dito que Einstein era muito inteligente, mas tinha um grande defeito: não deixava que lhe ensinassem nada. Ao que se diz, Einstein só acreditava no que aprendia por conta própria, não confiava nos seus professores. Por isso, quando se formou, em 1900, nenhum de seus professores quis trabalhar com ele ou se preocupou em conseguir-lhe um emprego. Einstein trabalhou como professor substituto e dava aulas particulares. Só em 1902 um amigo da família conseguiu a nomeação de Einstein como “perito téc-

nico de terceira classe” no Escritório Suíço de Patentes de Berna, um emprego modesto, mas ideal para Einstein, pois lhe proporcionava tempo livre para refletir e publicar artigos.

De 1901 a 1904, Einstein publicou cinco trabalhos científicos sobre a teoria cinética dos gases e a termodinâmica nos *Annalen der Physik*, prestigiosa publicação científica alemã, mas foi em 1905 que toda sua genialidade eclodiu. Nesse ano, Einstein publicou três artigos extraordinários. O primeiro, publicado em março, formula a hipótese dos *quanta* de luz e, como consequência, a explicação do efeito fotoelétrico. O segundo, em maio, contém a teoria do movimento browniano — movimento aleatório de partículas sólidas num fluido —, que foi mais uma comprovação da existência do átomo, obtendo-se, assim, a constante de Planck por outro caminho. O terceiro, em junho, expõe a teoria da relatividade restrita, objeto deste capítulo. Qualquer uma dessas obras, individualmente, seria suficiente para consagrar um cientista para o resto da vida.

A partir de 1907, Einstein passou a dedicar-se à generalização de sua teoria da relatividade. Em 1913, já consagrado, retornou à Alemanha, como professor na Universidade de Berlim. Mas, em 1914, começou a ter dificuldades em sua terra natal. Foi o único dos grandes cientistas alemães a negar o apoio explícito exigido pelo imperador à entrada da Alemanha na Primeira Grande Guerra.

Em 1915, Einstein chegou à formulação definitiva da teoria da relatividade geral. Dois anos depois, publicou um trabalho em que trata a emissão de luz de um ponto de vista estatístico, corpuscular, formulando

a teoria da emissão estimulada, base tecnológica dos raios laser.

Em 1919, uma das previsões da teoria da relatividade geral foi comprovada durante um eclipse do Sol. A expedição em torno do evento, largamente cobrada pela imprensa da época, e a confirmação de sua previsão consagraram Einstein, tornando-o um fenômeno mundial de popularidade na ciência.

Em 1921, Einstein ganhou o Prêmio Nobel de Física pela explicação do efeito fotoelétrico e “pelo seu trabalho no campo da física teórica”. Não havia referência explícita à relatividade, o que mostra a dificuldade que a comunidade científica sentia para aceitar as novas ideias.

Em 1924, Einstein publicou na revista científica alemã, a tradução de um trabalho do físico indiano Srinivasa Nath Bose (1894-1974), apresentando um novo tratamento estatístico para os fótons. Mais tarde, mostrou que a estatística de Bose podia ser aplicada também a moléculas. Essa estatística daria origem a uma das grandes famílias de partículas elementares, conhecida hoje como *bosões* (outra é dos *férmions*).

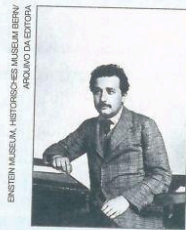
Aos poucos, a fama transformou Einstein numa personalidade politicamente engajada. Em 1921, aderiu ao movimento sionista, que lutava pela criação de um estado judeu em Palestina. Mais tarde, em 1952, foi a ser convidado para a Presidência de Israel. Em 1933, quando Hitler chegou ao poder, a permanência de Einstein na Alemanha tornou-se insustentável. Mudou-se para os Estados Unidos, passando a trabalhar no Instituto de Estudos Avançados de Princeton, onde permaneceu até 1945.

última ação política ocorreu em esse ano, dois físicos húngaros, Paul Dirac (1898-1964) e Eugene Wigner (1902-1995), convenceram Einstein do perigo representado pelo projeto dos cientistas alemães na física nuclear que poderia levar os nazistas à construção de uma bomba atômica.

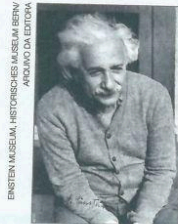
Einstein enviou uma carta ao presidente norte-americano Franklin D. Roosevelt relatando esse perigo, o que levou os Estados Unidos ao desenvolvimento de um projeto para a construção da primeira bomba atômica.

