

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**

**EVELIM LAMAIARA DOS PASSOS CARVALHO SANTOS**

**A MOBILIZAÇÃO DE ASPECTOS DA NATUREZA DA  
CIÊNCIA E DO CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DE  
CONTEÚDO NA FORMAÇÃO INICIAL DE  
PROFESSORES DE FÍSICA**

**ITAJUBÁ-MG**

**2021**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**

**EVELIM LAMAIARA DOS PASSOS CARVALHO SANTOS**

**A MOBILIZAÇÃO DE ASPECTOS DA NATUREZA DA  
CIÊNCIA E DO CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DE  
CONTEÚDO NA FORMAÇÃO INICIAL DE  
PROFESSORES DE FÍSICA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências da Universidade Federal de Itajubá, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Educação em Ciências.

**Área de Concentração:** Educação em Ciências

**Orientador:** Prof. Dr. João Ricardo Neves da Silva

**Coorientador:** Prof. Dr. Evandro Fortes Rozentalski

**ITAJUBÁ-MG**

**2021**

## AGRADECIMENTOS

Escrever uma dissertação em um cenário pandêmico, lidar com os medos, perdas e dificuldades do dia a dia. Construir-se, desconstruir-se, reconstruir-se. Esse trabalho foi elaborado em meio à incertezas, por sorte pessoas especiais compartilharam comigo esse caminhar e tornaram a vida menos sofrida.

Antes de tudo, gostaria de agradecer o meu orientador **João Ricardo** e meu coorientador **Evandro**, não apenas pelo profissionalismo em conduzir os ritmos da pesquisa, mas pelo incentivo, pelo companheirismo e pela compreensão dos dias difíceis. Obrigada por contribuírem com meu crescimento e entenderem os obstáculos que vão muito além dos processos de leitura, análise e escrita.

Agradeço os professores **Boniek** e **Luciano**, por aceitarem o convite para participar da banca examinadora e pelas importantes contribuições dadas para a melhoria deste trabalho.

Aos meus pais, **Nilce** e **Paulo**, pela enorme dedicação em prol da minha educação, ensinando-me a ser uma pessoa humana, íntegra e justa. Por confiarem em mim e possibilitarem o meu caminhar.

Aos meus irmãos **Ana Clara**, **Michael Douglas** e **Úrsula**, por estarem presente em todos os momentos da minha vida, me apoiando, me incentivando e tornando a minha vida mais feliz com a companhia de cada um deles.

Ao meu avô **João**, pelas alegrias e memórias dos bons momentos compartilhados, por me ensinar a ser uma sonhadora de bons sonhos e me orientar a persistir para realização de cada um deles.

Aos meus demais familiares, dentre os quais destaco minha avó **Dirce**, por ser um exemplo de perseverança e por todas as nossas memórias de aprendizado juntas.

Ao meu companheiro **Jonas**, por dividir comigo as alegrias e as tristezas da vida. Por me incentivar, auxiliar e ser cúmplice nessa luta diária.

Aos amigos que me acompanham nessa jornada, e que mesmo nesse cenário distópico, estiveram juntos a mim, me ajudando a não perder as esperanças e me auxiliando a vencer as dificuldades. **Jonas, Isabelle, Thais, Leandro, Fernando, Daniele, Giovana, Cintia, Marcos Paulo, Gabriel, Edson e Fagner.**

Aos meus alunos, que me fazem acreditar que o amanhã será melhor e por contribuírem diariamente na minha atividade profissional.

Aos licenciandos participantes dessa pesquisa, por serem solícitos a essa pesquisa.

A todos os meus professores da UNIFEI, em especial, Professor **Agenor**, Professor **Mikael** e professora **Rita** por todos os ensinamentos, principalmente aqueles que me fizeram enxergar o mundo de outras formas.

Agradeço também a todas as pessoas que participaram da minha vida, que me incentivaram e ofereceram momentos de troca, pessoas que passaram pela minha vida e nem mesmo sabem o quanto me deram forças para continuar a caminhada. Sem as ajudas diárias que tive ao longo de toda a vida, eu não chegaria até aqui. Por isso: A todos e todas, muito obrigada!

*Para o meu amado avô, João Vilas Boas  
Carvalho (em memória), com a saudade  
que o tempo não apagará.*

*É preciso ter esperança, mas ter esperança do verbo esperar; porque tem gente que tem esperança do verbo esperar. E esperança do verbo esperar não é esperança, é espera. Esperançar é se levantar, esperançar é ir atrás, esperançar é construir, esperançar é não desistir! Esperançar é levar adiante, esperançar é juntar-se com outros para fazer de outro modo...*

*Paulo Freire*

SANTOS, Evelim Lamaiara dos Passos Carvalho. **A mobilização dos aspectos da Natureza da Ciência e Conhecimento Pedagógico de Conteúdo na formação inicial de professores de física.** 2021. 186 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá: 2021.

## RESUMO

O presente trabalho buscou avaliar como os licenciandos de uma universidade pública brasileira localizada no sul de Minas Gerais expressam seus conhecimentos sobre a Natureza da Ciência (NdC) e o Conhecimento Pedagógico de Conteúdo (PCK) na elaboração de um material didático sobre história de um conceito de física para a Educação Básica. Buscou-se compreender também a mobilização conjunta entre esses dois tipos de conhecimento para formar o PCK/NdC. Para realizar esta investigação foram selecionados materiais didáticos elaborados por alunos do curso de licenciatura em física do 8º período. Ao todo, doze materiais didáticos foram selecionados para a análise, os quais foram complementados com as gravações em áudio das apresentações dos participantes sobre os materiais didáticos elaborados. Para a análise dos dados, investigou-se os aspectos da NdC, PCK e as relações entre PCK/NdC comunicadas ou que podem ser inferidas a partir dos materiais. Para isso, elaborou-se categorias de análises relacionadas as visões de elementos da NdC e do PCK, a partir dos referenciais adotados nessa pesquisa. Após a realização das análises foi possível identificar visões sobre a NdC, as subcategorias do PCK explícitas nos materiais, momentos nos quais os licenciando mobilizam seus PCK para ensinar elementos de NdC (PCK/NdC) e reflexões acerca da utilização da História e Filosofia da Ciência (HFC) pelos licenciandos como estratégia didática para elaboração do material didático. Como resultados principais, foram possíveis encontrar visões adequadas e inadequadas sobre a NdC, assim como a expressão majoritária do subdomínio de Conhecimentos de Estratégias Didáticas no Ensino de Física, no que diz respeito aos PCK. Além disso, identificou-se limitações e dificuldades relacionadas a este estudo. As análises suscitaram algumas questões que merecem atenção em pesquisas futuras, dentre as quais podemos citar a formação sobre a HFC no ensino e as práticas formativas propostas na formação inicial.

**Palavras-chave:** Natureza da Ciência. Conhecimento Pedagógico de Conteúdo. História da Ciência. Material Didático. Formação de Professores.

SANTOS, Evelim Lamaiara dos Passos Carvalho. **A mobilização dos aspectos da Natureza da Ciência e Conhecimento Pedagógico de Conteúdo na formação inicial de professores de física.** 2021. 186 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá: 2021.

### **ABSTRACT**

The present work sought to evaluate how undergraduate students of a public Brazilian university located in southern Minas Gerais express their knowledge about the Nature of Science (NOS) and the Pedagogical Content Knowledge (PCK) in the development of a teaching material about the history of a physics concept for Basic Education. We also sought to understand the joint mobilization between these two types of knowledge to form the PCK/NOS. To carry out this investigation, didactic materials prepared by 8th period physics undergraduate students were selected. In all, twelve didactic materials were selected for analysis, which were complemented with audio recordings of the participants' presentations about the elaborated didactic materials. For the data analysis, we investigated the aspects of NOS, PCK and the relations between PCK/NOS communicated or that can be inferred from the materials. For this, we elaborated analysis categories related to the visions of elements of NOS and KPC, based on the references adopted in this research. After performing the analyses it was possible to identify visions about the NOS, the subcategories of the PCK explicit in the materials, moments in which the undergraduates mobilize their PCK to teach elements of NOS (PCK/NOS) and reflections about the use of the History and Philosophy of Science by the undergraduates as a didactic strategy to prepare the didactic material. As main results, it was possible to find adequate and inadequate views about NOS, as well as the majority expression of the subdomain of Knowledge of Didactic Strategies in Physics Teaching, regarding PCK. In addition, limitations and difficulties related to this study were identified. The analyses raised some issues that deserve attention in future research, among which we can mention training about History and Philosophy of Science in teaching and the formative practices proposed in initial training.

**Key words:** Nature of Science. Pedagogical Content Knowledge. PCK/NdC. Teacher Training.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Modelo de conhecimentos de professores proposto por Grossman (1990, p. 5).....	60
<b>Figura 2</b> – Modelo de Conhecimento de Morine-Dershimer e Kent (1999, p. 22, tradução nossa).....	62
<b>Figura 3</b> – Conhecimento profissional de professores de Banks, Leach e Moon (2005). .....	63
<b>Figura 4</b> – Modelo de conhecimentos e crenças de professores (HASHWEH, 2005)	64
<b>Figura 5</b> – Modelo proveniente das discussões da Cúpula do PCK (PCK SUMMIT, 2012).....	65
<b>Figura 6</b> – Domínios do Conhecimento do Professor (CARLSEN, 1999, p.136- tradução nossa).....	68
<b>Figura 7</b> – Componentes do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo para o Ensino de Ciências (MAGNUSSON; KRAJCIK; BORKO, 1999, p. 99, tradução nossa). .....	71
<b>Figura 8</b> – Modelo Hexagonal do desenvolvimento do Conhecimento Pedagógico de Conteúdo, segundo Park e Oliver (2008) .....	75
<b>Figura 9</b> – Transformações do PCK/NDC, a partir de outros componentes da base de ensino. ....	77
<b>Figura 10</b> – Modelo transformativo-reflexivo de PCK/NdC para a formação inicial de professores de Física .....	78
<b>Figura 11</b> - Esquema referente a frequência dos aspectos da NdC nos materiais didáticos.....	91
<b>Figura 12</b> – A experimentação como estratégia didática no material didático elaborado por FP1 .....	117
<b>Figura 13</b> – Uso de imagem como estratégia didática no material didático elaborado por FP3 .....	119
<b>Figura 14</b> – Uso de imagem presente no material didático elaborado por FP1 .....	119
<b>Figura 15</b> – Uso de imagem presente no material didático elaborado por FP1 .....	121
<b>Figura 16</b> – Utilização de ilustrações no material didático elaborado por FP4 .....	122
<b>Figura 17</b> – Utilização de ilustrações no material didático elaborado por FP10 .....	122
<b>Figura 18</b> – Utilização de imagens no material didático elaborado por F12 .....	122
<b>Figura 19</b> – Utilização de ilustrações no material didático elaborado por FP11 .....	124
<b>Figura 20</b> – Utilização de ilustrações no material didático elaborado por FP2 .....	124
<b>Figura 21</b> – Analogias encontradas no material didático elaborado por FP2 .....	126
<b>Figura 22</b> – O uso de metáforas no material didático elaborado por FP3 .....	127
<b>Figura 23</b> – O uso de vídeos no material didático elaborado por FP2 .....	129
<b>Figura 24</b> – O uso de vídeos no material didático elaborado por FP2 .....	130
<b>Figura 25</b> – O uso de vídeos no material didático elaborado por FP9 .....	130
<b>Figura 26</b> – O uso de vídeos no material didático elaborado por FP11 .....	131
<b>Figura 27</b> – O uso de animação no material didático elaborado por FP2.....	132
<b>Figura 28</b> – O uso de músicas no material didático elaborado por FP8 .....	134
<b>Figura 29</b> – Formulações apresentadas no material didático de FP1.....	136
<b>Figura 30</b> – Conhecimento do currículo de física no material didático elaborado por FP2 .....	137
<b>Figura 31</b> – A avaliação no material didático elaborado por FP9.....	143
<b>Figura 32</b> – A avaliação no material didático elaborado por FP5.....	143

<b>Figura 33</b> – Sucessão linear no material didático elaborado por FP1.....	150
<b>Figura 34</b> – Linha temporal no material didático de FP12.....	151
<b>Figura 35</b> – Linha temporal no material didático de FP11 .....	151

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Comparação entre os aspectos consensuais de diferentes autores da literatura em NdC. ....	39
<b>Quadro 2</b> – Eixos para a discussão de conteúdos da Natureza da Ciência e exemplos de temas .....	43
<b>Quadro 3</b> – Categorias da Base de Conhecimento para o ensino de Shulman .....	56
<b>Quadro 4</b> – Objetivos e características de diferentes orientações para o ensino de Ciências .....	73
<b>Quadro 5</b> – Ementa da disciplina de Evolução dos Conceitos da Física .....	84
<b>Quadro 6</b> – Conceitos e recursos utilizados pelos participantes na elaboração dos materiais didáticos .....	87
<b>Quadro 7</b> – Visões adequadas e inadequadas dos participantes sobre a NdC .....	90
<b>Quadro 8</b> – Manifestações dos participantes referentes aos subdomínios do PCK..	113
<b>Quadro 9</b> – O uso de estratégias de ensino presentes nos materiais didáticos.....	115

## LISTA DE SIGLAS

BCE – Base de Conhecimentos para o Ensino

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

EP – Episódios históricos

HC – História da Ciência

HFC – História e Filosofia da Ciência

LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação

NdC – Natureza da Ciência

PCK – *Pedagogical Content Knowledge*

CPC – Conhecimento Pedagógico de Conteúdo

PCK SUMMIT – Cúpula do PCK - PCK SUMMIT

PCK/NdC – Conhecimento Pedagógico do Conteúdo referente à temática Natureza da Ciência - PCK/NdC

PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

PCNEM+ – Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

PIBID – Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	15
1. A NATUREZA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS .....	22
1.1 A Natureza da Ciência no currículo de ciências .....	28
1.2 O que é Natureza da Ciência?.....	31
1.3 Reflexões e Teorias acerca da temática Natureza da Ciência .....	33
1.4 A história da Ciência como estratégia para ensinar elementos da NdC .....	44
2. A BUSCA POR UMA BASE DE CONHECIMENTOS PARA O ENSINO: HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS NECESSÁRIOS PARA À DOCÊNCIA .....	50
2.1 O trabalho pioneiro de Lee Shulman e o contexto para o reconhecimento da profissão docente.....	51
2.2 Os principais Modelos de Conhecimentos Básicos para professores .....	55
2.2.1 <i>A Base de Conhecimento para o Ensino de Shulman .....</i>	<i>55</i>
2.3 A compreensão dos elementos da BCE e dos PCK na formação de professores de ciências: a Natureza da Ciência como parte dos conhecimentos de professores .....	67
3. PERCURSO METODOLÓGICO.....	82
3.1 O processo de análise dos dados .....	83
3.2 Caracterização da disciplina: Contexto da Pesquisa.....	83
3.3 Caracterização da turma .....	85
3.4 Instrumentos para coleta de dados .....	86
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	89
4.1 Caracterização dos elementos de NdC expressos nos materiais didáticos.....	89
4.1.1 <i>O papel da experimentação para a ciência .....</i>	<i>94</i>
4.1.2 <i>O papel da comunidade científica .....</i>	<i>95</i>
4.1.3 <i>Desenvolvimento da ciência .....</i>	<i>98</i>
4.1.4 <i>Enraizamento social e cultural .....</i>	<i>100</i>
4.1.5 <i>Método científico .....</i>	<i>103</i>
4.1.6 <i>Perfil do cientista.....</i>	<i>105</i>
4.1.7 <i>Provisoriedade do conhecimento científico .....</i>	<i>106</i>
4.1.8 <i>Incerteza na interpretação humana sobre a natureza .....</i>	<i>108</i>

<i>4.1.9 Complexidade do conhecimento científico .....</i>	<i>110</i>
<i>4.1.10 O papel da criatividade e da imaginação na atividade científica.....</i>	<i>111</i>
<i>4.1.11 Relações entre observações e teorias .....</i>	<i>112</i>
<b>4.2 Conhecimento Pedagógico de Conteúdo expresso nos materiais didáticos.....</b>	<b>112</b>
<i>4.2.1 Conhecimento de estratégias específicas do ensino de Física</i>	<i>115</i>
<i>4.2.2 Conhecimento do currículo de Física .....</i>	<i>135</i>
<i>4.2.3 Conhecimento das concepções e dificuldades dos alunos sobre os tópicos de Física .....</i>	<i>140</i>
<i>4.2.4 Conhecimento da Avaliação no ensino de Física .....</i>	<i>141</i>
<b>4.3 Compreensão Geral dos resultados na perspectiva do PCK/NdC ..</b>	<b>145</b>
<b>4.4 Reflexões sobre o uso da História e Filosofia da Ciência na formação de professores de física a partir dos materiais didáticos elaborados ..</b>	<b>147</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>153</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>157</b>
<b>APÊNDICE A: ESTRUTURA CURRICULAR DO CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA.....</b>	<b>171</b>
<b>APÊNDICE B: Material Didático de FP1 .....</b>	<b>175</b>

## INTRODUÇÃO

A preocupação central deste trabalho relaciona-se com a formação inicial de professores e professoras de física a respeito de suas crenças e visões sobre a Natureza da Ciência (NdC), bem como seus Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo (PCK, a sigla é derivada do inglês “*Pedagogical Content Knowledge*” e será utilizada no decorrer desse trabalho pois, ela é tão recorrente na literatura que é vista como sinônimo do próprio conceito). O objetivo é compreender as formas nas quais os futuros profissionais docentes da disciplina de física mobilizam seus PCK para ensinar elementos de NdC, através de materiais didáticos produzidos por eles.

O interesse dessa pesquisa surgiu com a necessidade em compreender melhor as complexidades envolvidas na tentativa de explicação sobre o que é a ciência e suas funcionalidades, na educação científica básica. Dessa forma, entende-se que o professor desempenha um papel essencial, pois é ele o responsável por desenvolver as habilidades e competências necessárias aos estudantes em formação.

A NdC é um constructo que vem sendo estudado amplamente desde o início do século XX ao redor de todo o mundo. Entretanto, devido a pluralidade e heterogeneidade das ciências, não é possível encontrar uma definição única e exclusiva para o termo. Essa definição depende dos referenciais teóricos, filosóficos e epistemológicos adotados. Todavia, de modo geral, pode-se dizer que a NdC diz respeito a compreensão do que é a ciência, de como ela funciona e como ela interfere e é afetada pela sociedade (VÁZQUEZ- ALONSO, et al.; 2007), ou seja, é a busca pelo entendimento sobre as características do conhecimento científico como um todo.

Existem diversas justificativas sobre o porquê incluir a discussão sobre a NdC na educação científica básica, porém numa perspectiva mais ampla defende-se que ela seja ensinada, pois ela é um dos componentes essenciais para a alfabetização científica. Nesse sentido, compreende-se que pessoas que possuem visões mais adequadas sobre o empreendimento científico são mais críticas e participativas nas tomadas de decisões fundamentadas sobre as questões e problemas tecnocientíficos (PRAIA; GIL-PÉREZ; VILCHES, 2007),

compreendendo melhor o mundo e sendo conscientes sobre os benefícios e os impactos das ciências na sociedade.

Outro fator importante é que ao compreender as complexidades envolvidas na atividade científica, é possível reconhecer o valor das ciências, distinguir essa forma de conhecimento das demais, diferenciando o conhecimento científico, por exemplo, das opiniões pessoais de senso comum.

Além disso, esse pode ser um elemento crucial para a construção de conceitos científicos de forma mais organizada e compreensível para os estudantes, uma vez que a NdC como parte do ensino de ciências é responsável por parte da significação dos conteúdos científicos, ao passo que ainda pode ser parte da construção de uma cultura científica e de valorização das ciências na sociedade. Portanto, discutir sobre a NdC ajuda a evitar visões empobrecidas e estereotipadas da atividade científica.

Todavia, não é raro encontrar pesquisas que apontam visões deformadas da ciência (GIL-PÉREZ et al., 2001; 2005), ou ainda, a propagação de mitos relacionados a construção do conhecimento científico (McCOMAS, 1998), tanto no nível básico, técnico ou superior (LEDERMAN, 2002). Opiniões como: a ciência é a descrição da verdade; as comprovações da ciência advêm do uso exclusivo de um método científico único; que por sua vez torna a ciência objetiva e neutra; além de visões caricatas dos cientistas como gênios, infalíveis, solitários, em sua totalidade homens, brancos, europeus são encontradas tanto nas falas de professores, como nas dos alunos e, conseqüentemente, nas falas de pessoas que já passaram pelo processo educativo. Essas argumentações não correspondem ao desenvolvimento do conhecimento científico e a atividade realizada pelos cientistas reforçando uma visão simplista sobre a ciência, que tem impacto em toda a sociedade.

Desse modo, entender que aspectos sociais e culturais influenciam o empreendimento científico, que a ciência possui diversas formas de atividades não baseadas unicamente em um único método científico específico, que a imaginação e a criatividade são requeridas para essa atividade, que tanto homens como mulheres participam dessa construção, bem como cientistas brancos, negros e todas as pessoas de todas as culturas podem e fazem ciência, é de suma importância para reconhecer a ciência não como dogma, mas como uma atividade mutável, que se transforma, que passa por crises paradigmáticas

(KUHN, 2009) e, conseqüentemente, ampliam os nossos conhecimentos em relação a interpretação da natureza.

Assim, compreende-se que uma das maneiras possíveis para promover a alfabetização científica e tecnológica para todos se dá através do ensino explícito e reflexivo sobre aspectos da Natureza da Ciência. Defende-se, portanto, que o ensino de ciências trate não só dos produtos das ciências, mas, também, dos seus processos de construção, problematizando o fazer científico e promovendo momentos oportunos para se pensar sobre as ciências, sobre as suas complexidades, controversas, mudanças e transformações. Dessa forma, a utilização da História e Filosofia da Ciência (HFC) pode ser uma estratégia possível para alcançar tais objetivos.

A utilização da HFC como estratégia didática para ensinar aspectos de NdC pode contribuir: 1) na humanização da ciência; 2) para o conhecimento da ciência como atividade humana, histórica e culturalmente construída; 3) para interação entre tópicos e disciplinas, contribuindo para abordagens interdisciplinares; 4) para fornecer base para debates educacionais contemporâneos; 5) ajuda a relacionar o pensamento individual ao desenvolvimento histórico das ideias científicas, possibilitando a compreensão dos conhecimentos prévios dos alunos; 6) ajuda a compreender o conteúdo específico dando sentido a fórmulas e equações; 7) pode ser utilizada como instrumento para descolonização do conhecimento científico, entre outras (ZANETIC, 1989; MATTHEWS, 1994, PEDUZZI, 2005; EL-HANI, 2006; MARTINS; 2006). Segundo Martins (2006), a utilização de Episódios Históricos (EP)

[...] permite perceber o processo social (coletivo) e gradativo de construção do conhecimento, permitindo uma visão mais concreta e correta da real natureza da ciência, seus procedimentos e suas limitações – o que contribui para a formação de um espírito crítico e desmistificação do conhecimento científico, sem, no entanto, negar o seu valor (MARTINS, 2006, p. XXII).

Contudo, sabe-se que há algumas limitações e dificuldades no uso da HFC em sala de aula. Tais como a falta de materiais didáticos adequados e acessíveis aos professores para essas práticas, uma vez que se encontram exemplos contrários aos defendidos na literatura especializada, como histórias resumidas a nomes e datas, anacrônicas, que promovem anedotas e o mito do

cientista como ser genial. A cultura escolar que ainda privilegia um ensino empírico-indutivista e a formação de professores, no qual o currículo formativo, muitas vezes, não proporciona discussões apropriadas sobre o tema, ou ainda, no qual toda a discussão a esse respeito concentra-se em uma única disciplina da graduação (MARTINS, 2006; 2007).

Justificada a importância de se tratar os elementos de NdC na formação de professores de ciências e da importância de que esses sujeitos estejam permeados por esses elementos, ainda há uma questão incipiente e que merece ser trazida para a pesquisa acadêmica. Quais estratégias podem ser utilizadas pelos professores de ciências para o ensino de questões relativas à NdC? Que tipos de conhecimentos sobre como ensinar esse conteúdo são necessários para que o ensino dos elementos de NdC sejam realizados com qualidade? Como os professores de ciências podem ser formados para ensinar com base nos elementos de NdC?

Nessa direção, no que diz respeito à formação de professores, em nosso caso específico, professores de física, é necessária uma formação profissional mais apropriada sobre as ciências para que possa ser possível formar professores mais preparados para as suas atividades profissionais, ao que compete o ensino de aspectos da NdC. Assim, compreendemos que um fator importante ligado a profissionalização docente envolve um arcabouço de saberes, entre eles, como elemento essencial, o bom desenvolvimento da Base de Conhecimentos necessárias para a atividade docente.

Esse conjunto de conhecimentos necessários para o ensino deriva dos trabalhos de Shulman (1986), que destaca três componentes da Base de Conhecimentos necessários aos professores, sendo eles: Conhecimento Pedagógico, Conhecimento de Conteúdo e Conhecimento do Currículo. Em seguida, Shulman (1987) aprofunda suas discussões e insere mais quatro categorias essenciais na Base de Conhecimentos para o Ensino (BCE), assim, a BCE, passa a conter sete elementos principais:

1. Conhecimento do Conteúdo;
2. Conhecimento do Currículo
3. Conhecimento Pedagógico Geral;
4. Conhecimento Pedagógico de Conteúdo;
5. Conhecimento dos alunos e de suas características;

6. Conhecimento de Contextos Educacionais e;
7. Conhecimento dos fins, propósitos e valores da educação e de sua base histórica e filosófica.

Em nosso trabalho, destacaremos o Conhecimento Pedagógico de Conteúdo, pois entende-se que este é o elemento essencial que caracteriza o profissional docente, distinguindo-o do profissional de uma área de conhecimento específica.

Compreende-se que o PCK é a amálgama entre o Conhecimento Pedagógico e o Conhecimento de Conteúdo (SHULMAN, 1987), dessa forma, esse conhecimento envolve as maneiras de transformar os conhecimentos específicos do conteúdo, em conhecimentos ensináveis aos alunos, levando em consideração os métodos que possibilitam a organização e adaptação para a sala de aula.

Pesquisas tais como Etkina (2010), Melo-Niño e Cañada (2017), Caldatto e Neves da Silva (2019), Karal e Alev (2016), e Melo-Niño (2015) têm estudado o processo de construção e expressão dos PCK e o desenvolvimento desses conhecimentos junto a professores de física, seja em formação inicial ou continuada.

Assim, há um conjunto de conhecimentos que são específicos e necessário na formação dos professores que ensinam física, e esses conhecimentos permeiam todos os conteúdos da disciplina. Karal e Alev (2016), por exemplo, expressam as relações entre os conteúdos específicos e as estratégias de formação de professores em seus resultados de pesquisa. Eles concluíram que

a questão mais importante no desenvolvimento do PCK [sigla em inglês para Conhecimento Pedagógico de Conteúdo] dos licenciandos eram as deficiências em vários tipos de conhecimento adquiridos em períodos distintos do seu curso, como as disciplinas de conteúdo específico, de metodologias de ensino, e experiência de ensino, assim como a incapacidade de integrar essas bases de conhecimento em um, o PCK. É possível argumentar que as razões pelas quais os licenciandos enfrentaram dificuldades na integração de bases de conhecimento são a não conjugação de semestres dos cursos realizados durante o ensino e a metodologia de ensino dos conteúdos específicos, a incoerência entre o conteúdo da física universitária e da física de nível secundário e a ausência de atividades relacionadas ao ensino nos cursos de conteúdo específico (KARAL;ALEV, 2016, p. 116, tradução nossa).

Diante da problemática apresentada, o presente estudo preocupa-se em responder a seguinte questão: Como se expressam os Conhecimento Pedagógico de Conteúdo para ensinar elementos da Natureza da Ciência a partir da utilização de Episódios Históricos da Física? A partir disso, os objetivos específicos desta pesquisa são os seguintes:

- Mapear e caracterizar as produções elaboradas pelos futuros professores de física, referentes as suas visões sobre a Natureza da Ciência durante uma disciplina relacionada à História da Física;
- Caracterizar os PCK dos futuros professores de física expressos na elaboração de materiais didáticos, utilizando o referencial de Silva (2018);
- Analisar como os alunos em formação inicial mobilizam os seus PCK para comunicar aspectos de NdC por meio de materiais didáticos elaborados utilizando Episódios Históricos.
- Analisar as contribuições da História da Ciência para promoção de aspectos da Natureza da Ciência.

Nesse sentido, o presente texto apresenta os resultados desta investigação. Estes resultados são apresentados em 5 capítulos.

No capítulo inicial apresenta-se um panorama referente as pesquisas sobre NdC no Ensino de Ciências, destacando como essa abordagem aparece nos currículos de ciências, possíveis definições e a utilização da HFC como estratégia didática para ensinar aspectos de NdC.

Na segunda partição, busca-se o histórico e a caracterização dos conhecimentos necessários à docência, tendo em vista os trabalhos de Lee Shulman, o contexto para a discussão referente ao reconhecimento do profissional docente e os principais modelos de conhecimentos básicos para o professor. Por fim, aborda-se a compreensão dos elementos da Base de Conhecimentos para o ensino e dos Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo na formação de professores de ciências, destacando a NdC como parte dos conhecimentos dos professores.

O terceiro capítulo é constituído pelo percurso metodológico para a realização dessa investigação, sendo apresentados os participantes envolvidos nessa pesquisa, os instrumentos utilizados para a coleta de dados e o processo de análise dos dados.

No quarto Capítulo, são apresentadas as análises realizadas nos materiais didáticos produzidos pelos licenciandos na disciplina. São apresentados, separadamente, os elementos de Natureza da Ciência e dos PCK que são expressos nesses materiais, assim como a compreensão desses elementos com relação ao processo formativo vivenciado pelos futuros professores na disciplina..

Por fim, apresentam-se as considerações finais acerca do trabalho, no capítulo 5. Nesse capítulo são destacadas as principais contribuições ao campo de estudos de formação de professores e novos aspectos a serem explorados em investigações futuras.

## 1. A NATUREZA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

O debate sobre Natureza da Ciência (NdC) na área de Educação em Ciências não é recente. Desde o século XX, pesquisadores do mundo todo têm manifestado preocupação com as visões de NdC na educação científica. Diversas pesquisas têm reportado concepções distorcidas referentes à NdC, no qual constata-se uma imagem empírico-indutivista e absolutista da ciência entre estudantes e professores de ciências, tanto no nível básico, técnico ou universitário (AIKENHEAD, 1973; LEDERMAN, 1992, 2007; ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2001, 2002; PRAIA & CACHAPUZ, 1994; VÁZQUEZ-ALONSO & MANASSERO-MAS, 1999, KÖHNLEIN; PEDUZZI, 2005; TEIXEIRA; FREIRE; EL-HANI, 2009; VITAL; GUERRA, 2014; PENA; TEIXEIRA, 2017).

No livro denominado “*The Nature of Science in Science Education: rationales and strategies*” (A natureza da ciência no ensino de ciências: fundamentos e estratégias), McComas (1998) elaborou um capítulo intitulado “*The principal elements of the nature of science: dispelling the myths*” que pode ser traduzido como “Os principais elementos da Natureza da Ciência: desfazendo mitos”. Nesse capítulo, o autor realizou uma discussão relacionada às questões problemáticas em torno das compreensões sobre a ciência comunicadas explicitamente ou implicitamente por professores de ciências. De acordo com esse autor, livros didáticos, discursos em salas de aula e, também, adultos estadunidenses possuem uma imagem ingênua a respeito da construção do conhecimento científico. Essas compreensões distorcidas identificadas em diferentes públicos e materiais foram denominadas por ele de “mitos da ciência”. A seguir apresentamos uma breve descrição dos 15 mitos mais comuns sobre a ciência compilados por McComas (1998):

1. *Hipóteses tornam-se teorias que, por sua vez, tornam-se leis*: essa concepção defende que há uma sequência hierárquica entre às ideias científicas, no qual fatos e/ou observações produzem hipóteses, que geram teorias e estas resultam, finalmente, em uma lei científica;

2. *Leis científicas e outras ideias científicas são absolutas*: essa visão raramente considera o conhecimento científico como provisório, por consequência, a ciência é encarada como uma atividade que “prova” suas afirmações assim como a matemática “prova” um teorema;

3. *Uma hipótese é um mero palpite*: assume que o conhecimento científico é impregnado por *insights* (isto é, intuições do tipo “Eureka!”), nos quais as hipóteses são produzidas sem quaisquer vínculos com pressupostos teóricos prévios;

4. *Um método científico geral e universal existe*: a produção do conhecimento científico envolve a aplicação de uma sequência rígida de passos. Esse mito desconsidera o papel da criatividade, da imaginação e do conhecimento prévio pelo fato de acreditar que todos os cientistas seguem o mesmo processo de produção científica;

5. *Evidência acumulada cuidadosamente resultará, necessariamente, em conhecimento seguro*: essa concepção presume que leis e teorias são verdadeiras para todo lugar e em todo tempo a partir do método da indução; entretanto, não existe um salto simples, direto e fácil a partir de resultados experimentais e observações (exemplos de evidências) para o conhecimento científico;

6. *Ciência e seus métodos fornecem uma prova absoluta*: esse mito está associado a uma visão dogmática, no qual os produtos da ciência são vistos como imutáveis e perfeitos. Desconhece, portanto, um dos procedimentos básicos da ciência, no qual o conhecimento científico é revisado à luz de novas informações;

7. *Ciência é mais procedimental do que criativa*: esse mito se associa à noção de um único método científico, em que o trabalho do cientista é puramente lógico e procedimental. Deste modo, nega a criatividade e a imaginação do cientista para interpretar a natureza;

8. *Ciência e seus métodos podem responder a todas as questões*: essa visão defende que a ciência é capaz de responder todas as nossas questões sejam elas, inclusive, de cunho religioso, moral e ético. Assim, esse mito entende que o conhecimento científico é superior a todas as outras formas de conhecimento;

9. *Cientistas são sempre objetivos*: atribuem aos cientistas características que os tornam diferentes de todos os outros profissionais, como se não tivessem “seus preconceitos e preceitos sobre o modo como o mundo opera” (McCOMAS, 1998, p. 62, tradução nossa);

10. *Experimentos são a rota principal para o conhecimento científico*: assumem que a experimentação é o cerne do empreendimento científico, de maneira que outras formas de fazer ciência como a observação, análise, especulação e revisão da literatura são negligenciadas.

11. *Conclusões científicas são revisadas com precisão*: pensa-se que, constantemente, os cientistas revisam seus resultados científicos. Entretanto, a prática é outra, uma vez que a maioria dos cientistas estão muito ocupados e o financiamento científico é limitado. Assim, os resultados científicos produzidos por um cientista ou grupo de cientistas são testados por um número pequeno de outros cientistas. De acordo com McComas (1998) “quando experiências científicas são repetidas é porque uma conclusão científica ataca o paradigma predominante” (p. 65).

12. *A aceitação de um novo conhecimento científico é imediata*: acredita-se que o processo de aceitação de um novo conhecimento científico ocorre de forma imediata pela comunidade científica. No entanto, se a nova ideia envolver uma ruptura significativa com o conhecimento aceito até então, sua aceitação não é de forma alguma rápida e fácil.

13. *Os modelos da ciência são a própria realidade*: esse mito acredita que os modelos científicos não são representações parciais e limitadas da realidade, ao contrário disso, esses modelos são a própria realidade. Trata-se de uma visão simplista, pois desconsidera que modelos científicos são criações humanas para representar, descrever e explicar a realidade;

14. *Ciência e tecnologia são idênticas*: O equívoco dessa visão está relacionado a não distinção sobre o que é ciência e o que é tecnologia. Embora exista relações entre ambas, não é todo conhecimento científico que gera tecnologia ou vice-versa. Assim, “a busca do conhecimento por si só é chamada ciência pura, enquanto sua exploração na produção de um produto comercial é ciência ou tecnologia aplicada” (McCOMAS, 1998, p. 67);

15. *Ciência é uma busca solitária e individual*: esse mito representa uma caricatura do trabalho do cientista, no qual este sempre trabalha sozinho e torna-se um gênio ao fazer alguma “grande descoberta”. Essa visão comumente encontra-se associada à identificação do cientista como o “pai” de uma descoberta ou novo campo de pesquisa. Essa visão ignora o papel da

comunidade científica no processo de avaliação e aceitação de novos conhecimentos científicos.

Outro trabalho de igual relevância referente as visões acerca da atividade científica é o trabalho de Gil-Pérez e colaboradores (2001; 2005). A partir de uma revisão bibliográfica nos principais periódicos internacionais em Ensino de Ciências, os autores identificaram sete visões deformadas sobre a construção do conhecimento científico e do trabalho do cientista, recorrentes na transmissão de conhecimentos, seja de forma ativa ou passiva. Essas visões são descritas a seguir:

1. *Visão descontextualizada e socialmente neutra*: a ciência é vista como um empreendimento neutro, um produto construído em torres de marfim, onde ignoram-se os fatores sociais, políticos e econômicos que influenciam o seu desenvolvimento;

2. *Visão elitista e individualista*: os conhecimentos científicos são produzidos por gênios isolados, em particular, homens, em sua maioria, brancos. Ignora-se a comunidade científica e a revisão por pares;

3. *Visão empirista e ateórica*: essa concepção consiste na observação e na experimentação neutras, não impregnadas por ideias *apriorísticas*. Dessa forma, oculta-se que a teoria precede e orienta o processo da construção do conhecimento científico;

4. *Visão rígida (algorítmica, exata, infalível, ...)*: compreende-se que a produção do conhecimento científico segue uma sequência preestabelecida, no qual a aplicação do “Método Científico” garante o rigor e a exatidão dos resultados científicos. O trabalho do cientista resume-se à aplicação mecânica de um conjunto de etapas, sem qualquer influência da criatividade, da dúvida e do caráter tentativo envolvido na produção do conhecimento científico;

5. *Visão aproblemática e ahistórica*: o conhecimento científico é comunicado como um corpo de conhecimento pronto e perfeito, como aquilo que foi provado, que é eterno e imutável. Não há discussão sobre os problemas que deram origem a esse conhecimento, como ocorreu o seu desenvolvimento histórico e, também, não se abordam as limitações de tal conhecimento;

6. *Visão exclusivamente analítica*: ressalta-se a fragmentação dos estudos, ignorando os esforços posteriores para a unificação e construção de corpos de conhecimentos unificados e mais amplos;

7. *Visão acumulativa, de crescimento linear:* o desenvolvimento científico é apresentado como o resultado de um crescimento linear da ciência, puramente acumulativo. A ciência é apresentada de forma simplista, ignorando as crises e as mudanças de paradigmas.

Embora a propagação da imagem do cientista seja promovida também pelos meios de comunicação, formais ou informais, no qual se reproduz, muitas vezes, uma imagem caricata e ingênua da ciência, é no ensino formal de ciências na educação básica, onde ocorre o primeiro contato significativo em relação ao conhecimento científico e provavelmente com a imagem do cientista. O que essas investigações têm nos mostrado é que o modelo utilizado para educação científica tem perpetuado uma visão simplista sobre a ciência e o trabalho do cientista entre os sujeitos envolvidos no ensino e na aprendizagem da ciência.

De acordo com Gil- Perez e colaboradores (2001), essa imagem simplista da ciência deve-se a ênfase na exposição dos resultados dos conhecimentos científicos, sem a discussão sobre os processos que levaram as suas produções, durante a prática docente em sala de aula e a falta de estratégias de ensino que mobilizem e problematizem o empreendimento científico.

Em consonância, Acevedo e colaboradores (2005), argumentam que é comum nos currículos de ciência o destaque dado aos conteúdos conceituais e não processuais da ciência, ou seja, currículos que suscitam um ensino centrado no ensino dos produtos da ciência (teorias, leis, modelos, conceitos), sem discussão sobre como eles foram produzidos e aceitos, utilizando apenas resultados empíricos, esquecendo que esses não são suficientes para a compreensão do que é ciência, sobre a sua construção, funcionalidade e sobre a sua relação com a sociedade.

Assim, tem se defendido na literatura especializada o desenvolvimento de melhores compreensões sobre NdC na educação científica, que busquem inclusive o aprimoramento de propostas metodológicas implícitas ou explícitas sobre a NdC, objetivando um ensino mais crítico, reflexivo e criativo sobre a atividade científica (ACEVEDO et al., 2005; BELL, 2006; CARVALHO, 2001; DRIVER et al., 1996; MCCOMAS et al., 1998b; LEDERMAN, 1992, 2007; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011; HODSON, 2014).

Driver e colaboradores (1996), sintetizaram argumentos encontrados na literatura sobre a importância da NdC na educação científica. Os argumentos

podem ser organizados em quatro vertentes: a) *utilitarista* – esse argumento defende que é necessário um entendimento sobre NdC para que as pessoas possam dar sentido à ciência, bem como aos objetos e processos tecnológicos utilizados no dia-a-dia; b) *democrático* – justifica que o entendimento sobre a NdC permite as pessoas compreenderem os dilemas e questões importantes que envolvem ciência e tecnologia e participem na tomadas de decisões; c) *cultural* – declara a ciência como uma parte da cultura; dessa forma, todos devem apreciá-la, d) *moral* – o aprendizado da NdC auxilia o desenvolvimento da compreensão dos padrões e normas da comunidade científica, que incorporam compromissos e valores morais e gerais da sociedade, facilitando, desse modo, a compreensão sobre o comportamento do mundo natural.

Forato, Pietrocola e Martins (2011, p. 32-33) apresentam as principais justificativas para inclusão da NdC na educação científica. Para esses autores o ensino sobre a NdC:

- Contribuí para o desenvolvimento de uma compreensão da ciência como uma atividade humana, historicamente construída, imersa no contexto cultural de cada época e de cada povo, e não como uma construção puramente racional, desenvolvida por um suposto ‘método científico’ único e universal a partir apenas de observações, experimentos, deduções e induções logicamente fundados;
- Contribuí para o entendimento da ciência se desenvolvendo em um contexto cultural de relações humanas, dilemas profissionais e necessidades econômicas, revelando uma ciência parcial e falível, contestável, influenciada também por fatores extra científicos;
- Contribuí para um conhecimento sobre as ciências, alguns de seus pressupostos e limites de validade, e não apenas sobre os conteúdos científicos, que permita criticar o dogmatismo geralmente presente no ensino de ciências, além de promover o pensamento reflexivo e crítico;
- Contribuí para o desenvolvimento de certo conhecimento metodológico como um antídoto à interpretação empírico-indutivista da ciência que permita refletir sobre as relações e diferenças entre observação e hipóteses, leis e explicações e, principalmente, resultados experimentais e explicação teórica.

Esses autores esclarecem que “a inserção de conteúdos **sobre** as ciências na educação científica propicia um diálogo entre os saberes e pode contribuir para o desenvolvimento das competências necessárias ao cidadão do século XXI” (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011, p. 29, grifo dos autores).

Através do exposto, compreende-se a necessidade do enriquecimento do currículo de ciências, de maneira que este abarque uma discussão adequada sobre aspectos da NdC e, dessa forma, que propicie a alfabetização científica e

a participação fundamentada na tomada de decisões tecnocientíficas a partir da imersão a cultura científica e tecnológica (PRAIA, PÉREZ, VILCHES, 2007).

### 1.1 A Natureza da Ciência no currículo de ciências

Os esforços para incluir a discussão sobre a NdC nos currículos da educação científica surgem na segunda metade do século XX (AAAS, 1989; 1993; DEPARTMENT FOR EDUCATION AND EMPLOYMENT, 1999; McCOMAS; OLSON, 1998; NRC, 1996; PCNEM, 1999; PCNEM+, 2002). O objetivo de tais reformas curriculares era melhorar as visões dos estudantes sobre a NdC, tendo em vista a ampla disseminação de compreensões simplistas e inadequadas em tal público, como discutido anteriormente.

A inclusão de aspectos da NdC tem norteado os currículos de diversos países – por exemplo, Austrália, Canadá, Inglaterra, Nova Zelândia, País de Gales, Estados Unidos, etc. – que incluem a abordagem explícita da NdC em seus currículos científicos, além de muitos outros que trazem uma forma mais ou menos parcial e/ou implícita (McCOMAS, 2005; McCOMAS; OLSON, 1998). Nos Estados Unidos, em particular, observa-se que esse objetivo é indicado em documentos oficiais há pelo menos cem anos (LEDERMAN; 2006).

No Brasil, orientações a respeito de uma visão mais crítica do empreendimento científico direcionados à Educação Básica, surgem em documentos oficiais como os *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio* (PCNEM), de 1999, amparado pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), de 1996, e nas Diretrizes Nacionais para o Ensino Médio, 1998.

No PCNEM, pode-se observar considerações relativas a aspectos históricos e sociais da ciência direcionadas a área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, onde concebe-se que “compreender a ciência como construção humana, entendendo como elas se desenvolvem por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade” (Brasil, parte III, 1999, p. 13). No documento encontramos uma das habilidades esperadas para os estudantes, especificamente para a disciplina de Física:

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e

dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas (BRASIL, parte III, 1999, p. 22).

Essa visão crítica sobre a ciência também pode ser encontrada nos documentos subsequentes, tanto nas *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio* (PCNEM+), de 2002, que destaca a importância da contextualização histórica para o desenvolvimento de habilidades e competências nas aulas de física, química e biologia (BRASIL, 2002), como nas *Orientações Curriculares para o Ensino Médio*, de 2006.