Einstein trabalhou até o fim da vida buscando, sem sucesso, uma teoria que

unificasse o eletromagnetismo e a gravitação. Até hoje, esse é um dos objetivos ainda não alcançados pela física, apesar de recentes avanços significativos. Einstein permaneceu em Princeton até a sua morte, em 18 de abril de 1955.



(a)

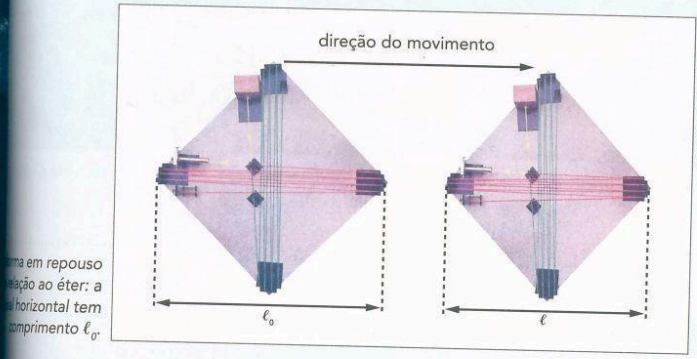


(b)

Dois momentos na vida de Einstein: (a) no escritório de patentes, em Berna, Suíça, 1905; (b) em Princeton, Estados Unidos, 1940.

contração dos comprimentos

Uma importante tentativa de "salvar o éter" foi proposta por Lorentz (veja o quadro *Hendrick Lorentz* no capítulo 8) e o holandês George FitzGerald (1851-1901). De acordo com essa hipótese, os corpos, ao se moverem através do éter, teriam seu comprimento encurtado na direção do movimento. Por isso a experiência de Michelson-Morley não podia detectar o éter.



Plataforma em movimento em relação ao éter: a diagonal na direção do movimento tem comprimento $l < l_0$.

Se a plataforma estivesse em repouso em relação ao éter, os braços percorridos pelos raios de luz em verde e em vermelho teriam sempre e exatamente o mesmo comprimento l_0 , mas, de acordo com essa hipótese, o comprimento percorrido na direção do éter, seria ligeiramente menor e por isso

não teria sido detectado (na figura ele está exagerado, para ser percebido).

Assim, um corpo com comprimento l_0 , em repouso em relação a determinado referencial, movendo-se com velocidade v através do éter, passaria a ter um comprimento $l < l_0$, menor, dado pela expressão:

$$l = l_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Como se vê, é a mesma expressão da teoria da relatividade, mas para Lorentz-FitzGerald a contração seria real, não consequência de medidas realizadas em referenciais diferentes, como ocorre na teoria de Einstein.

ANEXO C – LIVRO DIDÁTICO - SER PROTAGONISTA (2013)



3. Teoria da relatividade

No início do século XX, a teoria da relatividade consagraria as intensas mudanças que vinham se processando no cenário científico, tornando inadiável a adoção de uma nova concepção de mundo.

Primeiro a **teoria da relatividade especial** modificaria as concepções de espaço e tempo. Depois, a **teoria da relatividade geral** consolidaria a nova visão de mundo, ao propor que o espaço físico é curvo, e não plano, como se considerava até então. Em consequência da “curvatura do espaço”, surgia uma nova teoria da gravitação, possibilitando explicar a existência de buracos negros e compreender que o Universo se encontra em expansão.

Contexto histórico-científico

Até o início do século passado, todos os fenômenos mecânicos, desde a queda de um corpo na superfície da Terra ao movimento dos planetas em suas órbitas, eram descritos pela Física clássica. De modo geral, esses estudos focalizavam os movimentos e os conceitos fundamentais a eles relacionados: o **espaço** e o **tempo**, ambos considerados conceitos independentes e absolutos. Isso significava que não dependiam do referencial adotado, ou seja, que medidas do espaço e do tempo seriam sempre iguais, mesmo que efetuadas em dois referenciais diferentes e estando um deles em movimento com velocidade constante e o outro parado.

Antes de Newton, Galileu já mostrara interesse no estudo dos movimentos, com a observação dos corpos celestes e também dos movimentos de objetos na superfície terrestre. Um dos resultados desses estudos foi o princípio da “**relatividade de Galileu**” para os movimentos:

As leis dos movimentos são as mesmas em todos os referenciais que se movem de maneira uniforme entre si.

Por volta de 1860, James Clerk Maxwell (1831-1879) desenvolveu sua teoria do eletromagnetismo, na qual os fenômenos eletromagnéticos se propagam com velocidade finita. Maxwell calculou a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas no vácuo e mostrou ser ela equivalente à velocidade da luz, a qual passou a ser entendida como uma **onda eletromagnética** com velocidade constante. Nessa teoria, o éter (um fluido imaterial hipotético que permearia todo o espaço do Universo) ainda era aceito como o meio necessário para a onda de luz se propagar.

Da concepção de Maxwell a respeito da natureza e da propagação da luz, surgiram muitas questões relativas às grandezas físicas e aos referenciais: quais grandezas físicas são absolutas? E, em paralelo, quais são as grandezas relativas? Como se relacionam as medidas de grandezas físicas relativas em cada sistema de referência? Como as equações devem ser escritas para diferentes referenciais?

Na Física clássica, um certo fenômeno é descrito da mesma forma, isto é, pelas mesmas equações, quando os referenciais diferem apenas por uma velocidade constante. Hendrik Lorentz (1853-1928) formulou um conjunto de equações para fazer a correspondência entre as equações de um referencial para outro. Esse conjunto de equações, conhecido como as **transformações de Lorentz**, prevêem a **contração do espaço** e a **dilatação do tempo**, dependendo do referencial tomado para descrever determinado fenômeno.

Em 1905, Albert Einstein (1879-1955) publicou o artigo que apresentava a **teoria da relatividade especial** e o **princípio da relatividade**:

As leis da Física são as mesmas em todos os referenciais que se movem de maneira uniforme entre si.

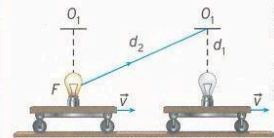
Ligado ao tema

Dilatação do tempo

Para Newton e Galileu, o tempo era absoluto, ou seja, não dependia do referencial em que era medido.

Com a teoria da relatividade, Einstein propôs que a única grandeza que não dependia do referencial adotado era a velocidade da luz. O tempo e o espaço passaram a ser relativos e inter-relacionados.

Para compreender essa ideia, vamos considerar um veículo movendo-se com velocidade constante v (o solo é o referencial inercial). Há uma fonte (F) de luz dentro do veículo, a qual emite um feixe de luz na direção vertical, que é capturado por um observador O_1 , que está dentro do veículo, acima de F .



Pela expressão da velocidade média, calculamos que, após percorrer a distância d_2 , o intervalo de tempo que a luz leva para atingir O_2 é:

$$\Delta t_1 = \frac{d_1}{c}$$

Um observador O_2 , que está no solo, vê a luz percorrer a distância d_2 com velocidade c igual à do observador O_1 . Por isso, a luz demora o intervalo de tempo Δt_2 , dado por:

$$\Delta t_2 = \frac{d_2}{c}$$

Ocorre que a distância d_2 é maior que d_1 . Para manter constante a velocidade c , então:

$$\Delta t_2 > \Delta t_1$$

Como $d_1 = c \cdot \Delta t_1$ e $d_2 = c \cdot \Delta t_2$, o intervalo de tempo Δt_2 pode ser calculado pelo teorema de Pitágoras:

$$(c \cdot \Delta t_2)^2 = (v \cdot \Delta t_2)^2 + (c \cdot \Delta t_1)^2$$

Por meio de cálculos, podemos demonstrar que:

$$\Delta t_2 = \frac{\Delta t_1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Concluímos que o intervalo de tempo para o observador 1 é menor que para o observador 2, o que evidencia a **dilatação do tempo**.

Einstein nos trópicos

A comprovação da teoria geral da relatividade na cidade de Sobral, no Ceará, e na ilha de Príncipe, no golfo da Guiné, em 1919, fez mais pela fama de Albert Einstein do que todos os artigos revolucionários publicados entre 1905 e 1916. O resultado foi anunciado por pesquisadores ingleses em uma sessão solene da Academia de Ciências de Londres e noticiado como de grande importância para a ciência, primeiro no jornal *The Times* e depois pela imprensa de todo o mundo. “Foi um dos primeiros grandes eventos de mídia no século XX”, contou o pesquisador em história da ciência e diretor do Museu de Astronomia e Ciências Afins (Mast), Alfredo Tiomno Tolmasquim. Ao se tornar uma celebridade mundial, o cientista alemão começou a viajar pelo mundo para divulgar suas ideias científicas, receber homenagens e defender o pacifismo e o sionismo. “Foi dentro desse contexto que ele visitou o Brasil, em 1925.” [...]