Em 2018, um novo documento oficial começou a figurar na política educacional brasileira, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). De acordo com esse documento, a BNCC “define um conjunto orgânico e progressivo de **aprendizagens essenciais** que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica” (BRASIL, 2018, p. 7, grifo no original). O documento visa assegurar uma formação comum para os estudantes da educação básica, para isso dispõe de dez competências gerais que devem ser desenvolvidas durante o processo de ensino e aprendizagem.

A BNCC para o Ensino Médio está organizada em quatro áreas do conhecimento: Linguagens, Matemática, Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. Dessa forma, não é possível identificar um constructo específico para a disciplina de Física, visto que esta encontra-se associada as outras áreas da ciência, como Biologia e Química. Todavia, o documento oficial ressalta que:

A contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia é fundamental para que elas sejam compreendidas como empreendimentos humanos e sociais. A BNCC, portanto, propõe-se também discutir o papel do conhecimento científico e tecnológico na organização social, nas questões ambientais, na saúde humana e na formação cultural, ou seja, analisar as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (BRASIL, 2018, p. 549).

Embora não seja possível identificar explicitamente o ensino sobre NdC na BNCC do Ensino Médio na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, trechos do documento oficial trazem luz às competências e habilidades necessárias para serem desenvolvidas pelos alunos durante a educação básica. Esses trechos, identificados abaixo, implicam em suas entrelinhas, no

entendimento sobre o que é Ciência, sobre sua funcionalidade, sobre como a Ciência se constrói e se desenvolve, e ainda, quais são os valores envolvidos no empreendimento científico. Na competência específica 2, encontramos a habilidade:

Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostas em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente (BRASIL, 2018, p. 557).

A competência 3, traz outras duas habilidades que estão ligadas à NdC:

Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica (BRASIL, 2018, p. 559).

Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental (BRASIL, 2018, p. 559).

Para que essas habilidades sejam desenvolvidas nos alunos e atendam as competências almejadas, é necessária uma prática que implique em um conhecimento sobre a própria natureza da ciência. Para analisar e discutir sobre modelos, teorias e leis – produtos da ciência – elaborar hipóteses, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema em uma perspectiva científica, para comunicar e participar e/ou promover debates em torno de temas científicos/tecnológicos – processos da ciência – é importante a compreensão sobre o que significa cada um desses produtos e processos científicos. Caso essa discussão não seja promovida, compreensões errôneas e inadequadas sobre a ciência podem permear o processo de ensino e aprendizagem. De acordo com Ferreira (2018):

[...] a imagem veiculada por um ensino que não se atenta a um 'ensino **sobre** ciência' acaba sendo distorcida da realidade, por não apresentar uma caracterização minimamente honesta e que corresponda a como a ciência é construída, incluindo seus problemas e controvérsias (FERREIRA, 2018, p. 84, grifo dos autores).

Além disso, a ausência de tais discussões sobre a NdC pode, inclusive, dificultar o desenvolvimento das competências da BNCC para o ensino médio, uma vez que através da leitura do documento é possível verificar a grande ênfase dada ao desenvolvimento dos processos científico pelos alunos.

Nessas duas seções, tivemos três grandes objetivos, eles foram: 1) apresentar as principais visões inadequadas sobre a construção do conhecimento científico comunicadas por professores e estudantes de ciências; 2) Apresentar as razões e objetivos da inclusão da NdC no Ensino de Ciências; e por fim, 3) Caracterizar como e se a NdC tem sido incorporada nos currículos de ciências. Na próxima seção, discutiremos a elaboração do constructo NdC.

## **1.2 O que é Natureza da Ciência?**

A resposta para esta pergunta não é nenhum pouco trivial. Embora o termo Natureza da Ciência (NdC) seja amplamente utilizado por pesquisadores da área de Educação em Ciências, ainda não há certo consenso sobre o seu significado, ou seja, não há uma definição exata e única sobre esse termo. Isso se justifica pelo fato de não haver ou, no mínimo, não ser possível definir uma única Natureza da Ciência, “haja vista a pluralidade de disciplinas científicas existentes, às quais, embora apresentem similaridades, denotam divergências no fazer científico” (SILVA; MARTINS, 2018, p. 73). Desse modo, não podemos assumir uma forma única de pensar a “Natureza da Ciência”, visto que não há uma conceituação fechada sobre o que é, de fato, a NdC.

Todavia, encontramos algumas tentativas em relação a uma possibilidade de definição, mas há que se destacar que elas são elaboradas com grande cuidado para justamente não limitarem toda a dimensão do termo. De acordo com McComas, Clough e Almazroa (2002), a NdC é um constructo fértil e híbrido, onde estudos sociais da ciência (História, Filosofia e Sociologia da Ciência) são combinados com pesquisas oriundas das ciências cognitivas (Psicologia), o que dispõe uma rica discussão a respeito do que é ciência, como ela opera, como os cientistas trabalham em grupos sociais e como a sociedade lida aos esforços científicos.

Adúriz-Bravo (2005) destaca que devido a relação com esses outros campos do saber, a NdC possibilita estudos sobre a forma como o conhecimento

científico se transforma com o passar do tempo, os valores científicos empregados na formulação de uma teoria, a relação entre ciência e sociedade, entre outras.

Para Lederman (2007) a NdC refere-se à “epistemologia da ciência, ciência como um modo de conhecer, ou os valores e crenças inerentes ao conhecimento científico e seu desenvolvimento” (p. 833).

Enquanto para Vázquez-Alonso e colaboradores (2007) a NdC:

[...] engloba uma diversidade de aspectos sobre o que é a ciência, seu funcionamento interno e externo, como ela constrói e desenvolve o conhecimento que produz, os métodos que usa para validar este conhecimento, os valores envolvidos nas atividades científicas, a natureza da comunidade científica, os vínculos com a tecnologia, as relações da sociedade com o sistema tecnocientífico e vice-versa, as contribuições desta à cultura e ao progresso da sociedade (VÁZQUEZ-ALONSO; MANASSERO-MAS; ACEVEDO-DÍAZ; ACEVEDO-ROMERO, 2007, p.34)

Ainda, Vital e Guerra (2014) afirmam que:

[...] O conceito de NdC inclui os contextos de produção da ciência, os métodos utilizados, as ligações entre ciência e tecnologia, as crenças e valores envolvidos, o papel dos cientistas, as relações da ciência com a sociedade, a compreensão pública da ciência, bem como a história, sociologia e filosofia da ciência abrangendo suas dimensões sociais, econômicas, morais e culturais (VITAL; GUERRA, 2014, p. 228).

Para Moura (2014), a NdC: “[...] envolve um arcabouço de saberes sobre as bases epistemológicas, filosóficas, históricas e culturais da Ciência. Compreender a Natureza da Ciência significa saber do que ela é feita, como elaborá-la, o que e por que ela influencia e é influenciada” (MOURA, 2014, p. 33).

Ainda, de acordo com Silva e Martins (2018) “a NdC constitui-se em um metaconhecimento sobre a ciência, pois a expressão busca indicar a integração de diferentes campos do saber em torno de como o conhecimento científico é produzido, internalizado e refutado” (p. 394). Ou seja, por meio do estudo sobre NdC pode-se problematizar questões complexas como o que é Ciência, como ela trabalha, quais são os valores e crenças inerentes ao campo científico, dentre outros questionamentos.

Pode-se observar que existem distintas definições sobre o constructo Natureza da Ciência na literatura. Por exemplo, através do enunciado descrito por Lederman (2007) observa-se que o pesquisador descreve uma definição

mais restrita sobre a NdC, que parece alimentar apenas o campo da Filosofia da Ciência, por outro lado, há outras definições mais abrangentes conforme encontrado em Vázquez-Alonzo e colaboradores (2007), e Vital e Guerra (2014), que incluem inúmeros aspectos oriundos da Sociologia da Ciência.

Compreende-se que essa pluralidade de definições encontradas se deve à riqueza presente nas diversas formas do empreender científico. Portanto, a atividade científica possui um conjunto de qualidades que não cabem em apenas uma única definição, ou ainda, que abranja todo o seu significado. Dessa forma, entendemos o campo científico como plural, diversificado, histórico e culturalmente construído.

### **1.3 Reflexões e Teorias acerca da temática Natureza da Ciência**

A discussão referente à Natureza da Ciência surge em meados do século XX, por meio de historiadores, filósofos e sociólogos da ciência. Destaca-se entre as suas preocupações a necessidade de rompimento com a ideia de uma ciência puramente racional e objetiva, desse modo, evidencia-se uma visão mais crítica da ciência, revelando um desenvolvimento científico que possui contribuição de diversos povos e saberes, objetivando, em suma, uma descrição rica do empreendimento científico.

Entretanto, devido às características híbridas e interdisciplinares da atividade científica, desacordos emergiram entre esses investigadores em relação aos valores e conjecturas epistemológicas relacionadas aos processos científicos das diversas áreas do conhecimento científico (LEDERMAN et al., 2002; MCCOMAS, 2008). Sendo assim, compreende-se que uma descrição única sobre a ciência é uma tarefa bastante complexa.

Embora uma concepção única e consensual seja algo difícil, pontos de concordância entre as distintas visões sobre a NdC podem ser encontradas na literatura. Nesse sentido, através das leituras de Abd-El-Khalick (2012), Lederman (2007), McComas, Clough e Almazroa, (1998), eSmith e Scharmann (1999), Rozentalski (2018) argumenta, em sua tese de doutorado, que:

Os aspectos consensuais da Natureza da Ciência são enunciados de modo a contemplar um nível de generalidade que não levantaria objeções dos especialistas em História, Filosofia e Sociologia da Ciência ou, no mínimo, seriam pouco controversos. Esse cuidado se

justificaria por conta do público ao qual são dirigidos, ou seja, professores e estudantes do ensino básico. As considerações sobre a Natureza da Ciência não visam a formação de especialistas nas metaciências, mas de cidadãos críticos e reflexivos, e para esse propósito não são necessários o mesmo rigor e profundidade exigidos na formação de historiadores, filósofos ou sociólogos da ciência (ROZENTALSKI, 2018, p. 114).

Assim, defende-se que as discrepâncias entre historiadores, filósofos e sociólogos se referem a “questões demasiado abstratas para terem alguma repercussão na vida diária dos alunos e na cidadania” (ACEVEDO et al., 2005, p. 2). Nesse sentido, não há necessidade de serem incluídas nos currículos de educação científica (TEIXEIRA; FREIRE JR.; EL-HANI, 2009):

Não podemos perder de vista que a proposta é fornecer aos estudantes e professores instrumentos que lhes permitam compreender como o conhecimento é construído, suas possibilidades e limitações, suas relações com questões colocadas em domínios relacionados da atividade humana, como a produção e uso da tecnologia. Obviamente, não se pode esperar que os estudantes, os futuros professores das ciências, se tornem competentes especialistas em história, sociologia e filosofia da ciência. (TEIXEIRA; FREIRE JR.; EL-HANI, 2009, p. 532)

A visão consensual sobre a NdC estabeleceu-se na década de 1990, e desde então, os adeptos a essa abordagem têm defendido que um consenso sobre os aspectos da NdC pode ser estabelecido na educação científica. (PUMFLEY, 1991; DRIVER et al., 1996; LEDERMAN, 1992, 2006; LEDERMAN et al., 1998, 2002; MCCOMAS, 2008; MCCOMAS; OLSON, 1998; MCCOMAS et al., 1998a, 1998b; OSBORNE et al., 2003; GIL-PÉREZ et al., 2001).

Desse modo, a visão consensual da NdC é entendida como:

[...] um conjunto de aspectos, de caráter geral, a respeito dos quais haveria um consenso amplo no que diz respeito ao que se espera que esteja presente no currículo de ciências. Como um referente para a instrução, a VC (visão consensual) busca um consenso pragmático em torno de determinados aspectos que seria válido para se pensar a inserção da NdC. (MARTINS, p. 706, 2015)

Nesse sentido, Rozentalski (2018) destaca que:

[...] as listas da abordagem consensual são pensadas por seus criadores, dentre outras finalidades, para fomentarem abordagens explícitas e reflexivas, que visem discutir a Natureza da Ciência no âmbito de formação dos professores, de modo a proporcionar para esses sujeitos melhores compreensões sobre a ciência. (ROZENTALSKI, 2018, p. 117)

Portanto, as listas são um indicativo de aspectos comuns sobre o empreendimento científico, não se referem a uma fotografia do que é a ciência, mas sim a tentativa de identificar aspectos comuns sobre a ciência.

Pumfrey (1991), McComas et al. (1998), Lederman (2002), reconhecem a existência de um consenso em relação aos aspectos de NdC mais importantes para fazer parte dos currículos de ciências. Esses autores apresentam os principais tópicos sobre a NdC para uma visão adequada sobre a atividade científica nos currículos de ciências. A seguir serão apresentadas as propostas desses pesquisadores.

A proposta de Pumfrey (1991) surgiu no contexto da reforma educacional do Reino Unido. Seu trabalho teve como norteador a revisão crítica de recursos e objetivos da História da Ciência no currículo de ciências nacional. Para isso, Pumfrey (1991) realizou a síntese de pesquisas que mostram aspectos consensuais entre historiadores e filósofos da ciência sobre a Natureza da Ciência. A partir de tal revisão, esse autor elencou os seguintes elementos consensuais sobre a NdC (PUMFREY, 1991, p. 69):

- a) *Observação significativa não é possível sem uma expectativa pré-existente;*
- b) *A Natureza não produz evidências simples o bastante para permitir uma interpretação não ambígua;*
- c) *As teorias científicas não são induções, mas hipóteses que são imaginativas e necessariamente vão além das observações;*
- d) *As teorias científicas não podem ser provadas;*
- e) *O conhecimento científico não é estático e convergente, mas mutável e ilimitado;*
- f) *Treinamento compartilhado é um componente essencial do acordo entre os cientistas;*
- g) *O raciocínio científico não se estabelece sem apelar para fontes sociais, morais, espirituais e culturais;*
- h) *Os cientistas não desenvolvem deduções incontestáveis, mas fazem complexos julgamentos de especialistas;*
- i) *O desacordo sempre é possível.*

Em McComas et al. (1998) encontramos um estudo no qual foram identificados aspectos consensuais da NdC a partir de um conjunto de

documentos curriculares oficiais sobre educação científica dos Estados Unidos, Canadá, Austrália, Nova Zelândia, Inglaterra e País de Gales. Sua pesquisa resultou em uma lista de aspectos consensuais de NdC recorrentes nos documentos curriculares de tais países. A lista contém os seguintes elementos (McCOMAS, 1998, p. 6-7):

- ✓ *O conhecimento científico, enquanto durável, tem um caráter provisório;*
- ✓ *O conhecimento científico se apoia fortemente, mas não inteiramente, de observação, evidências experimentais, argumentos racionais e no ceticismo;*
- ✓ *Não existe um único modo de se fazer ciência (portanto, não existe um método científico universal);*
- ✓ *A ciência é uma tentativa de explicar os fenômenos naturais;*
- ✓ *Leis e teorias desempenham papéis diferentes na Ciência; portanto, os estudantes devem perceber que teorias não se tornam leis, mesmo com evidências adicionais;*
- ✓ *Pessoas de todas as culturas contribuem para a ciência;*
- ✓ *Conhecimento novo deve ser relatado de maneira clara e aberta;*
- ✓ *Cientistas necessitam de registros cuidadosos, revisão por pares, e reprodutibilidade;*
- ✓ *Observações são carregadas de teoria;*
- ✓ *Cientistas são criativos,*
- ✓ *A história da ciência revela tanto um caráter evolucionário quanto revolucionário;*
- ✓ *A ciência faz parte de tradições culturais e sociais;*
- ✓ *Ciência e tecnologia se influenciam mutuamente;*
- ✓ *Ideias científicas são afetadas por seu meio social e histórico.*

Já Lederman (2002, 2006), baseado em pesquisas empíricas feitas com professores e alunos estadunidenses de diferentes níveis de ensino, elabora a sua lista de aspectos consensuais a partir da identificação das visões mais comuns sobre NdC. O autor enfatiza que seu objetivo “não é destacar uma lista em relação a outra, mas fornecer um quadro de referência que ajude a delinear a NdC da investigação científica (e processos da ciência) e o corpo de conhecimento resultante” (LEDERMAN, 2006, p. 833). Dessa forma, o autor sistematiza em seu trabalho princípios (*tenets*, em inglês) que deveriam fazer

parte do currículo de ciências da educação básica, os quais são listados abaixo (LEDERMAN et al., 2002, 2014; LEDERMAN, 2007):

✓ *A natureza empírica do conhecimento científico*: a ciência se baseia em observações e evidências empíricas, e deriva delas, ainda que não unicamente;

✓ *Distinção entre observação e inferência*: observações são enunciados descritivos que são acessíveis “diretamente” aos sentidos (ou extensões dos sentidos); por outro lado, inferências vão além dos sentidos, e empregam entidades teóricas, como modelos, para explicar a observação dos fenômenos;

✓ *Distinção entre leis e teorias científicas*: leis e teorias são tipos diferentes de conhecimento científico – leis são descrições ou enunciados de relações entre fenômenos observáveis; teorias são explicações inferidas para os fenômenos observáveis;

✓ *A natureza criativa e imaginativa do conhecimento científico*: embora baseado em observações do mundo natural, ou delas derivado, ainda que parcialmente, o conhecimento científico envolve também a imaginação e a criatividade humana;

✓ *A natureza do conhecimento científico é carregada de teoria, ou subjetividade*: os compromissos teóricos, crenças, conhecimentos anteriores, treinamento, experiências e expectativas influenciam o que cientistas pesquisam e como pesquisam;

✓ *O mito do método científico*: não existe um único método que garanta a produção de conhecimento científico infalível, bem como uma sequência de etapas que levará os cientistas, de maneira infalível, a respostas ou soluções;

✓ *A natureza provisória do conhecimento científico*: embora durável na forma de fatos, leis e teorias, a ciência é provisória e sujeita a mudanças;

✓ *O enraizamento social e cultural do conhecimento científico*: a ciência, enquanto empreendimento humano, é praticada em um contexto mais amplo, e seus praticantes são produtos dessa cultura.

A fim de sistematizar a compreensão desses autores com relação aos aspectos comuns sobre a NdC para o ensino de ciências, elaborou-se o quadro 4, que objetiva identificar as sobreposições e diferenças de ideias sobre os elementos da NdC. Dessa maneira, a primeira coluna busca identificar tópicos comuns identificados nos referenciais citados, a partir do enunciado de suas

listas, correlacionando-os. Destaca-se que o quadro possui algumas lacunas, isso se deve ao fato de que há interpretações distintas sobre os aspectos ditos consensuais para o ensino de ciências na educação científica básica para cada um desses autores.

**Quadro 1** - Comparação entre os aspectos consensuais de diferentes autores da literatura em NdC.

<b>Tópicos de NdC</b>	<b>Pumfrey (1991)</b>	<b>McComas et al. (1998)</b>	<b>Lederman (2002)</b>
<b><i>Provisoriedade do conhecimento científico</i></b>	O conhecimento científico não é estático e convergente, mas mutável e limitado	Conhecimento científico, enquanto durável, tem um caráter provisório;	Embora durável na forma de fatos, leis e teorias, a ciência é provisória e sujeita a mudanças;
<b><i>Diferença entre observação e inferência</i></b>	-	-	Observações são enunciados descritivos que são acessíveis “diretamente” aos sentidos; por outro lado, inferências vão além dos sentidos, e empregam entidades teóricas;
<b><i>O Método Científico</i></b>	-	Não existe um único modo de se fazer ciência (portanto, não existe um método científico universal); cientistas necessitam de registros cuidadosos, revisão por pares, e reprodutibilidade;	Não existe um único método que garanta a produção de conhecimento científico infalível, bem como uma sequência de etapas que levará os cientistas, de maneira infalível, a respostas ou soluções;
<b><i>O papel da experimentação para a ciência</i></b>	-	O conhecimento científico se apoia fortemente, mas não inteiramente, de observação, evidências experimentais, argumentos racionais e no ceticismo;	A ciência se baseia em observações e evidências empíricas, e deriva delas, ainda que não unicamente;
<b><i>Diferença entre Leis e Teorias científicas</i></b>	-	Leis e teorias desempenham papéis diferentes na Ciência; portanto, os estudantes devem perceber que teorias não se tornam leis, mesmo com evidências adicionais;	Leis e teorias são tipos diferentes de conhecimento científico – leis são descrições ou enunciados de relações entre fenômenos observáveis; teorias são explicações inferidas para os fenômenos observáveis;
<b><i>O papel da comunidade científica</i></b>	Treinamento compartilhado é um componente essencial do acordo entre cientistas;	Cientistas necessitam de registros cuidadosos, revisão por pares, e reprodutibilidade;	-
<b><i>Perfil do cientista</i></b>	-	Pessoas de todas as culturas contribuem para a ciência;	-
<b><i>Comunicação do conhecimento científico</i></b>	-	Conhecimento novo deve ser relatado de maneira clara e aberta;	-

<b>Relação entre Observações e Teorias</b>	Observação significativa não é possível sem uma expectativa pré-existente;	Observações são carregadas de teoria;	Os compromissos teóricos, crenças, conhecimentos anteriores, treinamento, experiências e expectativas influenciam o que cientistas pesquisam e como pesquisam;
<b>O papel da criatividade e da imaginação na atividade científica</b>	As teorias científicas não são induções, mas hipóteses que são imaginativas e vão, necessariamente, além das observações;	Cientistas são criativos;	Embora baseado em observações do mundo natural, ou delas derivado, ainda que parcialmente, o conhecimento científico envolve também a imaginação e a criatividade humana;
<b>Progresso Científico ou Desenvolvimento da Ciência</b>	-	A história da ciência revela tanto um caráter evolucionário quanto revolucionário	-
<b>Enraizamento social e cultural do empreendimento científico</b>	O raciocínio científico não se estabelece sem apelar para fontes sociais, morais, espirituais e culturais;	A ciência faz parte de tradições culturais e sociais; Ideias científicas são afetadas por seu meio social e histórico;	A ciência, enquanto empreendimento humano, é praticada em um contexto mais amplo, e seus praticantes são produtos dessa cultura.
<b>Relação entre Ciência e Tecnologia</b>	-	Ciência e tecnologia se influenciam mutuamente;	-
<b>Complexidade do conhecimento científico</b>	A Natureza não produz evidências simples o bastante para permitir uma interpretação não ambígua;	-	-
<b>Incerteza na interpretação humana sobre a natureza</b>	As teorias científicas não podem ser provadas;	A ciência é uma tentativa de explicar os fenômenos naturais;	-

Fonte: autoria própria.