Uma das ideias básicas da teoria diz que um corpo de grande massa, como o Sol, deforma o espaço em torno de si, e qualquer objeto que passar na região vai seguir essa deformação, inclusive a luz. Como se poderia comprovar a hipótese? Observando a luz de uma estrela passando perto do Sol. “Você olha a luz da estrela perto do Sol, depois olha a luz da estrela longe do Sol e vê se houve alguma mudança” [...]. A única maneira de fazer a observação seria no momento do eclipse do Sol – quando a Lua encobre a luz solar e é possível ver as estrelas que estão próximas. No artigo de 1916, Einstein previu qual seria a deflexão da luz de uma estrela próxima calculando pela massa do Sol. Para fazer a comprovação da teoria, saíram as duas expedições britânicas, para o Ceará e para o golfo da Guiné, na África, que comprovaram a deflexão prevista pelo físico.

Einstein desembarcou no Rio de Janeiro no dia 21 de março, ficou apenas um dia e embarcou para Buenos Aires, onde chegou dia 24. Um mês depois, foi para Montevidéu, ficou uma semana e, em seguida, voltou ao Rio, para ficar mais uma semana. “Ele escreveu suas impressões em um diário de viagem que indica como seu estado de espírito foi se alterando durante a estadia na América do Sul” [...]. “No primeiro dia, achou tudo maravilhoso, mas, na volta para a Alemanha, quase dois

meses depois, não suportava mais o calor, a comida e as homenagens.” Uma das primeiras anotações quando ele chega ao Rio, antes de ir para a Argentina, é: “O Jardim Botânico, bem como a flora de modo geral, supera o sonho das mil e uma noites. Tudo vive e cresce a olhos vistos, por assim dizer. Deliciosa mistura étnica nas ruas: português, índio, negro, com todos os cruzamentos. Espontâneos como plantas, subjugados pelo calor. Experiência fantástica! Indescrevível abundância de impressões em poucas horas”.

Semanas depois, sozinho, sem muitos interlocutores científicos, assediado pela imprensa, participando de inúmeros eventos, solenidades e discursos, o humor dele foi mudando sensivelmente. “A palestra que deu no Clube de Engenharia do Rio, por exemplo, foi uma catástrofe.” O público era composto de militares e diplomatas com as esposas e filhos. O calor era grande, a sala estava superlotada e a janela teve de ser aberta. Piorou, porque havia o barulho da rua. Einstein deu a palestra em francês e desenhou uma série de fórmulas no quadro. Depois escreveu no diário: “Compreensão impossível, a começar pela acústica. Pouco sentido científico. Eu sou um tipo de elefante branco para os outros, eles para mim uns tolos.” Na segunda palestra na Escola Politécnica, apesar do grande número de pessoas, restringiram a entrada, e o evento foi mais agradável.

Na terceira e última palestra dada no Rio de Janeiro, na Academia Brasileira de Ciências (ABC), houve algo diferente: um artigo específico escrito por ele especialmente para a ocasião. Naquele momento, no Brasil, a teoria da relatividade ainda provocava muita curiosidade entre os poucos cientistas e intelectuais. Mas para Einstein, em 1925, sua teoria já estava estabelecida, e o que o interessava eram as questões relacionadas à constituição da luz, sobre a qual ainda havia debates no meio científico europeu. Ele escreveu o artigo “Observações sobre a situação atual da teoria da luz” em alemão, em papel timbrado do Hotel Glória, onde ele se hospedou, com a data de 7 de maio de 1925, e posteriormente publicado no primeiro número da revista da Academia Brasileira de Ciências, em abril de 1926.

MARCOLÍN, N. Einstein nos trópicos. Revista Pesquisa Fapesp, edição especial, São Paulo, Fapesp, p. 30-2, nov. 2008/jan. 2009.

Compreender e relacionar

1. Desenhe um esquema com a posição dos astros no momento da observação que comprovou a teoria da relatividade geral no Ceará.
2. De acordo com essa teoria, explique por que a luz sofre deflexão.
3. Identifique os pontos de que Einstein gostou e não gostou no Brasil e na América Latina.
4. Opine a respeito da impressão que Einstein teve do Brasil em sua visita em 1925.