Através do Quadro 1 podemos notar que tópicos como “O papel da comunidade científica”, “Relação entre Observações e Teorias”, “O papel da criatividade e da imaginação na atividade científica”, o “Enraizamento social e cultural do empreendimento científico” são comunicados nos trabalhos dos três autores, independente se a abordagem do estudo tenha sido baseada em caráter teórico normativo como em Pumfley (1991), McComas (1998), ou empiricamente como em Lederman (2002).

Entretanto, outros tópicos como a “Diferença entre observação e inferência”, “Perfil do cientista”, “Comunicação do conhecimento científico”, “Revolução Científica”, “Relação entre Ciência e Tecnologia” e “Complexidade do conhecimento científico”, são sugeridas distintamente, não sendo um aspecto comum entre eles. Isso nos mostra que apesar da elaboração das listas serem ditas consensuais, há aspectos muito distintos considerados para cada um desses autores, isso corrobora para o entendimento das listas como norteador de um processo de ensino e não como o escopo perfeito que deve ser seguido à risca para ensinar aspectos da NdC em sala de aula. Assim, é necessário a compreensão de que essas listas se modificam dependendo do contexto adotado, seja ele social, educacional, político, cultural, entre outros.

Apesar da pertinência da visão consensual da NdC no ensino de ciências, muitas críticas são endereçadas a essa abordagem (ALLCHIN, 2011; IRZIK; NOLA, 2011; MATTHEWS, 2012; MARTINS, 2015; FORATO; BAGDONAS; TESTONI, 2017).

Irzik e Nola (2014) destacam em seu trabalho que a posição consensual da ciência pode resultar em falhas em representar a heterogeneidade da ciência, simplificando-a à partir de uma lista de tópicos generalistas que não são aplicáveis a todos os campos científicos. Assim, para os autores, as listas consensuais podem manifestar um olhar reduzido sobre a ciência, ou ainda, engendrar visões inadequadas em relação ao empreendimento científico no âmbito do ensino. Dessa forma, o uso do termo Natureza da Ciência relacionada à interpretação consensual da ciência, pode dar “a impressão de que a ciência não tem história e que não há espaço para a mudança em sua natureza” (IRZIK; NOLA, 2011, p. 593).

Em vista disso, os autores propõem a abordagem por semelhança de família para a Natureza da Ciência. Irzik e Nola (2011) defendem que “existe um

número de similaridades, entrecruzamentos, sobreposições entre essas disciplinas científicas, que lhes dão unidade suficiente” (IRZIK; NOLA, 2011, p. 596). Ao contrário da visão consensual, a abordagem por semelhança de família tem o objetivo de “sistematizar e unificar os aspectos da Natureza da Ciência, porém sem a pretensão de identificar possíveis características candidatas a definirem a ciência, como pretendem as abordagens essencialistas” (ROZENTALSKI, 2018, p.147 *apud* IRZIK; NOLA, 2014).

Outras propostas para abordar a Natureza da Ciência no ensino foram elaboradas com o objetivo de evitar transmitir uma visão única, descontextualizada e simplificada da ciência. Por exemplo, Martins (2015) apresenta uma proposta baseada em temas e questões sobre NdC que busca superar as críticas em relação à visão consensual. O autor defende que “é melhor algum ensino sobre natureza da ciência, ainda que com limitações, do que deixarmos de agir e permitirmos a continuidade de propagação de visões deturpadas e equivocadas da ciência” (MARTINS, 2015, p. 717). Para ele a “consideração mais adequada da temática NdC nos currículos de Ciência deveria partir de uma perspectiva mais aberta, plural e heterogênea”, nesse sentido argumenta que “nenhuma lista será exaustiva e sempre trará problemas”, pois “não se trata de afirmar que alguns aspectos seriam consensuais e outros, não”. Assim, Martins (2015) propõe em seu trabalho dois eixos principais: *eixo histórico e sociológico*; e *eixo epistemológico* (Quadro 2).

**Quadro 2 – Eixos para a discussão de conteúdos da Natureza da Ciência e exemplos de temas**

<b><i>Eixo sociológico e histórico</i></b>	<b><i>Eixo epistemológico</i></b>		
	Problemas da origem do conhecimento (científico)	Métodos, procedimentos e processos da ciência	Conteúdo/natureza do conhecimento produzido
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel dos indivíduos/sujeitos e da comunidade científica</li> <li>• Intersubjetividade</li> <li>• Influências históricas e sociais</li> <li>• Questões morais, éticas e políticas</li> <li>• A ciência como parte de uma cultura mais ampla</li> <li>• Objetivos da ciência / objetivos dos cientistas</li> <li>• Comunicação do conhecimento científico dentro da comunidade científica e em domínio público</li> <li>• Controvérsias históricas e contemporâneas na ciência</li> <li>• Ciência e outros tipos de conhecimento</li> <li>• Ciência e tecnologia</li> <li>• {<i>Diferenças entre as áreas / disciplinas científicas</i>}</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sujeito(s) e objeto(s) do conhecimento científico</li> <li>• Empírico vs. teórico</li> <li>• Papel da observação, experimentação, lógica, argumentos racionais e pensamento teórico</li> <li>• Influências teóricas sobre observações e experiências</li> <li>• Ciência e outros tipos de conhecimento</li> <li>• {<i>Diferenças entre as áreas / disciplinas científicas</i>}</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coleta, interpretação e avaliação dos dados</li> <li>• Modelagem</li> <li>• Observação e inferências</li> <li>• Hipóteses, previsões e testes</li> <li>• Correlação e causalidade</li> <li>• Natureza da explicação em ciência</li> <li>• Avaliação de teorias</li> <li>• Papel das analogias, imaginação e criatividade</li> <li>• Visão do senso comum sobre o método científico (sequência passo-a-passo)</li> <li>• Ciência e outros tipos de conhecimento</li> <li>• {<i>Diferenças entre as áreas / disciplinas científicas</i>}</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leis e teorias</li> <li>• Postulados</li> <li>• Noção de modelo científico</li> <li>• Papel da matemática</li> <li>• Poder e limitação do conhecimento científico</li> <li>• Ciência e outros tipos de conhecimento</li> <li>• Ciência e tecnologia</li> <li>• {<i>Diferenças entre as áreas / disciplinas científicas</i>}</li> </ul>

Fonte: Martins (2015, p. 719).

Pode-se observar através desse quadro que as compreensões da Natureza da Ciência podem ser muitas e com distintas facetas, onde fatores sociológicos, históricos e epistemológicos implicam em determinados saberes específicos sobre a atividade científica. Dessa forma, cada elemento de NdC varia com relação ao planejamento e objetivo de aula.

Para finalizar, é necessário salientar que não pretendemos resgatar aqui toda a pluralidade de trabalhos sobre essa temática, seja ela favorável ou contrária à visão consensual da NdC. Dessa forma, por meio do exposto, entende-se que não existe uma única lista que possa definir o que é a ciência, ou ainda, que abranja toda a sua heterogeneidade e complexidade.

Dessa forma, entende-se que as listas são exemplos de aspectos que podem se manifestar em determinada prática científica. Portanto, compreendemos que não seja possível englobar todos os elementos de NdC em apenas uma única abordagem. Assim, torna-se necessário pensar e planejar diferentes estratégias para um ensino adequado da NdC na educação científica.

#### **1.4 A história da Ciência como estratégia para ensinar elementos da NdC**

A fim de romper com as visões inadequadas sobre a NdC e promover um ensino de ciências mais condizente com os processos do conhecimento científico, estratégias são pensadas para potencializar o entendimento dos alunos sobre a natureza da atividade científica.

Allchin, Andersen e Nielsen (2014), argumentam que a NdC pode ser ensinada através de três contextos diferentes, sendo eles: i) estudos de casos contemporâneos; ii) estudos de casos históricos; e iii) investigação científica. Em nosso trabalho será destacado “estudos de casos históricos” e o papel da História da Ciência (HFC) no ensino, pois almejamos compreender as contribuições da História e Filosofia da Ciência para promoção de aspectos da Natureza da Ciência.

Dessa forma, Allchin, Andersen e Nielsen (2014, p. 473), argumentam que a utilização de casos históricos possui méritos como:

- i) motivar o engajamento;
- ii) promover a compreensão de aspectos de Natureza da Ciência;
- iii) promover a compreensão da complexidade da prática científica, bem como de sua dependência das condições históricas;
- iv) permitir a análise do processo e do produto científico, uma vez que os resultados finais são conhecidos;
- v) promover o desenvolvimento de habilidades do pensamento científico mais eficientemente do que atividades práticas isoladamente;

vi) promover a compreensão do erro e de sua revisão no decorrer do desenvolvimento científico.

Em contrapartida, os autores também destacam possíveis deficiências ligadas ao mal uso ou má interpretação da utilização dessa estratégia, para eles as deficiências incluem:

- i) parecer “velho”, inerentemente errado e, assim, irrelevante;
- ii) demandar tempo significativo do professor para aprendê-lo;
- iii) ser baseado unicamente em textos, limitando o desenvolvimento de habilidades experimentais;
- iv) se apresentado na forma de reconstrução racional ou como um conteúdo de forma definitiva, não permite compreender como a ciência é feita.

Os argumentos suscitados por esses autores nos fazem refletir sobre o papel da HFC como estratégia didática para o ensino, levantando questionamento sobre por que, como e de que maneira ensinar HFC pode romper com visões inadequadas e estereotipadas sobre a natureza do conhecimento científico na educação científica. Além disso, nos faz pensar a formação de professores, uma vez que, a utilização dessa estratégia depende da maneira como o professor ou professora a utiliza em sala de aula.

A fim de responder alguns desses questionamentos, Gurgel (2020) nos diz que, “a maneira mais abrangente de pensar o papel da história das ciências no ensino é discutir *o que significa saber uma ciência*” (p. 333). Dessa forma, o autor destaca que é necessário “reconhecer que aprender ciências pode ser muito mais diverso do que em geral consideramos” (p. 334). Portanto, ao compreender a pluralidade da ciência, inúmeras são as possibilidades de ênfases curriculares. Para o autor

o reconhecimento das diferentes ênfases curriculares para o ensino de ciências permite uma avaliação ampla do papel da história das ciências. Ele dependerá muito da perspectiva adotada em determinado momento e do tópico a ser trabalhado. Se o objetivo é ensinar a calcular a hipotenusa de um triângulo pelo teorema de Pitágoras, a história deste pensador não terá grande relevância, no máximo como uma motivação inicial que provavelmente não passará de uma anedota. Mas se o que se busca é discutir o papel da geometria na compreensão do mundo, então a abordagem histórica pode ser interessante” (GURGEL, 2020, p 335).

Nesse sentido, a HFC amplia os horizontes e as perspectivas adotadas no ensino de ciências, de maneira a enfatizar a complexidade do trabalho

científico, o papel social, cultural e histórico do conhecimento científico, desmistificando visões simplistas sobre as ciências, rompendo, também, com o discurso de autoridade da ciência perfeita e acabada quando utilizada corretamente em sala de aula.

Portanto, defende-se uma HFC que enfoque os processos de se fazer ciência, ao invés de destacar, somente, os seus resultados, possibilitando, dessa forma, um leque de possibilidades interessantes para o ensino de ciências, como: as discussões de temas controversos, o papel da ciência para a sociedade e o reconhecimento da importância de conhecer a ciência para atuar de forma ativa nas decisões e compreender os problemas tecnocientíficos.

De acordo com Matthews (1995), autores que defendem a HFC como abordagem didática destacam a importância de uma interpretação contextualista, onde a ciência deve ser ensinada em seus diversos aspectos: ético, social, cultural, histórico, filosófico, político e tecnológico. Para ele,

[...] humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; pode tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; pode contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, pode contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem, a saber, o que significam; pode melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas (MATTHEWS, 1995, p. 165).

Tal argumento concorda com Martins (2006), o qual defende que a História e Filosofia da Ciência pode auxiliar no aprendizado dos conteúdos científicos, ajudando a transmitir uma visão mais adequada sobre a NdC. Assim, o autor destaca que o uso de episódios históricos (EP)

[...] permite perceber o processo social (coletivo) e gradativo de construção do conhecimento, permitindo uma visão mais concreta e correta da real natureza da ciência, seus procedimentos e suas limitações – o que contribui para a formação de um espírito crítico e desmistificação do conhecimento científico, sem no entanto negar o seu valor (MARTINS, 2006, p. XXII).

No mesmo sentido, Forato, Bagdonas e Testoni (2017), argumentam “que o estudo de diferentes episódios históricos pode contextualizar discussões sobre diversos aspectos da NdC, problematizando visões essencialistas e promovendo

visões melhor informadas na formação de professores” (p. 3511). Dessa forma, entende-se que adotar episódios históricos como parte integrante da metodologia de ensino pode contribuir para a formação de uma visão mais clara sobre a NdC na educação científica, a qual busca evitar concepções deformadas, e anseia pela emancipação intelectual e um maior senso crítico dos alunos envolvidos no processo educativo.

Todavia, para isso é necessário pensar em como e o que saber sobre HFC para utilizá-la em sala de aula de maneira adequada, evitando uma HFC simplificada, resumida em datas, anacrônicas, ou ainda, que propaguem anedotas ou pseudo-histórias (MARTINS, 2006).

Dessa maneira, a utilização da HFC no ensino deve romper com as algumas limitações, barreiras e dificuldades existentes na área, como: a falta de materiais didáticos de boa qualidade sobre o tema; a cultura escolar que ainda privilegia um ensino empírico-indutivista, pautada em equações, fórmulas e resolução de exercícios; as grandes avaliações, como exames de vestibulares e Enem, que não cobram esse tipo de saber em seus processos seletivos; a falta de formação adequada aos professores, além de questões relacionadas a profissão docente, tais como a má remuneração dos docentes que os forçam a ter uma alta carga horária de trabalho para suprirem as suas necessidades, à falta de estímulos a formação continuada, entre outras.

Ao que compete a formação de professores, Pereira e Amador (2007) argumentam sobre a necessidade de se incluir a HFC nos currículos dos cursos de formação de professores para que os futuros docentes tenham consciência da influência de aspectos sociais, econômicos, políticos, religiosos, entre outros, sobre a prática científica. Essa recomendação é pertinente, pois, como alerta Martins (2007):

A História e Filosofia da Ciência surgem como uma necessidade formativa do professor, na medida em que pode contribuir para evitar: visões distorcidas sobre o fazer científico; permitir uma compreensão mais refinada dos diversos aspectos envolvendo o processo de ensino aprendizagem da ciência; proporcionar uma intervenção mais qualificada em sala de aula. (MARTINS, 2007).

Dessa maneira, ao levar a HFC para as aulas de Física, é possível discutir diferentes aspectos históricos e sociais ligados aos conceitos e ao conteúdo, proporcionando uma visão mais honesta e com mais significados sobre o empreendimento científico.

Discutimos até agora a importância da utilização da abordagem de HFC para o ensino, entretanto, não discorreremos sobre as propostas e tendências curriculares no Brasil. De acordo com Teixeira, Greca e Freire Jr. (2012) uma das grandes prioridades apontadas nos eventos nacionais e internacionais é a inclusão da HC nos currículos escolares. Esta é a categoria cuja inclusão curricular apresenta maior consenso. Nota-se que há certa preocupação em tornar o conteúdo de ciências condizente com a realidade utilizando a HFC, entretanto foi observado

A ocorrência de um número consideravelmente menor de trabalhos que tratavam da inclusão da HC no Ensino de Física, em comparação com o número de propostas curriculares. Assim, as autoras destacam uma discrepância entre o que se propõe no Ensino de Física e o que se pratica, o que parece refletir uma dificuldade de se traduzir propostas baseadas no uso de HC em prática de sala de aula. (TEIXEIRA, GRECA e FREIRE JR., 2012, p. 16).

Para compreender essa discrepância entre teoria e prática devemos analisar o contexto escolar. Sabe-se que há um grande déficit de professores atuantes no mercado, além disso, mais da metade dos professores não possuem formação acadêmica necessária para lecionar a disciplina. É o caso da Física que ainda tem 53% dos professores não formados em Física. (CENSO 2010).

Visto esse cenário, de acordo Delizoicov e Delizoicov (2012)

Os livros didáticos constituíram-se em uma das principais fontes de consulta para professores e alunos, durante o processo de ensino e de aprendizagem. Todavia na maioria desses materiais, a História da Ciência está ausente. Em geral, os livros didáticos veiculam informações sobre dados históricos descontextualizados socialmente (p. 230).

Em consonância, a pesquisa de Souza Filho, Boss e Caluzi (2011) sobre “As distorções nos livros didáticos e os obstáculos epistemológicos na formação de conceitos referentes ao experimento de Orsted”, apontam para deficiências nos livros didáticos quando apresentam tópicos de HC.

Os autores nos mostram momentos nos quais livros didáticos apresentam a HC de maneira superficial e errônea, no qual a ciência é apresentada “como pronta e acabada cuja finalidade é simplesmente abordar o conteúdo específico sem maior preocupação com outros fatores, tal como a natureza da ciência, o processo de construção do conhecimento, a imagem do cientista, etc.” (208). Ainda, a pesquisa nos mostra que “os alunos trazem concepções que muitas vezes dificultam a aquisição de um saber mais elaborado” (p. 209) sobre

eletricidade, e os erros dos livros didáticos analisados “reforçam esses obstáculos de forma a apresentar o desenvolvimento histórico de forma aligeirada e meramente ilustrativa, quando na verdade eles poderiam auxiliar na superação desses obstáculos. (SOUZA FILHO; BOSS; CALUZI.; 2011; p.209)

Na mesma linha, Guçã et al. (2011), argumentam que,

A começar pelos livros didáticos, que muitas vezes oferecem, a professores e alunos, verdadeiros descabros quando abordam a História da Ciência. Se o professor não tiver uma formação sólida em História da Ciência talvez caia em uma reprodução daquilo que é veiculado pelo material escolhido, o que pode ser desastroso para o ensino, tal como evidenciam nossas discussões aqui (GUÇÃ et al. 2011; p. 264 )

Ainda,

Indiscutivelmente, a inserção da História da Ciência no ensino pode viabilizar um amadurecimento do pensamento científico do aluno, desde que essa aprendizagem seja realmente significativa, baseada em estudos sobre uma História calcada em acontecimentos não distorcidos. Sabemos que toda historiografia é subjetiva, pois é feita por pessoas que, mesmo sem intenção, acabam colocando no texto, por meio de suas interpretações e escolhas, parte da sua bagagem cultural e teórica. No entanto, há inúmeras fontes em que a subjetividade ganha destaque e acaba por alterar os fatos, culminando na veiculação de uma História falsa, mitificada, linear, de gênios, etc. Cabe ao professor, no momento da escolha da fonte, optar por aquela que mais seja adequada aos seus objetivos naquele momento, bem como avaliar e escolher aquelas que menos distorcem os fatos. Além disso, é preciso que se tenha uma posição crítica sobre as fontes, diante daquilo que está veiculado. Dessa forma, é possível impedir que o trabalho com a História da Ciência dê ao aluno uma visão distorcida sobre a ciência, sobre seu processo de desenvolvimento e sobre seus autores (GUÇÃ et al. 2011; p. 264)

Portanto, pensar o ensino de HFC da ciência é pensar também na formação de professores. Aquino (2017), defende que

“É imprescindível que já na formação inicial de professores essas reflexões sejam suscitadas e, além delas, sejam possibilitados momentos de inserção prática destas atividades, de modo que os professores em formação tenham uma base comparativa e de apoio quando adentrarem no mercado de trabalho e iniciarem suas atividades docentes (AQUINO, 2017, p. 30).

Acreditamos que a inserção da HFC na formação inicial de professores de forma problematizada e reflexiva pode ser importante para a mudança dessa realidade. Dessa forma, na próxima sessão discorreremos sobre a formação de professores e sua base de conhecimento necessária para o ensino.

## **2. A BUSCA POR UMA BASE DE CONHECIMENTOS PARA O ENSINO: HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS NECESSÁRIOS PARA À DOCÊNCIA**

Neste capítulo será apresentada uma breve descrição sobre o cenário que propiciou o reconhecimento da docência como profissão, como fruto do estabelecimento e caracterização de uma Base de Conhecimentos para o Ensino (BCE) necessária aos professores. Na concepção dos autores que compuseram as primeiras discussões a esse respeito é a existência e a caracterização dos conhecimentos dessa base que torna a profissão docente específica e distinta de outras profissões.

Dessa forma, pretende-se fundamentar os motivos que desencadearam a preocupação em relação ao reconhecimento da profissão docente e os caminhos percorridos em busca de respostas para um corpo de conhecimento necessário para esses profissionais.

Esse capítulo aborda os modelos encontrados na literatura sobre a BCE que têm como alicerce o trabalho inicial de Shulman (1986, 1987). Assim, trabalharemos perspectivas adotadas sobre esse domínio, tanto de Shulman como de modelos posteriores, reinterpretados por outros pesquisadores.

Ainda, é destacado entre os componentes da BCE, o Conhecimento Pedagógico de Conteúdo (PCK, da sigla original em inglês), pois entende-se que esse constructo é essencial para a promoção de um ensino mais caracterizado como profissional. Dessa forma, torna-se essencial compreender como esse conhecimento é desenvolvido pelos futuros professores de física e que tipo de ações de formação são mais promissoras na expressão dos domínios desse conhecimento específico. Acerca desse aspecto, Marcon (2013) ressalta a importância de se estudar o PCK desenvolvido na formação inicial de professores. O autor argumenta que:

[...] A evolução do conhecimento pedagógico de conteúdo está diretamente atrelada às oportunidades que o futuro professor tem de se defrontar com diferentes dilemas e situações-problema, fundamentalmente em contextos reais de ensino e aprendizagem. Por manifestarem características diversas, essas estratégias instigam o conhecimento pedagógico de conteúdo a requisitar e gerir os demais integrantes da base de conhecimentos que se relacionem com o assunto e com o contexto, no sentido de buscar solução às situações-problema e de alcançar os objetivos estabelecidos para as práticas pedagógicas (MARCON, 2013, p. 80).

Por fim, este capítulo também coloca em foco pesquisas e modelos que associam as compreensões sobre os aspectos de Natureza da Ciência (NdC) ao PCK do professor e futuro professor, pois compreende-se que as visões de NdC desses refletem na maneira como são conduzidas as práticas educativas em sala de aula, seja na escolha de materiais curriculares, nas decisões ou nas estratégias instrucionais adotadas no exercício da docência. Portanto, entende-se que há necessidade de um olhar atento para a questão: como as visões e crenças dos futuros professores em relação a NdC impactam no ensino e aprendizagem dos conhecimentos científicos?

Em vista disso, esse panorama possibilitará compreender melhor o cenário teórico de nossa pesquisa, as nossas interpretações e as escolhas adotadas.

## **2.1 O trabalho pioneiro de Lee Shulman e o contexto para o reconhecimento da profissão docente**

Lee Shulman, nasceu em Chicago, Estados Unidos, graduou-se em Filosofia na Universidade de Chicago, e obteve seu título de mestre e doutor em Psicologia da Educação pela mesma universidade. Em sua tese de doutorado, de 1963, pesquisou sobre resolução de problemas em formação de professores, aprendizagem e o pensamento do professor (GAIA; CESÁRIO; TANCREDI, 2007). Tornou-se professor da Universidade do Estado de Michigan em 1963, onde atuou por 19 anos. Nessa instituição, Shulman colaborou com docentes de outras áreas, como, por exemplo, do departamento de Medicina (SILVA, 2018). Durante esta colaboração, ele desenvolveu seus estudos sobre o pensamento e o comportamento dos médicos. No ano de 1978 publicou seu livro *Medical Problem Solving: An analysis Of Clinical Reasoning* (Resolvendo um problema médico: uma análise de raciocínio). Por meio desses estudos, Shulman observou que boa parte dos conhecimentos médicos provinham de suas práticas e então supôs que isso também deveria acontecer com os professores (GOES, 2014). Como declara o próprio autor:

[...] meu colega e eu pegamos estratégias gerais e métodos para estudar o pensamento médico e aplicamos no estudo de raciocínio

pedagógico e na tomada de decisões entre professores. Nós pegamos a abordagem cognitiva para o estudo do ensino (SHULMAN, 2015, p. 5, tradução nossa).

Em 1982, Shulman passa a atuar como professor de Psicologia da Educação na Escola Superior de Educação da Universidade de Stanford. Nesse período, uma das críticas tecidas por ele e que representava uma de suas maiores preocupações foi a demasiada atenção dada aos procedimentos didático-pedagógicos e a pouca atenção voltada ao conteúdo específico durante o processo de formação dos professores em nível universitário. Refletindo sobre a falta de literatura sobre pesquisas relacionadas a questões do conteúdo, Shulman realiza sua palestra intitulada *O paradigma perdido sobre pesquisa e ensino*, na Universidade de Texas. O autor então refletiu sobre o seguinte aspecto:

Eu estava escrevendo para a cerimônia de abertura do Terceiro Handbook de Pesquisa em Ensino, e estava lendo toda essa literatura e quando você lê muitas e muitas palavras, você, ao menos, tem a oportunidade de ter uma noção que existe alguma coisa faltando ali. Então, eu me lembro tão claramente, que eu estava dando a palestra na Universidade do Texas e eu a intitulei de o paradigma perdido sobre pesquisa em ensino (BERRY; LOUGHRAN; VAN DRIEL, 2008, p. 1273, tradução nossa).

Ao referir-se a um paradigma perdido sobre pesquisa e ensino, Shulman alertava que havia um elemento faltante na pesquisa sobre o ensino: o estudo sobre o ensino do conteúdo. Em 1983, Shulman recebeu um financiamento da Fundação Spencer para o projeto “Conhecimento do Professor”, no qual buscou entender como alguém provido de determinado saber conseguia ensinar o que sabia ao outro. Foi nesse cenário que se originou a ideia de um *Pedagogical Content Knowledge (PCK)* (BERRY; LOUGHRAN; VAN DRIEL, 2008).

No ano de 1987, Shulman elabora o artigo denominado *Knowlegde and Teaching Foundations of the Reform* (Conhecimento e ensino: fundamentos para a nova reforma) (SHULMAN, 1987), no qual constrói seus fundamentos sobre a reforma da profissionalização do ensino, apresentando a sua perspectiva do *Knowlegde Base for Teaching* (Base de Conhecimento para o Ensino), no qual o PCK se configura como um dos sete conhecimentos básicos necessários aos professores.

Antes de adentrarmos a temática específica da BCE, é necessária uma breve contextualização de como, por que, e para que se fez necessário tal reforma profissional, visto que essas circunstâncias são o cerne das contribuições de Shulman para a construção de um pensamento teórico a respeito dos conhecimentos necessários para o ensino e, portanto, para a atuação profissional dos professores. Afinal, a BCE emergiu durante o movimento reformista da década de 80, ocorrido nos Estados Unidos e Canadá, “reivindicando o status profissional para os profissionais da educação” (MARCON, 2013, p. 11).

O movimento de Profissionalização do Ensino foi iniciado nos EUA tendo como marco a publicação do manuscrito *Tomorrow's teachers: a report of the holmes group* (1986) e como ponto de partida a preocupação com a qualidade da educação nos Estados Unidos, do qual Lee S. Shulman foi um de seus consultores e signatários (MARCON, 2013, p. 11).

O movimento reformista surgiu por meio de 50 líderes do Ensino Superior (diretores/representantes de universidades). Preocupados em solucionar problemas encontrados no ensino, esse grupo de profissionais em conjunto formam, dessa forma, uma associação de professores do Ensino Superior, chamada *Holmes Group* (MARCON, 2013). As análises do grupo iniciam-se em 1983 objetivando encontrar maneiras para melhorar os programas de formação de professores nas universidades e, posteriormente, a reforma da profissão docente.

Dentre seus objetivos destacam-se:

1. Tornar a educação dos professores intelectualmente mais sólida, pois os professores deveriam ter um domínio maior dos conteúdos acadêmicos e das habilidades para ensiná-los;
2. Reconhecer diferenças no saber, habilidade e compromissos docentes, em sua educação, certificação e trabalho. Assim, se os professores se tornarem efetivos profissionais, pode-se distinguir professores novatos, membros competentes da profissão e líderes profissionais de alto nível;
3. Criar padrões de ingresso na profissão – exames e requisitos educacionais – que são profissionalmente relevantes e intelectualmente defensáveis. Não permitir, na docência, pessoas ensinarem só porque passaram em testes simples e muitas vezes simplórios;

4. Conectar nossas próprias instituições às escolas. A escola deveria se tornar um lugar onde professores e pesquisadores pudessem, sistematicamente, investigar a prática docente para melhorá-las;
5. Tornar as escolas um lugar melhor para os professores poderem trabalhar e aprender, exigindo menos burocracia e mais autonomia profissional (*HOLMES GROUP*, 1986, p.4, **tradução nossa**).

Essa abordagem estimulou a criação de bases para reformas mais amplas e progressivas na formação de professores. De acordo com Marcon (2013), esses objetivos partiram de argumentos que compreendem que a formação de professores tem sido intelectualmente fraca numa profissão que possui grande responsabilidade.

Assim, assume-se que parte do problema educacional está centrado na maioria dos professores que não apresentam uma compreensão profunda sobre o conteúdo e outra das universidades, que contratam acadêmicos altamente qualificados, mas que não sabem ensinar. (MARCON, 2013, p. 13).

Ainda, de acordo com Shulman,

Os defensores da reforma profissional baseiam seus argumentos na crença de que existe “uma base de conhecimento para o ensino” – um agregado codificado e codificável de conhecimento, habilidades, compreensão e tecnologias, de ética e disposição de responsabilidade coletiva – e também um meio de representá-lo e comunicá-lo. Os relatórios do Holmes Group (1986) e da Força-Tarefa Carnegie (1986) repousam nessa crença e, além disso, afirmam que a base de conhecimento está crescendo. Argumentam que essa base deveria ser também a base da formação de professores e informar diretamente a prática de ensino (SHULMAN, 1987, p. 200).

A partir desse movimento, Shulman (1987) salientava que o que se conhecia sobre tal Base de Conhecimentos para o Ensino ainda carecia de novos esclarecimentos e discussões, pois a retórica da base raramente especificava o caráter desse conhecimento, ou seja, “não diz o que os professores deveriam saber, fazer, entender ou dizer que tornasse o ensino algo mais do que uma forma de trabalho individual, quanto mais ser considerado entre as profissões que requerem formação acadêmica” (p. 200).

Em meio a esse cenário Lee S. Shulman passa a questionar o que constituía e quais eram as fontes das quais emergiam a BCE.

Na próxima seção são apresentadas e discutidas a BCE proposta por Shulman e os modelos derivados dela, que buscaram caracterizar os elementos do conhecimento dos professores, assim como, a aplicação da ideia de uma

base de conhecimentos para o ensino no ensino de física e na formação de professores de física, que são objetos principais desta pesquisa.

## **2.2 Os principais Modelos de Conhecimentos Básicos para professores**

Vimos que a década de 1980 foi marcada pela insatisfação crescente com o estado da pesquisa educacional norte-americana. A mudança de direção das reflexões sobre a formação de professores promovida por Shulman na pesquisa educacional e, simultaneamente, a proposta de uma abordagem à reforma profissional, trouxeram a necessidade de uma caracterização referente a profissão docente e seu ensino (SHULMAN, 1987; SHULMAN; SYKES, 1986; SHULMAN; SYKES; PHILLIPS, 1983).

Como já citado, Shulman foi o precursor da Base de Conhecimentos para o Ensino e o seu trabalho serviu como suporte para outras interpretações. Essas outras compreensões sobre a base surgiram no decorrer do tempo devido ao fato de não haver um consenso imediato entre os pesquisadores e estudiosos na área em relação aos conhecimentos necessários aos professores para o ensino. Sendo assim, na literatura, encontramos uma vasta produção referente a Base de Conhecimentos, tais como Tamir (1988), Grossman (1990), Carlsen (1999), Morine-Dershimer e Kent (1999), Banks, Leach e Moon (2005), Hashwech (2005), Magnusson, Krajcik e Borko (1999), entre outros, para citar apenas alguns trabalhos que apresentam compreensões sobre esse tema.

Na próxima seção será explicitada as características de alguns modelos elaborados referentes a BCE.

### **2.2.1 A Base de Conhecimento para o Ensino de Shulman**

Ao longo de três anos de pesquisa, nos quais comparou-se professores veteranos a professores iniciantes, Shulman pôde perceber que havia um conjunto de conhecimentos e habilidades necessárias para tornar-se um professor mais preparado. O autor chegou a essa conclusão ao verificar que professores iniciantes demonstravam dúvidas referentes a certos conhecimentos, compreensões e habilidades que, por vezes, os professores veteranos respondiam com certa facilidade (SHULMAN, 1987).

De forma geral, a expressão Base de Conhecimento para o Ensino foi proposta para retratar o conjunto de conhecimentos que o professor necessita para desenvolver, de forma efetiva, a sua atividade profissional em distintos contextos de ensino e aprendizagem; ou seja, um conjunto de conhecimentos construídos pelo professor através da sua prática educacional. Segundo Mizukami (2004), a BCE envolve “conhecimentos de diferentes naturezas, todos necessários e indispensáveis para atuação” (p. 4).

Em 1986, Shulman (1986) apresentou em seu artigo denominado *Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching* (Aqueles que entendem: O crescimento do conhecimento no ensino, **tradução nossa**) (SHULMAN, 1986) três tipos de domínios do conteúdo específico que formam essa base. São eles

- (i) Conhecimento do Conteúdo Específico (tema);
- (ii) Conhecimento Pedagógico de Conteúdo (PCK) e;
- (iii) Conhecimento Curricular.

Um ano depois, no artigo *Knowledge and teaching: foundations of the new reform* (Conhecimento e ensino: fundamentos da nova reforma, **tradução nossa**) (SHULMAN, 1987), o autor reflete sobre esses conhecimentos e amplia a sua taxonomia, inserindo mais quatro categorias de cunho pedagógico:

- (iv) Conhecimento Pedagógico Geral;
- (v) Conhecimento dos alunos e de suas características;
- (vi) Conhecimento de Contextos Educacionais e;
- (vii) Conhecimento dos fins, propósitos e valores da educação e de sua base histórica e filosófica.

Dessa forma, a Base de Conhecimentos de Shulman passa a ter sete elementos, os quais são descritos no Quadro 3.

**Quadro 3 –** Categorias da Base de Conhecimento para o ensino de Shulman

CONHECIMENTOS	CONCEITUAÇÕES
<i>Conhecimento do Conteúdo</i>	Corresponde as relações específicas da matéria a ser ensinada.
<i>Conhecimento Pedagógico Geral</i>	Trata-se das maneiras de gerenciar e organizar a sala de aula.
<i>Conhecimento do Currículo</i>	Refere-se ao conhecimento dos documentos oficiais e materiais necessários para coordenar o que será ensinado.

<i>Conhecimento dos alunos e de suas características</i>	Relaciona-se a necessidade do professor em reconhecer as concepções prévias dos alunos referentes a determinado assunto.
<i>Conhecimento do contexto</i>	Concerne aos conhecimentos que ultrapassam os intramuros da escola, ou seja, incluem os aspectos sociais, políticos, culturais, além de abarcar os aspectos organizacionais do ambiente da sala de aula.
<i>Conhecimento dos fins, propósitos e valores da educação e de sua base histórica e filosófica</i>	Relaciona-se a complexidade do processo educativo, bem como aos propósitos e objetivos para o ensino de determinado conteúdo.
<i>Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK)</i>	Equivale a capacidade de traduzir o assunto para um grupo diversificado de estudantes, usando várias estratégias e métodos de instrução e avaliação.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Partindo dessa caracterização, podemos refletir sobre as compreensões que foram construídas dessas categorias e como elas são elementos para a continuidade da reflexão sobre as reconstruções dos componentes da BCE.

De acordo com Mizukami (2004), os elementos da BCE podem ser divididos em dois momentos: aquele que o professor aprende e aquele que o professor ensina. O primeiro refere-se ao desenvolvimento dos conhecimentos aprendidos nos cursos de formação, ou seja, o professor precisa saber como o conhecimento de constrói e se estrutura: “Espera-se que o futuro professor supere a mera compreensão dos conceitos da disciplina e se aprofunde na sua essência e nas suas origens” (MARCON, 2013, p. 46).

O segundo, diz respeito a aprendizagem da prática do ofício do professor, deve se buscar um nível de conhecimento que permita ampliar as possibilidades de representação sobre o assunto (SILVA, 2018; SILVA; MARTINS, 2018; MARCON; GRAÇA; NASCIMENTO, 2011; VAN DRIEL; DE JONG; VERLOOP, 2002). De acordo com Shulman (1987), “o ensino necessariamente começa com o professor entendendo o que deve ser aprendido e como deve ser ensinado” (p. 205).

Acerca do Conhecimento de Conteúdo, é necessário salientar que este amplia as possibilidades de mediação enquanto se ensina; portanto, se o professor não conhece o conteúdo, o seu ensino será afetado por isso (GARCIA,

1992). Todavia, embora o conhecimento do conteúdo seja de suma importância para o ensino ele não é o responsável exclusivo que garante o ensino da matéria (MIZUKAMI, 2004), pois é necessário integrá-lo aos outros conhecimentos da base.

Na interpretação de Grossman (1990), À época, o Conhecimento Pedagógico Geral é responsável por um conjunto de conhecimentos, crenças e habilidades gerais relacionadas ao ensino, como a gestão de sala de aula, currículo, conhecimento dos alunos e instrução. Sobre o Conhecimento do Currículo, entende-se que é por meio desse conhecimento que se torna possível planejar e organizar “sequências didáticas com conteúdo e nível adequado ao grau de instrução dos seus alunos” (SILVA, 2018, p. 42).

Ortiz (2014) e Silva (2018), ao discutirem o Conhecimentos dos Alunos e o Conhecimento de Contexto, salientam que esse tipo de conhecimento necessita ser adaptado às situações de ensino e aprendizagem, considerando as particularidades sociais, culturais e psicológica, os interesses e as necessidades dos alunos, uma vez que o conhecimento dos alunos influencia na escolha e na forma de ensino. Dessa forma, o Conhecimento do Contexto surge a partir da troca de conhecimentos entre o professor e os alunos, que advém de localizações diferentes, de realidades dispare, de culturas diferenciadas, de históricos familiares distintos, entre outras características que tornam cada ser único e a sala de aula um ambiente plural.

Além disso, ele diz respeito ao ambiente escolar, onde a instituição de ensino se encontra, qual é a sua história, qual e como é a comunidade que a cerca, como ocorre a gestão escolar e de sala de aula nesse contexto, as dimensões governamentais, institucionais e políticas que incidem no sistema educacional, etc. (MARCON, 2013).

Por fim, ao refletirmos mais apropriadamente sobre o PCK, na primeira compreensão do autor original, pode-se argumentar que se trata daquele conhecimento que representa e caracteriza a atividade docente. Ou seja, aquele conhecimento sobre como ensinar determinado conteúdo. De acordo com Shulman (1987) o PCK:

“representa a combinação de conteúdo e pedagogia no entendimento de como tópicos específicos, problemas ou questões são organizados, representados e adaptados para os diversos interesses e aptidões dos

alunos, e apresentados no processo educacional em sala de aula. O conhecimento pedagógico de conteúdo é, muito provavelmente, a categoria que melhor distingue a compreensão de um especialista em conteúdo daquela de um pedagogo (p. 207).

Graça (1997) destaca que este conhecimento é “uma amálgama de conteúdo e pedagogia, ou como o casamento do conhecimento disciplinar com o conhecimento pedagógico geral” (p. 86).

Conforme escreve Shulman (1987) “uma base de conhecimento para o ensino não é fixa e definitiva” (p. 213), assim esses conhecimentos podem modificar-se com novas articulações, afinal “boa parte – senão a maior parte – da base de conhecimentos proposta ainda aguarda para ser descoberta, inventada e refinada” (p. 213). Portanto, não há fórmula mágica ou receita pronta para se tornar um educador mais preparado.

É a partir desse conjunto inicial de conhecimentos que se desenvolve uma produtiva linha de pesquisa, com diversos trabalhos que buscaram caracterizar melhor os conhecimentos da base, além de refletir e testar novos conhecimentos que vieram a compor a dita BCE.

Tamir (1988) propôs um modelo de conhecimento de professores, no qual descreve uma estrutura de conhecimento baseada em seis categorias principais, elas são: (i) Educação Liberal Geral, (ii) Desempenho Pessoal. (iii) Tema, (iv) Pedagógico Geral, (v) Pedagógico Específico, e (vi) Fundamentos da Profissão Docente.

Pode-se observar que as modificações sugeridas por ele, englobam três questões:

(a) Distinção entre o Conhecimento Pedagógico Geral e o Conhecimento Pedagógico do Tema Específico. De acordo com Tamir (1988), o primeiro termo pode ser utilizado por especialistas da pedagogia geral, enquanto o segundo refere-se ao trabalho de especialistas de uma disciplina particular;

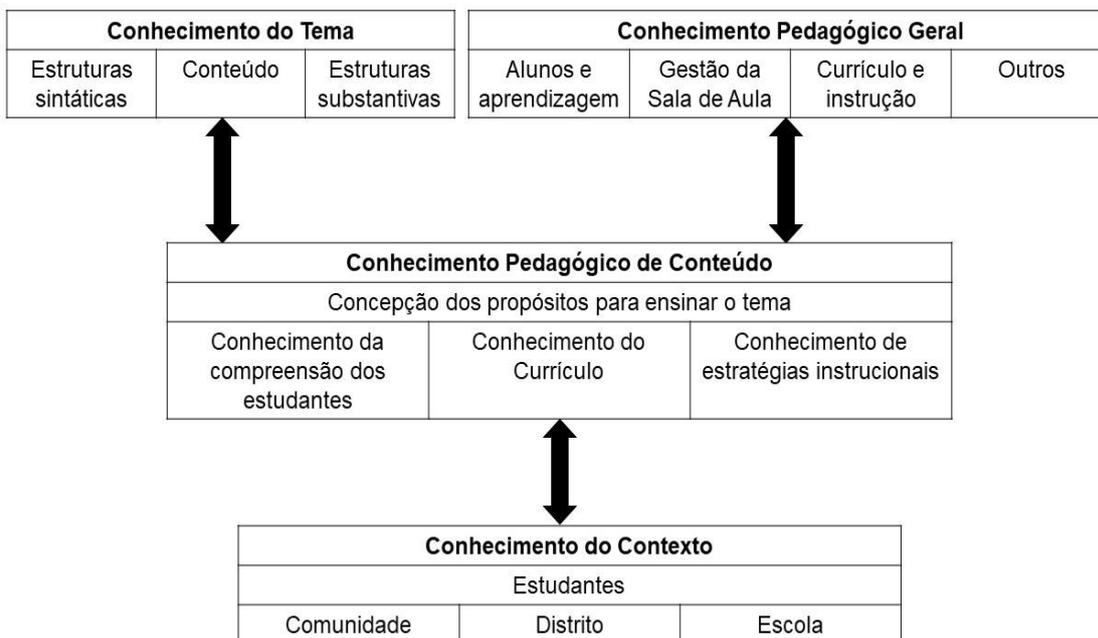
(b) Distinção entre conhecimento e habilidade;

(c) Adoção do termo “Tema” ao invés de “Conteúdo”. A justificativa pauta-se no argumento de que “o conhecimento atualmente abrange tanto os componentes substantivos (conteúdo) quanto os sintáticos (processo) de uma determinada disciplina” (TAMIR, 1988, p. 101).

Afora isso, o autor preserva praticamente às mesmas categorias propostas por Shulman.

Já a base de conhecimentos proposta por Grossman (1990) sugere quatro categorias de conhecimentos, que são: i) Conhecimento do tema, ii) Conhecimento Pedagógico Geral, iii) Conhecimento do Contexto e iv) Conhecimento Pedagógico de Conteúdo (Figura 1).

**Figura 1** – Modelo de conhecimentos de professores proposto por Grossman (1990, p. 5)



Fonte: Adaptado por Fernandez (2015, p. 507).

O Conhecimento do Tema refere-se ao conhecimento do conteúdo do tema de determinada disciplina, além disso, engloba o conhecimento das estruturas substantivas e sintáticas da mesma (GROSSMAN, 1990). Grossman, Reynolds, Ringstaff e Sykes (1985), argumentaram que, embora o significado de um determinado assunto seja individual e idiossincrático (sintático), os fatos de um assunto são universais (substantivos).

De acordo com Fernandez (2013), o termo Conhecimento do Tema em oposição ao Conhecimento do Conteúdo – proposta inicial de Shulman – é mais abrangente, justamente por envolver, não apenas o conteúdo específico, mas também suas estruturas sintáticas e substantivas do conteúdo, o que acaba dialogando melhor com o entendimento do próprio Shulman.

O Conhecimento Pedagógico Geral, nas palavras de Grossman (1990) é:

[...] responsável por reunir um corpo de conhecimentos, crenças e habilidades gerais relacionadas ao ensino, dentre as quais se sobressaem os conhecimentos relativos aos alunos, ao currículo e à instrução, além de uma vertente adicional denominada gestão da sala de aula. (GROSSMAN, 1990, p. 5-6, *apud* GOES, 2014, p. 50)

Portanto, é o conhecimento que envolve tanto os conhecimentos sobre as crenças dos professores sobre o processo de aprendizagem dos alunos, a gestão de aula, os princípios gerais da instituição, como currículo e instrução.