ANEXO D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) - PIBIADIANO

Convidamos, por meio deste termo, o pibidiano _____, aluno do curso de licenciatura em Física na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a participar da pesquisa intitulada Ensino de Ciências por Investigação: integrando licenciandos e professores em exercício em grupos de estudo e prática desenvolvida pelo professor Alexander Montero Cunha da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Espera-se que participando desta pesquisa você aprofunde suas compreensões e práticas sobre o Ensino de Investigação e que constitua um repertório de atividades que possam ser utilizados em sua futura atuação profissional.

O objetivo desta pesquisa é investigar a produção de atividades investigativas por estudantes de licenciatura em Física participantes do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) por meio de um Grupo de Estudos e Práticas em Ensino de Ciências por Investigação. O grupo tem previsão de duração de 18 meses com reuniões quinzenais. Os instrumentos de investigação utilizados serão as gravações de áudio e imagem dessas reuniões quinzenais e os registros referentes a produção dessas atividades investigativas (plano de aula e relatórios). Os participantes deste grupo de estudos e práticas

A participação nesta pesquisa é permitida por própria vontade, sem receber qualquer incentivo financeiro ou ter qualquer ônus e com a finalidade exclusiva de colaborar para a pesquisa que possui objetivos são estritamente acadêmicos. Também não haverá custos financeiros aos participantes do grupo. A sua colaboração se fará de forma anônima e espontânea decorrente da opção por participar do Grupo de Estudos e Práticas em Ensino de Ciências por Investigação no PIBID edição 2022. A qualquer momento é possível solicitar não participar mais do Grupo de Estudos e Práticas sem qualquer prejuízo a sua participação no PIBID edição 2022 e nem sofrer quaisquer sanções ou constrangimentos.

A participação dos pibidianos no Grupo de Estudos e Práticas envolve a produção de atividades investigativas e o acompanhamento dessas atividades em escolas de educação básica. Os pibidianos também participarão das reuniões periódicas do grupo contribuindo com as discussões, socializações e reflexões das atividades

investigativas desenvolvidas, bem como dos aprofundamentos teóricos realizados sobre o Ensino de Ciências por Investigação. A participação no curso envolve a autorização da gravação de vídeo e áudio de sua imagem e voz, bem como, a guarda e análise das atividades desenvolvidas durante a sua participação no Grupo de Estudos e Práticas em Ensino de Ciências por Investigação para fins estritamente da referida pesquisa. O acesso e a análise dos dados coletados se farão apenas pelo pesquisador e/ou seu(s) orientandos(as). O material de pesquisa coletado será guardado por 5 anos, sendo possível você ter acesso mediante solicitação.

Esta pesquisa é de risco mínimo, pois não realiza nenhuma intervenção ou modificação intencional nas variáveis fisiológicas, psicológicas e sociais dos sujeitos que participam deste estudo. Dentre os riscos que pode ocorrer está o cansaço ao participar das atividades do grupo de estudos. Há risco da quebra de sigilo dos dados da pesquisa. O material de pesquisa coletado será guardado por 5 anos, com somente o pesquisador responsável e seus 2 orientando tendo acesso a ele. Desta forma, pretende-se reduzir o risco de quebra de sigilo que se faz presente. A assinatura do termo não exclui a possibilidade de buscar indenização em caso de danos decorrentes da pesquisa.

O participante da pesquisa recebe uma cópia assinada deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme recomendações da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP). Uma segunda cópia fica sob a guarda do professor responsável e será submetida junto ao processo registrado no Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UFRGS. O projeto foi avaliado pelo CEP/ UFRGS, órgão colegiado, de caráter consultivo, deliberativo e educativo, cuja finalidade é avaliar, emitir parecer e acompanhar os projetos de pesquisa envolvendo seres humanos, em seus aspectos éticos e metodológicos, realizados no âmbito da instituição. Em caso de qualquer dúvida, entre em contato com o CEP/UFRGS (51-3308-3787). O Professor Doutor Alexander Montero Cunha do Instituto de Física e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, ambos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) é o professor responsável por esta pesquisa. A qualquer momento durante a pesquisa realizada o pesquisador responsável pode ser acionado por telefone (51 99776-0529) ou por e-mail (amcunha@ufrgs.br).

Assinando este termo, declara estar ciente dos objetivos da pesquisa e que aceita participar da atividade.

Porto Alegre, _____ de 20_____.

Assinatura do Participante da Pesquisa - Pibidiano

Nome do Participante da Pesquisa - Pibidiano

Pesquisador Principal
Professor Doutor Alexander Montero Cunha