Já o Conhecimento Pedagógico de Conteúdo, além de se relacionar com todas as outras categorias, ocupando a centralidade do modelo, refere-se aos conhecimentos sobre os propósitos para o ensino de um determinado conteúdo, o conhecimento da compreensão dos estudantes, bem como suas concepções prévias e dificuldades relacionadas a aprendizagem, o conhecimento do currículo e, ainda, o conhecimento das estratégias instrucionais. A posição central que o PCK assume na proposta, nos mostra que ele é “influenciado pelas concepções a respeito dos propósitos para ensinar um conteúdo específico” (GOES, 2014, p. 49).

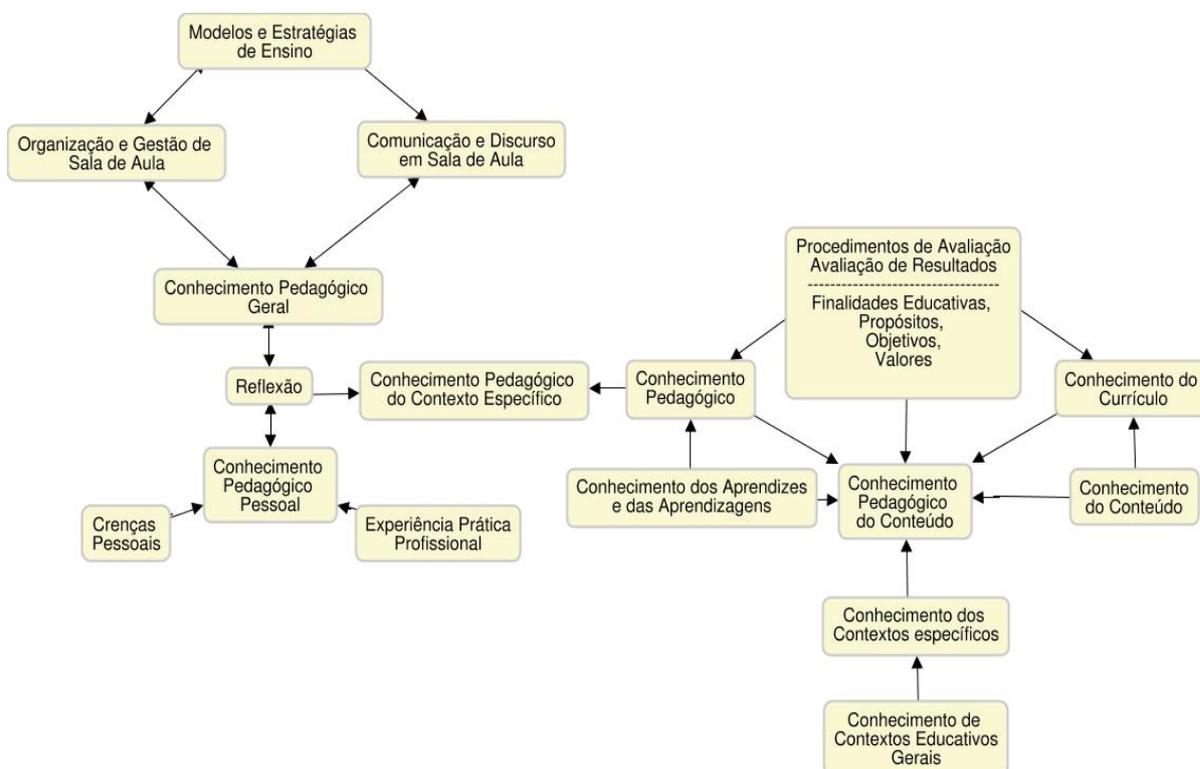
O modelo apresentado por Grossman torna-se um marco no Ensino de Ciências, especialmente porque a autora foi a primeira a sistematizar os componentes do PCK (RAMOS; GRAÇA; NASCIMENTO, 2008). Para além, as diversas divisões nas categorias de conhecimento são indícios que nos levam a considerar a pluralidade e singularidade do conhecimento humano (RAMOS; GRAÇA; NASCIMENTO, 2008).

No modelo apresentado por Morine-Dershimer e Kent (1999) destaca-se o Conhecimento Pedagógico (Figura 2). Dessa forma as categorias como Modelos e Estratégias de Ensino, Comunicação em Sala de Aula e Organização e Gestão de Sala de Aula integram o Conhecimento Pedagógico Geral. Este, por sua vez, influencia e é influenciado por meio do processo de reflexão do Conhecimento Pedagógico Pessoal, que é consequência de um conjunto de Crenças Pessoais e também da Experiência Prática Profissional. Além disso, o processo de reflexão entre o Conhecimento Pedagógico Geral, o Conhecimento Pedagógico Pessoal e o Conhecimento Pedagógico resultam no Conhecimento Pedagógico do Contexto Específico.

Assim, as categorias que contribuem para o PCK dos professores são: (i) Conhecimento Pedagógico, (ii) Conhecimento do Conteúdo, (iii) Conhecimento

do Currículo, (iv) Conhecimento dos Propósitos, dos Objetivos e da Avaliação, (v) Conhecimento dos Contextos Específicos e, (vi) Conhecimento de Contextos Educativos Gerais.

**Figura 2** – Modelo de Conhecimento de Morine-Dershimer e Kent (1999, p. 22, tradução nossa).



Fonte: Adaptado pela autora

Contudo, é necessário salientar três pontos que resultam do modelo de Morine-Dershimer e Kent (1999). O primeiro refere-se aos Propósitos e Objetivos e sua inseparabilidade do conhecimento sobre os processos de avaliação. O segundo está relacionado ao Conhecimento do Currículo, onde o mesmo é nutrido pelo Conhecimento do Conteúdo e através do Conhecimento dos Propósitos e Objetivos. Por fim, o terceiro indica que o Conhecimento dos Contextos Educativos Gerais como uma divisão do Conhecimento dos Contextos Específicos (FERNANDEZ, 2015; GOES, 2014).

Em pesquisa publicada em 2005, Banks, Leach e Moon apresentam o modelo proposto por eles sobre o conhecimento profissional de professores (Figura 3). Nesse modelo, nota-se que a Construção do Conteúdo Pessoal do

Professor nasce pela interseção do Conhecimento Escolar, Conhecimento do Conteúdo e do Conhecimento Pedagógico.

De acordo com os autores, o Conhecimento Escolar descreve a adaptação do conhecimento do conteúdo para uso na instituição escolar (BANKS; LEACH; MOON, 2005), o Conhecimento Pedagógico refere-se ao conjunto de crenças e práticas sobre o ensino e aprendizagem (GOES, 2014), já o Conhecimento do Conteúdo, possui a mesma interpretação apresentada no modelo de Shulman. Para finalizar, a Construção do Conteúdo Pessoal do Professor abrange as visões pessoais sobre o ensino e sobre os propósitos do conteúdo.

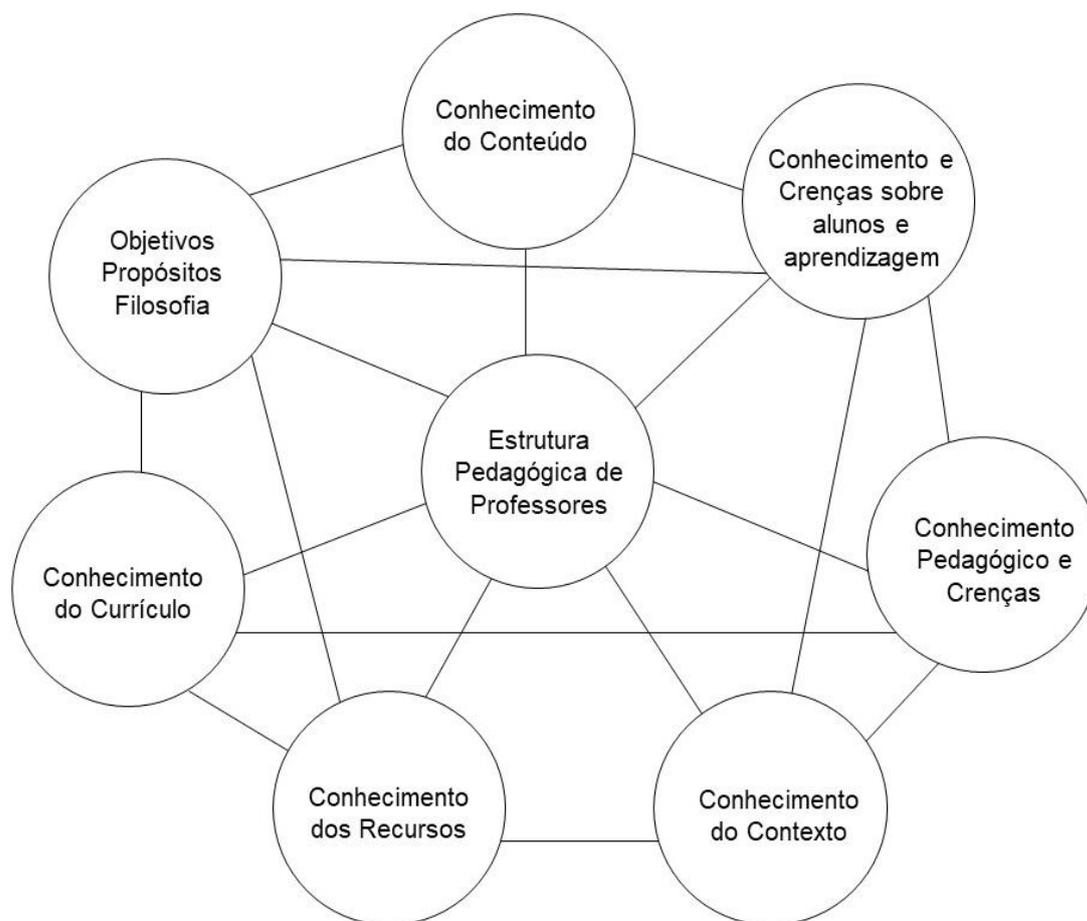
**Figura 3** – Conhecimento profissional de professores de Banks, Leach e Moon (2005).



Fonte: Adaptado pela autora.

No mesmo ano da publicação do modelo de Banks, Leach e Moon (2005), Hashwech (2005), propõe o seu modelo denominado “modelo de conhecimentos e crenças de professores” (Figura 4). Este modelo surgiu de um estudo do PCK de três professores de biologia e três professores de física, sua intenção era descrever as inter-relações entre o PCK e as outras categorias de conhecimento e crenças dos professores. As linhas retratadas no modelo representam as possíveis interações entre as categorias de conhecimento. O autor considera os componentes do modelo como uma subcategoria do PKC e não como conhecimentos distintos (GOES, 2014).

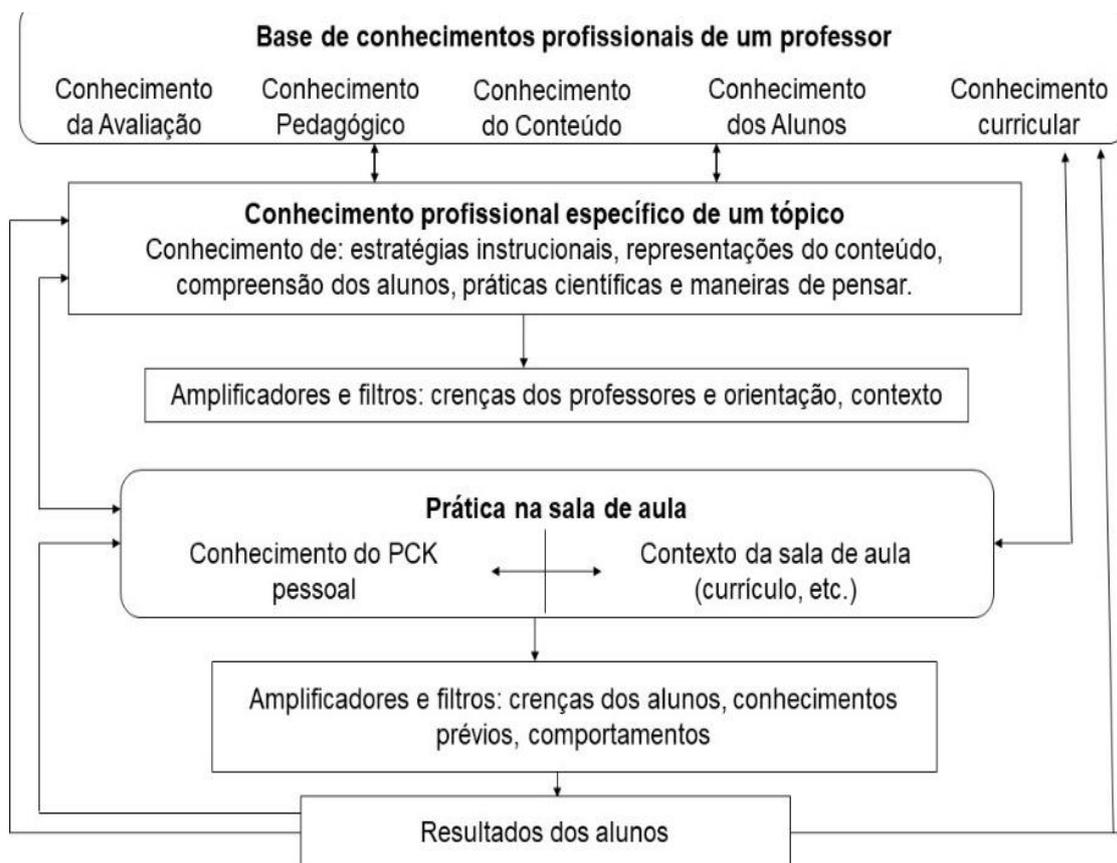
**Figura 4** – Modelo de conhecimentos e crenças de professores (HASHWEH, 2005)



Fonte: Adaptado pela autora.

Por fim, no ano de 2012 foi realizada uma conferência entre trinta grupos de pesquisa em Ensino de Ciências (Física, Química, Biologia) com intuito de elaborar um consenso a respeito da base de conhecimentos para o ensino (Figura 5) e sobre o PCK.

**Figura 5** – Modelo proveniente das discussões da Cúpula do PCK (PCK SUMMIT, 2012)



Fonte: Adaptado por Goes (2014, p. 64).

Em relação a base de conhecimentos foram elencadas cinco categorias, as quais são: i) Conhecimento da Avaliação, ii) Conhecimento Pedagógico, iii) Conhecimento do Conteúdo, iv) Conhecimento dos Alunos e v) Conhecimento Curricular.

Nesse modelo, ambas categorias influenciam e são influenciadas pelo conhecimento profissional específico de um tópico (PCK), sendo esse “representado pelo conhecimento das estratégias instrucionais, das representações do conteúdo, da compreensão dos alunos, das práticas científicas e dos modos de pensar” (FERNANDEZ, 2015, p. 515).

Após passar pelos amplificadores e filtros sobre as crenças e orientação dos professores, o conhecimento profissional específico passa para a prática na sala de aula, onde o conhecimento do PCK pessoal se relaciona com o contexto da sala de aula, e vice-versa. Novamente o conhecimento profissional

específico, transformado pelo processo anterior, passa pelos amplificadores e filtros, porém, relacionados as crenças, comportamento e conhecimentos prévios dos alunos. Dessa forma, o conhecimento profissional específico pode ser avaliado através dos resultados obtidos pelos alunos. Por sua vez, os resultados dos alunos influenciam tanto as práticas em sala de aula, no conhecimento profissional específico de um tópico, como no conhecimento curricular, ou seja, na própria base de conhecimentos profissionais de um professor.

É através dessa relação, onde a prática de sala de aula é influenciada e influencia os demais conhecimentos que se observa que o modelo é construído com base na ação, ou seja, o professor é um agente reflexivo que reflete sobre sua prática e a reavalia com o objetivo de alcançar resultados melhores com seus alunos (GOES, 2014, p. 63).

Em relação a definição sobre o PCK, primeiro buscou-se elencar as possíveis compreensões do termo para os 30 grupos envolvidos na conferência. Nessa etapa, 12 definições foram apresentadas pelos pesquisadores presentes. Em seguida, a fim de encontrar um consenso sobre esse constructo, esforços foram realizados em busca de uma definição única. Contudo, apresentamos abaixo a definição consensual sobre PCK proposto pela Cúpula do PCK em 2012. Dessa forma, PCK refere-se ao

Conhecimento do raciocínio por trás, e planejamento para o ensino de um tópico particular em um modo particular para um propósito particular para alunos particulares com intuito de melhoria dos resultados dos alunos (reflexão sobre a ação, explícito). O ato de ensinar um tópico particular de um modo particular para um propósito particular para alunos particulares de modo a obter a melhoria dos resultados dos alunos (reflexão na ação, tácito ou explícito) (PCK SUMMIT, 2012, *apud* GOES, 2014, p. 33-34).

Em 2017 uma nova conferência foi realizada pelos membros da Cúpula do PCK. Assim, redefiniu-se o PCK como uma construção coletiva, ou seja, construção do PCK a partir da ação coletiva entre os conhecimentos.

É possível observar nestes levantamentos sobre os modelos de conhecimentos de professores que as discussões a esse respeito foram muito frutíferas e produziram muitos referenciais que puderam ser articulados na construção de um marco referencial sobre os conhecimentos de professores. Contudo, há algo mais específico e que é objeto de interesse particular, o Conhecimento Pedagógico de Conteúdo na formação de professores de ciências.

### **2.3 A compreensão dos elementos da BCE e dos PCK na formação de professores de ciências: a Natureza da Ciência como parte dos conhecimentos de professores**

Como visto na sessão anterior, Lee Shulman foi um pioneiro sobre a temática dos conhecimentos docentes ao propor uma Base de Conhecimentos para o Ensino necessários aos professores. Todavia, torna-se necessário destacar que a abordagem proposta por Shulman embora muito pertinente sofreu algumas críticas e modificações, sempre em busca da melhor caracterização dos conhecimentos necessários à docência em conteúdo específico. No que se refere ao PCK, as críticas elencam o fato de, em sua explicação inicial, o PCK ser desprovido de afetividade e a dar pouca atenção aos contextos sociais e culturais (SILVA, 2018).

A vista disso, diversos outros modelos surgiram a partir do trabalho de Shulman sobre o PCK, com olhares diretamente voltados aos conhecimentos de professores de ciências e física, tais como Grossman (1990), Marks (1990), Magnusson, Krajcik e Borko (1999), Park e Oliver (2008), Rollnick (2008), Abell (2008), Etkina (2010), Melo-Niño e Cañada (2017), Silva (2018), Mäntylä e Nousiainen (2013), entre outros.

Esses trabalhos trazem modelos e reflexões sobre os conhecimentos de professores com características especiais que os englobam mais fundamentalmente entre os referenciais desta pesquisa. As pesquisas aqui relatadas tratam das reflexões que contemplam os conhecimentos de professores voltados ao ensino de ciências e física, e que trazem a teorização especificamente para a área da qual tratamos aqui.

Uma novidade pertinente nos modelos a seguir é a concepção de que a natureza do conhecimento científico, ou mais especificamente, a Natureza da Ciência, se constitui como um dos elementos do conhecimento dos professores, e isso inicia uma discussão da qual nos apropriamos neste trabalho.

Carlsen (1999), elaborou um dos trabalhos pioneiros sobre a construção de uma investigação baseada no modelo de PCK para a área de ciências, o modelo de domínio de conhecimentos de professores de ciências (Figura 6). Assim, as categorias do modelo proposto são: i) Conhecimento Pedagógico Geral, ii) Conhecimento do Tema, iii) Conhecimento Pedagógico do Conteúdo,



deve ser incluído nos programas de formação de professores (Buchmann, 1984), embora não esteja claro onde será encontrado espaço para este estudo (Carlsen, Cunningham e Lowmaster, 1995). Para que os professores ensinem os novos currículos científicos com sucesso, o conhecimento do tema deve incluir as estruturas das ciências, não apenas as estruturas da física, química ou biologia; e entendimentos não triviais das estruturas de matemática e engenharia também (CARLSEN, 1999, p. 140, tradução nossa)

Já na categoria Conhecimento Pedagógico de Conteúdo os Propósitos para o Ensino de Ciências está no mesmo nível que os demais elementos do PCK. Em relação ao Conhecimento do Contexto, temos a separação em dois tópicos, Conhecimento sobre o Contexto Educacional Geral e o Conhecimento sobre o Contexto Específico. Enquanto o primeiro abrange a nação, o Estado, a comunidade e as escolas, o segundo abarca os conhecimentos de sala de aula e sobre os alunos (FERNANDEZ, 2015).

No modelo proposto por Cochran, De Ruiter e King (1993), o PCK sofre outra modificação. Nesta abordagem os autores buscam contemplar uma visão construtivista explícita dos processos de ensino e aprendizagem. Destacam, dessa forma, “a importância do conhecimento dos professores sobre o aprendizado de seus alunos e o contexto ambiental em que o aprendizado e o ensino ocorrem” (COCHRAN; DERUITER; KING, 1993, p. 236, tradução nossa).

Além disso, consideram o termo conhecimento muito estático e inconsistente com essa visão e, por isso, ao invés de utilizarem o termo *Knowlegde* (conhecimento) empregam *Knowing* (não há tradução literal na língua portuguesa para o termo, portanto optamos pela possível tradução “conhecer”, pois a palavra assume uma perspectiva de movimento, de fazer) em seu modelo, formando assim o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo em ação. Este modelo de desenvolvimento do PCKg (*pedagogical content knowing*) inclui quatro componentes: i) Conhecimento da Pedagogia, ii) Conhecimento do Tema, iii) Conhecimento dos alunos e iv) Conhecimento do Contexto Ambiental.

Para Fernandez Balboa e Stiehl (1995) há cinco componentes genéricos de PCK: (i) Conhecimento do Tema, (ii) Conhecimento dos Alunos, (iii) Conhecimento das Inúmeras Estratégias Instrucionais, (iv) Conhecimento do Contexto de Ensino e (v) Conhecimento dos Propósitos de Ensino. Os autores defendem uma diferenciação entre o PCK específico e PCK genérico, para eles o PCK específico é particular à instrução de um assunto ou área de conteúdo específica, enquanto o PCK genérico é comum às instruções em todos os

assuntos ou áreas de conteúdo. Além disso, consideram o PCK como um corpo não fixo de conhecimentos, ou seja, estão sempre sendo modificados à medida que novas habilidades são desenvolvidas através da reflexão e aplicação. Ainda, afirmam que o PCK genérico dos professores é fortemente afetado por seus próprios sistemas de crenças, destacam, também, que a integração dos vários componentes do PCK não parece ser um processo linear.

Em outras palavras, não é a existência separada, mas a interseção e a integração correta de todos esses componentes do PCK que compreendem um bom ensino.

Como já destacado anteriormente, nesse trabalho temos uma preocupação maior com o PCK articulado aos Elementos de Natureza da Ciência. A seguir será apresentado modelos que sugerem que as compreensões sobre NdC inferem no PCK dos profissionais docentes.

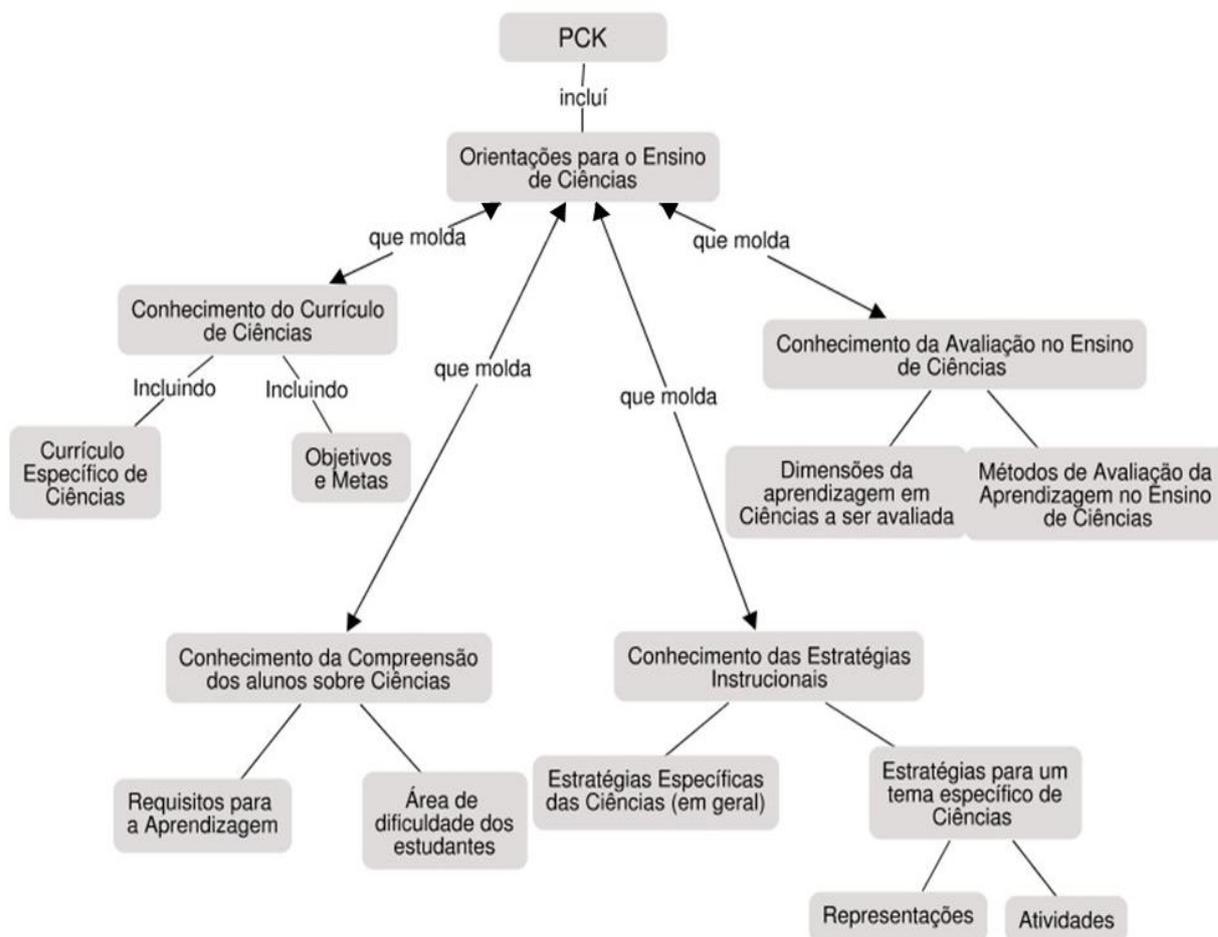
A questão da NdC como parte do PCK de professores de ciências se torna particularmente relevante a partir destes modelos porque ajudam na compreensão dos fenômenos investigados nesta pesquisa. Assim, compreendemos como os conhecimentos de NdC podem ser compreendidos como parte dos PCK dos professores de ciências, especialmente de física.

Serão discutidas três propostas de PCK que incluem a NdC, o modelo transformativo de Magnusson, Krajcik e Borko (1999), integrativo de Park e Oliver (2008) e transformativo-reflexivo de Silva (2018).

O modelo transformativo sugerido por Magnusson, Krajcik e Borko (1999), tem por objetivo demonstrar que o PCK surge da transformação de outros conhecimentos (Figura 7), bem como adotado, anteriormente, por Shulman (1987) e Grossman (1990). Assim, o modelo transformativo considera que o conhecimento do tema é um componente separado, enquanto o PCK é um tipo único de conhecimento. Dessa forma, o professor usa o seu conhecimento do tema para desenvolver o seu PCK, ou seja, transforma o conhecimento do tema em seu PCK (SILVA, 2018).

Nesse modelo, o PCK é uma compreensão sobre como ajudar os alunos a entenderem temas específicos. Para os autores, isto inclui o conhecimento de como tópicos, problemas e questões específicas do assunto podem ser organizadas, representadas e adaptadas aos diversos interesses e habilidades dos alunos e depois apresentadas para a instrução.

**Figura 7** – Componentes do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo para o Ensino de Ciências (MAGNUSSON; KRAJCIK; BORKO, 1999, p. 99, tradução nossa).



Fonte: Adaptado pela autora.

Magnusson, Krajcik e Borko (1999) argumentam que o PCK, ou ainda o PCK específico é essencial para ensino eficaz de ciência. Para os autores,

O valor prático do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo como constructo tem a ver com seu potencial para definir dimensões importantes de especialização no ensino de ciências que pode orientar o foco e o design de programas de formação inicial e continuada de professores. Muitos professores e educadores de ciências têm uma riqueza de conhecimento sobre como ajudar alunos específicos a entender ideias como força, fotossíntese ou energia térmica; eles conhecem as melhores analogias para usar, as melhores demonstrações para incluir e as melhores atividades para envolver os alunos. Nossa identificação desse conhecimento como Conhecimento Pedagógico do Conteúdo reconhece sua importância distinta do tema ou do conhecimento pedagógico. Além disso, nossa conceituação dos componentes do Conhecimento Pedagógico de Conteúdo fornece uma importante ferramenta conceitual para ajudar os professores de ciências a construir o conhecimento específico de que precisam para

serem professores eficazes (MAGNUSSON; KRAJCIK; BORKO, 1999, p. 116).

Nessa mesma direção, os autores destacam que planejar e ensinar é uma tarefa cognitiva complexa, visto que esses processos se relacionam a conhecimentos de múltiplos domínios, portanto ressaltam a necessidade de que os professores tomem contato com novas formas de conhecimento para desenvolverem o seu PCK (MAGNUSSON; KRAJCIK; BORKO, 1999).

Através desse modelo, pode-se observar que o PCK está diretamente relacionado as orientações para o ensino de ciências, enquanto este, por sua vez, molda o i) Conhecimento do Currículo de ciências, ii) Conhecimento da Compreensão dos alunos sobre ciências, iii) Conhecimento das Estratégias Instrucionais, e iv) Conhecimento da Avaliação no Ensino de Ciências.

Entre esses componentes, será destacado o papel das orientações para o ensino de ciências e a sua relação com o PCK dos professores, pois essa categoria é um diferencial entre os demais modelos apresentados anteriormente.

É por meio da categoria orientações para o ensino de ciências que os autores mostram a relação entre as crenças dos propósitos e metas do ensino, o conhecimento dos professores e o desenvolvimento do seu PCK.

O significado desse componente é que esses conhecimentos e crenças servem como um “Mapa conceitual” que orienta as decisões instrucionais sobre questões como objetivos, o conteúdo das tarefas dos alunos, o uso de livros didáticos e outros materiais curriculares e avaliação da aprendizagem dos alunos (BORKO; PUTNAM, 1996 *apud* MAGNUSSON; KRAJCIK; BORKO, 1999, p. 97, tradução nossa).

O quadro abaixo apresenta a lista proposta pelos autores a respeito dos constituintes da categoria orientações para o ensino de ciências (Quadro 4).

**Quadro 4 – Objetivos e características de diferentes orientações para o ensino de Ciências**

ORIENTAÇÃO	OBJETIVOS DO ENSINO DE CIÊNCIAS	CARACTERÍSTICAS DA INSTRUÇÃO
<i>Processo</i>	Ajudar os estudantes a desenvolverem habilidades relativas aos processos da Ciência	O professor apresenta aos alunos os processos de pensamento empregados pelos cientistas para adquirir novos conhecimentos. Os alunos se envolvem em atividades para desenvolver o processo de pensamento e habilidades de pensamento.
<i>Rigor acadêmico</i>	Representar um corpo particular do conhecimento	Os alunos são desafiados com problemas e atividades difíceis. O trabalho de laboratório e as demonstrações são usadas para verificar conceitos científicos, demonstrando a relação entre conceitos e fenômenos particulares.
<i>Didática</i>	Transmitir os fatos da Ciência	O professor apresenta informações, geralmente por meio de palestras ou discussões, e as perguntas dirigidas aos alunos devem responsabilizá-los pelo conhecimento dos fatos produzidos pela ciência.
<i>Mudança Conceitual</i>	Facilitar a compreensão do conhecimento científico pela confrontação dos estudantes com contextos que explicam mudanças de suas concepções alternativas	Os alunos são pressionados por suas opiniões sobre o mundo e consideram a adequação de explicações alternativas. O professor facilita a discussão e o debate necessários para estabelecer reivindicações válidas de conhecimento.
<i>Atividade dirigida</i>	Fazer os alunos serem ativos com os materiais. Eles mesmos realizam as experiências	Os alunos participam de atividades práticas usadas para verificação ou descoberta. As atividades escolhidas podem não ser conceitualmente coerentes se os professores não entenderem o objetivo de determinadas atividades e, como consequência, omitirem ou modificarem inadequadamente aspectos críticos das mesmas.
<i>Descoberta</i>	Providenciar oportunidades dos estudantes, por si só, descobrir os conceitos científicos	Centrado no aluno. Os alunos exploram o mundo natural seguindo seus próprios interesses e descobrem padrões de como o mundo funciona durante suas explorações.

<i>Ciência baseada em projeto</i>	Envolver os estudantes na investigação de problemas autênticos	Centrado no projeto. A atividade do professor e do aluno gira em torno de uma questão “motriz” que organiza conceitos e princípios e orienta as atividades dentro de um tópico de estudo. Através da investigação, os alunos desenvolvem uma série de artefatos (produtos) que refletem seus entendimentos emergentes.
<i>Investigação</i>	Representar a Ciências como investigação	Investigação centrada. O professor ajuda os alunos a definir e investigar problemas, tirar conclusões e avaliar a validade do conhecimento a partir de suas conclusões.
<i>Consulta guiada</i>	Constituir uma comunidade de estudantes, que compartilham a responsabilidade do entendimento de palavras físicas, particularmente com respeito ao uso das ferramentas da Ciência.	Aprendizagem centrada na comunidade. O professor e os alunos participam da definição e investigação de problemas, determinação de padrões, inventando e testando explicações e avaliando a utilidade e validade de seus dados e a adequação de suas conclusões. O professor orienta os esforços dos alunos para usar as ferramentas intelectuais e materiais da ciência, para o uso independente delas.

Fonte: Magnusson, Krajcik e Borko (1999); adaptado por Silva (2018, 57-59).

Neste quadro é possível observar que os conhecimentos e crenças dos professores e futuros professores de ciências impactam na maneira como eles irão conduzir as suas práticas de ensino, uma vez que o PCK inclui as Orientações para o Ensino de Ciências em seu desenvolvimento e para a sua transformação.

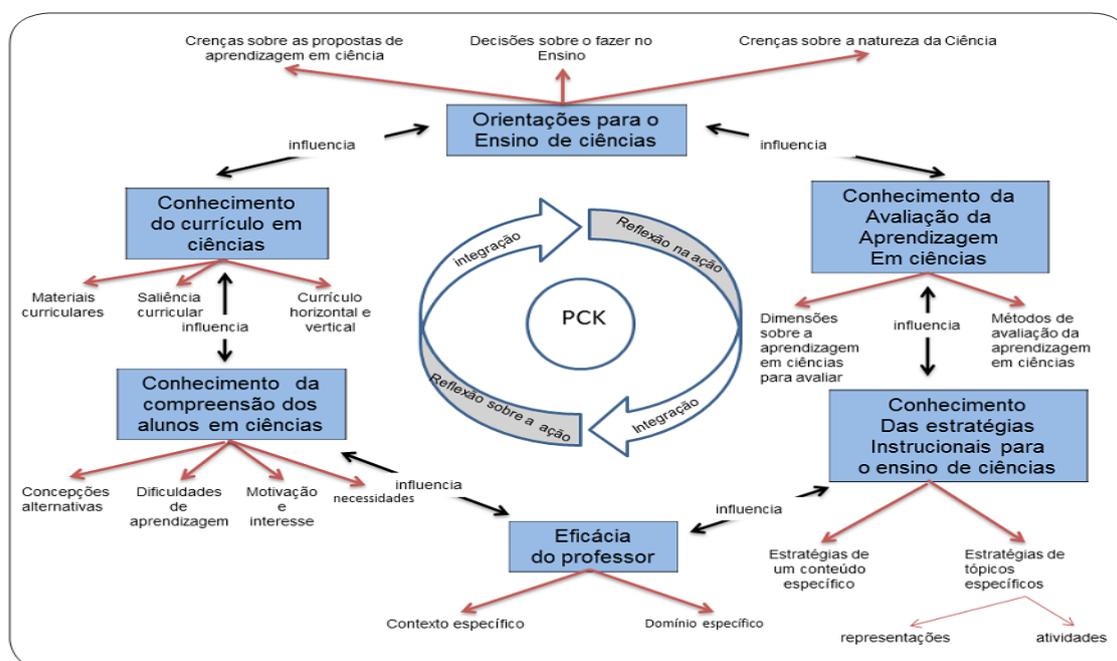
Entendemos que as concepções sobre os aspectos de NdC dos profissionais e futuros profissionais docentes encontram-se nas Orientações para o Ensino de Ciências.

Por meio desse modelo, pode-se admitir o PCK como um conhecimento complexo, sujeito a várias interpretações, cada uma das quais enfatiza várias categorias. Devido a isso, defende-se que a formação inicial possa promover e propiciar momentos e situações de ensino e aprendizagem nas quais permitam que os alunos mobilizem os seus conhecimentos e crenças para a transformação e organização do seu PCK em suas práticas de ensino ainda no processo formativo, pois dessa forma eles poderão identificar quais são as suas dificuldades, dilemas, crenças e conhecimentos.

O segundo modelo no qual identifica-se as crenças sobre NdC é o modelo integrativo de Park e Oliver (2008). Essa proposta surgiu através de um estudo

de caso fundamentado em uma estrutura construtivista social. Com base nos trabalhos de Grossman (1990), Tamir (1988) e Magnusson, Krajcik e Borko, (1999), as autoras elaboraram um modelo (Figura 8) com seis componentes do PCK para o ensino de ciências, eles são: (i) Orientações para o Ensino de Ciências, (ii) Conhecimento do Currículo de Ciências, (iii) Conhecimento da Compreensão dos alunos em Ciências, (iv) Eficácia do Professor, (v) Conhecimento das Estratégias Instrucionais para o Ensino de Ciências e, (vi) Conhecimento das Avaliações da aprendizagem de Ciências. Nota-se que essas categorias são similares ao modelo proposto por Magnusson, Krajcik e Borko (1999), exceto pelo componente Eficácia do Professor.

**Figura 8** – Modelo Hexagonal do desenvolvimento do Conhecimento Pedagógico de Conteúdo, segundo Park e Oliver (2008)



Fonte: Adaptado por Fernandez (2011, p.6).

Entretanto, esse modelo difere-se no que diz respeito a como o PCK é entendido, pois, para as autoras os componentes do PCK são inter-relacionados entre si, ou seja, são integrativos. No modelo integrativo o PCK se configura não como novo conhecimento, mas sim como a integração de vários conhecimentos, conforme defendido por Marks (1990), Fernández-Balboa e Stiehl (1995) e Koballa, et. al (1999). De acordo com Kind (2009), nessa concepção o PCK é a

interseção de outros conhecimentos, como Conhecimento do Tema, Conhecimento Pedagógico e Conhecimento do Contexto.

Nesse modelo, a componente Eficácia do Professor é uma categoria nova que resulta da pesquisa das autoras. Para elas, esse constituinte refere-se às crenças dos professores em sua capacidade de afetar os resultados dos alunos, além disso, destacam que a eficácia do professor desempenha um papel crítico na definição de problemas e na determinação de estratégias de ensino para resolvê-los, levando à reorganização do conhecimento.

Esse modelo também é conhecido como modelo Hexagonal, devido ao fato de haver seis componentes integrantes do PCK.

É necessário destacar que esses componentes se influenciam de maneira contínua, assim o desenvolvimento de uma categoria do PCK pode incentivar o desenvolvimento de outros componentes e, finalmente aprimorar o PCK geral. Além disso, a integração dos componentes é realizada através do reajuste complementar e constante tanto pela reflexão em ação quanto pela reflexão sobre ação.

Em relação as Orientações para o ensino de ciências e suas subdivisões: “crenças sobre as propostas de aprendizagem em ciências”, “decisões sobre o fazer no ensino” e “crenças sobre a natureza da ciência”, Park e Oliver (2008) mantém a ideia proposta por Magnusson, Krajcik e Borko (1999).

Contudo, para as autoras o PCK evidencia que o professor não é apenas um receptor de conhecimentos, mas sim um produtor de conhecimento e sua prática é melhorada através das suas próprias experiências e interações com os alunos. Ainda de acordo com as autoras, essa é a característica essencial para o reconhecimento dos professores como profissionais.

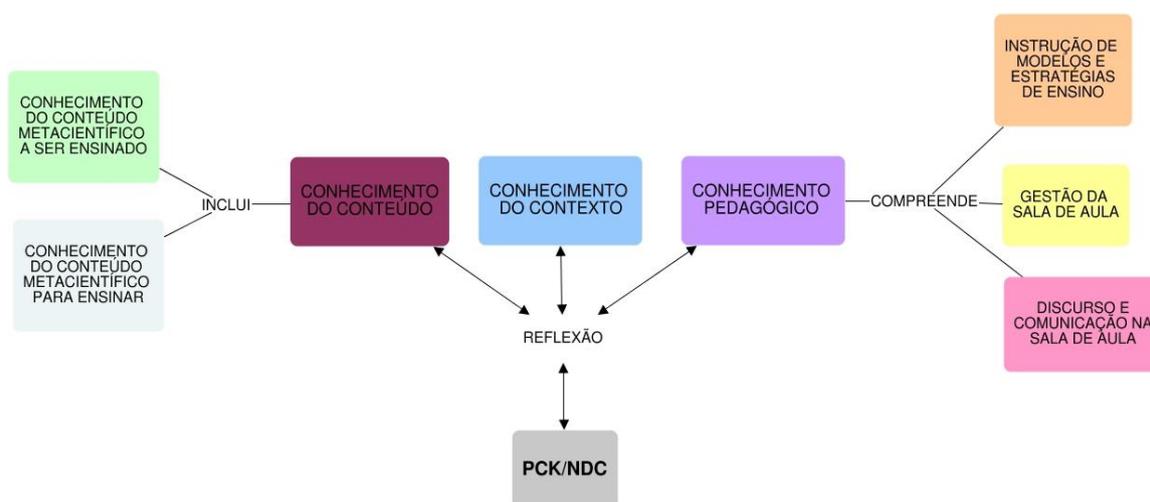
Como vimos, o conjunto dos modelos que exploram os PCK dão conta de refletir sobre aqueles conhecimentos que seriam necessários para a docência em conteúdo específico, neste caso, nas ciências. Contudo, ainda se faz presente uma temática específica do ensino de ciências nesta discussão, que trata e quais conhecimentos são esses que devem ser ensinados pelos professores de ciências.

Na sequência, uma discussão bastante pertinente e que permeia este trabalho é a seguinte: Os conhecimentos de NdC são parte dos conhecimentos necessários ao ensino de ciências? Se sim, qual o seu papel no construto dos

modelos que compreendem os conhecimentos necessários dos professores? Em relação há entre os conhecimentos de NdC e os conhecimentos para a docência, na perspectiva dos PCK? Para olhar esta questão, refletimos com o apoio dos trabalhos de Silva (2018), Silva e Martins (2018)

O modelo transformativo-reflexivo para avaliação do PCK/NdC proposto por Silva (2018), diferentemente do modelo transformativo de Magnusson, Krajcik e Borko (1999) e do modelo integrativo de Park e Oliver (2008), defende que o PCK/NdC “é fruto tanto da transformação de conhecimento da base para o ensino como da reflexão, que colabora na reconstrução e desenvolvimento dos próprios componentes do PCK/NdC” (p. 112). Portanto, o PCK/NdC surge da transformação dos Conhecimentos do Conteúdo, Pedagógico e do Contexto (Figura 9).

**Figura 9** – Transformações do PCK/NDC, a partir de outros componentes da base de ensino.



Fonte: Silva(2018, p. 109)

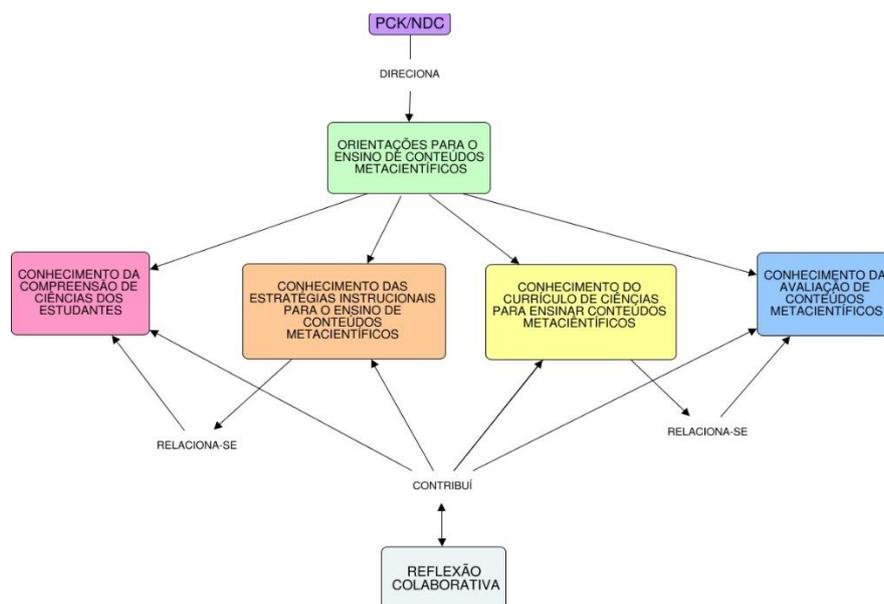
Segundo Silva e Martins (2018), “esses conhecimentos, que dão origem ao PCK/NdC não são estáveis, ou seja, podem ser modificados no decorrer do processo de ensino-aprendizagem, alterando, por consequência, o próprio PCK/NdC” (p. 396). Ainda de acordo com os autores, esse modelo surge, pois

embora a literatura apresente algumas propostas de PCK para o ensino de Ciências, a preocupação deles estava na explicação do que é o PCK, deixando de lado possíveis relações que existem entre os

próprios componentes do PCK e entre o PCK e os demais conhecimentos da base para o ensino (SILVA; MARTINS, 2018, p. 396).

A figura 10 apresentará o modelo proposto por Silva (2018) referente ao modelo transformativo-reflexivo de PCK/NdC para a formação inicial de professores de física.

**Figura 10** – Modelo transformativo-reflexivo de PCK/NdC para a formação inicial de professores de Física



Fonte: Silva (2018, p.112).

Esse modelo é composto de dois constructos ligantes:

(i) Orientações para o ensino de conteúdos metacientíficos, tem a função de moldar os componentes efetivos do PCK/NdC, dando-lhes suporte no seu desenvolvimento. Conteúdos metacientíficos são aqueles externos a ciência que visam discutir o empreendimento científico, a sua funcionalidade e a relação da ciência com os demais conhecimentos (SILVA, 2018).

(ii) Reflexão Colaborativa, é responsável pela reflexão dos componentes efetivos do PCK/NdC, principalmente diante de situações problemáticas de ensino-aprendizagem. Ele dá indícios da necessidade de reconstrução dos componentes efetivos do PCK/NdC, contribuindo, inclusive, no seu desenvolvimento.

Esses constructos ligantes, por sua vez, são responsáveis pelas conexões dos quatro componentes efetivos do PCK/NdC:

(i) Conhecimento da compreensão de Ciência dos estudantes – se configura como o conhecimento que os futuros professores de Ciências/Física devem possuir sobre a compreensão dos estudantes sobre a Ciência.

(ii) Conhecimento das estratégias instrucionais para o ensino de conteúdos metacientíficos – tem por finalidade proporcionar, ao futuro professor de Ciências/Física, conhecimentos relacionados às propostas de inserção de conteúdos metacientíficos na sala de aula.

(iii) Conhecimento do currículo de Ciências para ensinar conteúdos metacientíficos – este componente compreende o conhecimento que os professores necessitam possuir sobre as metas e objetivos de aprendizagens dos alunos em relação aos conteúdos metacientíficos que desejam lecionar.

(iv) Conhecimento da avaliação de conteúdos metacientíficos – refere-se ao conhecimento sobre avaliação que é importante no momento da aferição de conteúdos metacientíficos.

Silva (2018) defende que o estudo e a pesquisa em torno do modelo transformativo-reflexivo avaliativo do PCK/NdC podem fornecer subsídios para a reformulação de currículos de formação de professores de ciências. Desse modo, com o acesso e a compreensão de boas práticas de ensino-aprendizagem de conteúdos metacientíficos, os professores formadores podem colaborar de forma mais significativa com professores inexperientes no ensino de tais conteúdos, inserindo novos conhecimentos na sua formação.

Além disso, o autor destaca que momentos de reflexão, principalmente coletiva, sobre as situações problemáticas poderão apontar para o futuro professor de Ciências/Física lacunas no seu PCK/NdC e na sua base para o ensino, contribuindo nas suas formações. Assim sendo, a partir do momento que o futuro professor de Ciências/Física toma consciência destas lacunas, ele poderá reconstruir tanto os conhecimentos da base para o ensino, que dão origem ao seu PCK/NdC, como também os próprios componentes do seu PCK/NdC, resultando no seu desenvolvimento.

Na literatura especializada ainda não há consenso se o Conhecimento de Conteúdo faz parte ou não do PCK, ou seja, não há consenso em relação ao modelo transformativo ou integrativo. Abd-El-Khalick (2006)

argumenta que modelos transformativos como de Magnusson, Krajcik e Borko (1999) implicam a existência de um mecanismo, responsável por converter, utilizar e adaptar o Conhecimento do Conteúdo ao PCK dos professores, todavia, esse mecanismo ainda não foi encontrado. Já os modelos integrativos como de Park e Oliver (2008) carecem de poder explicativo, pois não sugerem nenhum mecanismo de interação entre os demais conhecimentos e o PCK.

Kind (2009) destaca que os tipos de abordagens adotadas dependem do objetivo da pesquisa, por exemplo, para a autora

[...] um estudo de intervenção é realizado com a crença de que a intervenção tem uma boa chance de alterar o PCK dos professores. Isso é sustentado por um modelo de PCK transformador, no qual o SMK (Conhecimento do Conteúdo) mantido por um professor em formação é transformado para o benefício dos alunos. Mudanças resultantes da prática podem apoiar a noção de um 'mecanismo' para o desenvolvimento de PCK. Por outro lado, um estudo de "investigação" pode implicar um modelo integrativo de PCK subjacente ao projeto. Pedir aos professores que respondam a uma investigação convida a uma ampla gama de conhecimentos dos professores, não necessariamente específicos da matéria (KIND, 2009, p. 197-198).

De acordo com o exposto, compreende-se que o modelo transformativo-reflexivo é o mais adequado para esta pesquisa, pois a intervenção realizada implica em compreender como futuros professores de física mobilizam os seus PCK para ensinar aspectos de NdC através de materiais escritos sobre conceitos da física, numa perspectiva da História e Filosofia da Ciência.

Além disso, entendemos que o modelo transformativo-reflexivo elaborado por Silva (2018) pode apresentar potencialidades no que diz respeito a avaliação do PCK/NdC dos futuros professores de física, uma vez que a proposta sustenta que o PCK/NdC é um conhecimento novo que surge da transformação de outros conhecimentos. Essa ideia é reforçada no modelo tanto pelo seu caráter transformativo, como no processo de reflexão sobre situações problemáticas.

Ainda que o conjunto categórico dos conhecimentos que serão utilizados para analisar os PCK presentes nos materiais didáticos dos licenciandos não seja especificamente esses oriundos de Silva (2018), mas a compreensão original de Shulman (1987), o conceito de PCK/NdC nos permitirá realizar uma compreensão do potencial e das limitações da tarefa de produção de material didático no sentido de formar os licenciandos para o ensino dos temas de NdC.

Assim, defende-se também a perspectiva de PCK adotada por Shulman, no qual o PCK é um dos conhecimentos que compõem a Base de Conhecimento para o Ensino.

Assim, com base na compreensão de que os conhecimentos a serem desenvolvidos pelos professores de física inclusive em seu espaço de formação inicial, este conjunto de referenciais teóricos será base para a análise de parte desse processo formativo, com foco em uma disciplina de História da Física e da contribuição desta na construção dos conhecimentos necessários à docência em Física.

### 3. PERCURSO METODOLÓGICO

Em nossa pesquisa, buscamos investigar como futuros professores de física mobilizam o Conhecimento Pedagógico de Conteúdo para ensinar temas relacionados à Natureza da Ciência. Participaram desta investigação 12 (doze) alunos do curso de Licenciatura Plena em Física, de uma universidade pública brasileira, matriculados na disciplina Evolução dos Conceitos da Física, ofertada para estudantes do 8º período.

Optou-se por analisar um processo destinado à formação inicial de professores de física, pois na literatura encontram-se relatos de que professores recém-formados, ou ainda, em formação inicial possuem dificuldades para acessar e organizar os seus PCK. Dessa forma, optamos pela análise de um processo de formação de professores ocorrido no contexto de uma disciplina de História da Física e, então, investigar como essa organização ocorre e como esses conhecimentos são utilizados para ensinar temas relacionados à natureza do conhecimento científico.

Dessa forma, o objetivo principal desta pesquisa é **compreender como futuros professores de física mobilizam o Conhecimento Pedagógico de Conteúdo (PCK) para ensinar elementos de Natureza da Ciência a partir da utilização de Episódios Históricos**. Os objetivos específicos são:

- Mapear e caracterizar as produções elaboradas pelos futuros professores de física, referentes as suas visões sobre a Natureza da Ciência durante uma disciplina relacionada à História da Física;
- Caracterizar os PCK dos futuros professores de física que são expressos na elaboração de materiais didáticos sobre temas de História da Física;
- Analisar como os alunos em formação inicial mobilizam os seus PCK para comunicar aspectos de NdC por meio de materiais didáticos elaborados utilizando Episódios Históricos.
- Analisar as contribuições da História e Filosofia da Ciência para promoção de aspectos da Natureza da Ciência.

O projeto de pesquisa foi submetido à Avaliação do Comitê de Ética em 10 de novembro de 2020, pela Plataforma Brasil, e aprovado em 15 de dezembro de 2020. Número do parecer: 4.464.457.

### 3.1 O processo de análise dos dados

Essa pesquisa trata-se de um estudo de campo, no qual foi analisada uma situação específica, com as características peculiares do contexto no qual se está inserido. De acordo com Neto (2002),

A plena realização e um trabalho de campo requer, como vimos anteriormente, várias articulações que devem ser estabelecidas pelo investigador. Uma dessas diz respeito à relação entre a fundamentação teórica do objeto a ser pesquisado e o campo que se pretende explorar. A compreensão do espaço de pesquisa não se resolve apenas por meio do domínio técnico. É preciso que tenhamos uma base teórica para podermos olhar os dados dentro de um quadro de referências que nos permite ir além do que simplesmente nos está sendo mostrado. (NETO, 2002, p. 56)

No nosso caso, a concepção de campo para a pesquisa se concretiza no contexto da disciplina de Evolução dos Conceitos da Física e da tarefa formativa de produção do material didático na disciplina. Nesta perspectiva, trata-se um estudo fundamentado pela metodologia qualitativa de pesquisa, uma vez que, ela permite um envolvimento maior do observador com os sujeitos. A metodologia qualitativa refere-se ao estudo do que é de certo modo, “impreciso”, dinâmico e não “quantificável” (GARNICA, 1997, p. 120). Segundo Goldenberg “a pesquisa qualitativa não se preocupa com a representatividade numérica, mas sim com o aprofundamento da compreensão de um grupo social de uma organização” (GOLDENBERG, 2004, p.14). Dessa forma, a abordagem qualitativa permite um envolvimento maior do observador na situação pesquisada com os sujeitos analisados. Com enfoque na interpretação de cada sujeito.

A nosso ver, essa abordagem é necessária, pois realizamos a investigação com estudantes da graduação em Licenciatura em Física. Sendo assim, para analisar as características de cada um, não é possível estabelecer um padrão único e neutro, mas sim analisar sujeito por sujeito.

### 3.2 Caracterização da disciplina: Contexto da Pesquisa

Como já dito, os materiais produzidos e analisados nesta pesquisa foram construídos pelos licenciandos como tarefa formativa de uma disciplina ligada

aos conteúdos de História da Física. A disciplina de Evolução dos Conceitos da Física é ofertada uma vez ao ano, em semestre par, possui carga horária de 96 (noventa e seis) horas, no qual 64 (sessenta e quatro) horas são aulas presenciais na universidade e 32 (trinta e duas) horas são destinadas a atividades de Educação a Distância (EAD).

A disciplina conta com a participação obrigatória de alunos dos cursos de Física Bacharelado a partir do 6º (sexto) semestre e de Física Licenciatura do 8º (oitavo) semestre do curso (a estrutura curricular do curso encontra-se no apêndice A); além disso, é possível que alunos de outros cursos possam matricular-se na disciplina desde que satisfaçam os pré-requisitos necessários, ou seja, devem possuir aprovação nos cursos de Física Geral I, II, III e pré-requisito parcial em Física Geral IV.

No Quadro 5 é possível verificar a ementa e o resumo dos conteúdos abordados na disciplina.

**Quadro 5 – Ementa da disciplina de Evolução dos Conceitos da Física**

Objetivo principal	Resumo dos conteúdos
Abordar o desenvolvimento histórico dos principais conceitos da Física a partir de uma perspectiva cronológica e contextual, abordando os momentos históricos principais, assim como os textos originais dos principais momentos de construção conceitual na história da Física	1. Física Aristotélica e a construção do conceito de movimento da Antiga Grécia
	2. Questionamentos à ciência aristotélica e a elaboração da Teoria do Ímpetus
	3. A idade média e a Santa Inquisição no desenvolvimento das ideias em Física
	4. Construção dos princípios conceituais fundamentais na mecânica: As obras de Giordano Bruno e Galileu Galilei
	5. Elaboração da Mecânica Newtoniana e a construção do conceito de força por vários cientistas
	6. Construções iniciais da ideia de carga elétrica a partir dos trabalhos de Gray e DuFay
	7. A elaboração do eletromagnetismo no contexto do século XIII
	8. As principais pesquisas e discussões sobre a natureza da Luz
	9. O contexto histórico da física do século XIX na elaboração da natureza da Luz
	10. A construção dos princípios teóricos da teoria da relatividade
	11. Principais implicações conceituais para a compreensão da mecânica pós-relatividade
	12. A construção das ideias de quantização a partir dos principais textos do final do século XIX e início do século XX
	13. Método científico e caracterização da ciência: Ciência e Pseudociência

**Formas de avaliação:**

- 1 Prova Escrita
- 1 Seminário
- 1 Trabalho Final, que consiste na elaboração de um material didático destinado a apresentar a construção histórica de um conceito da Física escolhido pelo aluno

Fonte: Elaborada pela autora.

É importante salientar que a ementa da disciplina não sofreu nenhuma modificação ou influência relacionada aos interesses particulares da pesquisa, continuando a se caracterizar como uma disciplina puramente relacionada aos aspectos da construção histórica dos principais conceitos da física. Nenhuma relação com o ensino ou com os aspectos de natureza da ciência foi propositalmente inserida na ementa no sentido de facilitar a produção dos dados. Nesse sentido, as análises efetuadas levam em consideração as declarações espontâneas dos participantes da pesquisa, num cenário real da disciplina.

### 3.3 Caracterização da turma

A turma possui 25 (vinte e cinco) alunos matriculados, no qual 18 (dezoito) alunos são do curso de Física Licenciatura e o restante, ou seja, 07 (sete) alunos, são do curso de Física Bacharelado. Como a nossa investigação se propõe a analisar os PCK de futuros professores de física em formação inicial e suas visões sobre os aspectos de Natureza da Ciência, não serão analisados nesta pesquisa, os trabalhos dos discentes de Física Bacharelado, pois de acordo com os nossos referenciais teóricos estudados (SHULMAN, 1987; 1990; MARCON, 2013; SILVA; MARTINS, 2018), estes possuem formação acadêmica voltada para a área de conhecimento disciplinar específico da física.

É necessário destacar que ocorreram quatro desistências de alunos de Física Licenciatura na disciplina, além disso, dois alunos matriculados não entregaram o material didático final, portanto a pesquisa se realizará com 12 (doze) integrantes.

Os alunos investigados não possuem experiências como professores da rede básica de ensino, todavia, realizaram estágio docência durante 04 (quatro) semestres letivos, concluíram 08 (oito) disciplinas de práticas de ensino obrigatórias da grade curricular e 66,7% da turma participa de programas e projetos educativos como Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à

Docência (PIBID), Programa de Educação Tutorial (PET – Subprojeto Física) e Programa Residência Pedagógica.

Sendo assim, consideramos que há elementos significativos presentes na formação desses alunos, pois essas atividades e projetos acadêmicos podem propiciar a mobilização e construção dos seus Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo, uma vez que, esses alunos assumem uma postura de tutores e passam a se reconhecer como docentes nas atividades desenvolvidas.

### 3.4 Instrumentos para coleta de dados

Com o objetivo de analisar as compreensões sobre NdC e as formas nas quais os futuros professores de física mobilizam os seus PCK para ensinar conteúdos metacientíficos<sup>1</sup> de maneira espontânea, foi necessário efetuar a coleta de dados a partir de duas fontes distintas, sendo elas:

- 1) Elaboração de um material didático destinado a apresentar a construção histórica de um conceito da Física escolhido pelo aluno e,
- 2) Gravações de áudio das apresentações dos participantes sobre os materiais didáticos elaborados.

Para a análise dos dados empreendeu-se a categorização dos dados coletados sobre a NdC e suas ligações com o PCK. Para isso, os dados foram separados em categorias de análise, considerando-se que “as categorias precisam de ancoragem na fundamentação teórica utilizada, mas também precisam estar em harmonia com os dados coletados durante a pesquisa” (CARVALHO, 2012, p. 1). As categorias podem ser escolhidas antes da coleta de dados, *a priori*, ou formuladas *a posteriori*. Quando definido antes, elas se sustentam apenas no referencial teórico adotado, quando escolhida após, leva-se para o contexto da pesquisa categorias que foram concebidas a partir da prática, mediante a coleta dos dados.

No presente trabalho, as categorias escolhidas foram elaboradas *a priori*, a partir dos referenciais tanto da NdC quanto dos PCK explicitados no Capítulo 2. As categorias referentes a NdC estão expressas no Quadro 1. Enquanto as

---

<sup>1</sup> Conteúdos metacientíficos são aqueles nos quais visam refletir sobre o que é a ciência, como ela é produzida, validada e comunicada sob pontos de vista externos à ciência, propondo explicações de natureza provisória.

categorias a respeito do PCK são: Conhecimento de estratégias específicas do ensino de Física, Conhecimento do Currículo de Física, Conhecimento das concepções e dificuldades dos alunos sobre os tópicos de física e Conhecimento da Avaliação no Ensino de Física.

Essas categorias nos permitirão compreender questões fundamentais sobre como se deu o processo de expressão dos PCK e dos elementos de NdC ao longo da disciplina. Essas questões podem ser escritas como: (1) Quais elementos da Natureza da Ciência são expressos nos materiais didáticos elaborados pelos participantes? (2) Como o Conhecimento Pedagógico de Conteúdo é expresso nesses materiais didáticos? (3) De quais formas os alunos mobilizam seus Conhecimentos Pedagógicos de Conteúdo para ensinar aspectos de Natureza da Ciência?

Cabe salientar que, com o objetivo de não divulgar o nome dos participantes, optou-se por utilizar as siglas FP1, FP2, FPn para designá-los. A sigla em questão é uma abreviação para “futuro professor”. O Quadro abaixo, relaciona os participantes, conteúdo e os recursos utilizados por cada um deles na criação do material didático.

**Quadro 6** – Conceitos e recursos utilizados pelos participantes na elaboração dos materiais didáticos

<b>Participante</b>	<b>Conteúdo</b>	<b>Recurso utilizado</b>
FP1	Relatividade	Folheto
FP2	Gravidade	<i>Site</i>
FP3	Gravidade	Folheto
FP4	Força	<i>Instagram – Feed</i>
FP5	Calor	<i>Word</i>
FP6	Força	<i>PDF</i>
FP7	Corpos Celestes	Vídeo
FP8	Tempo	<i>Instagram – stories</i>
FP9	Massa	Aplicativo para celular
FP10	Carga elétrica	Vídeo – Youtube
FP11	Eletricidade	<i>Site</i>
FP12	Luz	<i>Power Point</i>

Fonte: Elaborada pela autora

Com base nesses referenciais e no processo metodológico de coleta e análise de dados descritos até esse momento, iniciamos a apresentação e discussão dos elementos de NdC e de PCK encontrados nos trabalhos escritos dos licenciandos sobre História da Física.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Este capítulo se divide em quatro partes. A primeira e segunda partição, referem-se ao mapeamento e caracterização dos elementos da NdC e do PCK, respectivamente, encontrados explicita e espontaneamente nos materiais didáticos elaborados pelos participantes dessa pesquisa. Na terceira parte encontram-se as análises sobre o processo de mobilização do PCK para ensinar aspectos da NdC. Para finalizar o capítulo sobre as análises dos dados, são elaboradas reflexões sobre a utilização da HFC como estratégia didática no ensino de física.

Este capítulo é dedicado à apresentação e análise dos dados obtidos a partir de dos 12 (doze) materiais didáticos elaborados pelos futuros professores de física. O objetivo foi compreender os elementos sobre a Natureza da Ciência comunicados em suas narrativas escritas e como eles mobilizam seus PCK para ensinar aspectos de NdC por meio de Episódios Históricos. Destaca-se que tais compreensões identificadas nos materiais didáticos dos participantes são espontâneas, visto que se investigou o contexto real da disciplina, na qual esta não foi influenciada pelos interesses da pesquisa. Por exemplo, não se solicitou explicitamente aos estudantes que o material didático abordasse aspectos da NdC. O encaminhamento central da atividade era ensinar um conceito da Física através da História da Física.

##### **4.1 Caracterização dos elementos de NdC expressos nos materiais didáticos**

Inicialmente, foram identificados quais elementos da NdC apareciam de forma explicita nos materiais elaborados pelos participantes. Dessa forma, foi possível realizar o mapeamento das concepções a respeito das visões da NdC dos participantes envolvidos nessa pesquisa.

O quadro abaixo relaciona os aspectos da NdC relatados nos trabalhos dos integrantes da pesquisa. Para o mapeamento e caracterização das categorias indicadas no Quadro 7, adotou-se como referência o Quadro 1 elaborado no capítulo sobre NdC, referente a comparação entre os aspectos consensuais de diferentes autores da literatura em NdC.

Sobre a ordem da disposição dos aspectos da NdC apresentados no Quadro 7, optou-se por organizá-los de acordo com o maior número de incidência de aparição nos trabalhos, seja com relação a visões adequadas, seja referente a visões inadequadas.

**Quadro 7 – Visões adequadas e inadequadas dos participantes sobre a NdC**

<b>Aspectos de NdC</b>	<b>Visões Adequadas</b>	<b>Visões inadequadas</b>
O papel da experimentação para a ciência	FP1, FP2, FP5, FP10	FP1, FP2, FP4, FP5, FP10, FP11
O papel da comunidade científica	FP1, FP3, FP5, FP9, FP10, FP12	FP2, FP5
Desenvolvimento da ciência	FP1, FP2, FP7, FP8	FP2, FP4, FP7
Enraizamento social e cultural	FP1, FP2, FP3, FP8, FP11, FP12	-
Método científico	FP1, FP2, FP6, FP9	FP2, FP5, FP10
Perfil do cientista	-	FP2, FP3, FP5, FP6, FP9, FP10, FP11
Provisoriedade do conhecimento científico	FP1, FP3, FP5	FP2, FP5, FP7,
Incerteza na interpretação humana sobre a natureza	FP8, FP9	FP5, FP6, FP11
Complexidade do Conhecimento científico	FP1, FP2, FP9	FP7
O papel da criatividade e da imaginação na atividade científica	FP2	-
Relações entre observações e teorias	-	FP1
Relação entre Ciência e Tecnologia	-	-
Diferença entre observação e inferência	-	-
Diferença entre Leis e Teorias científicas	-	-
Comunicação do conhecimento científico	-	-

Fonte: Elaborada pela autora.

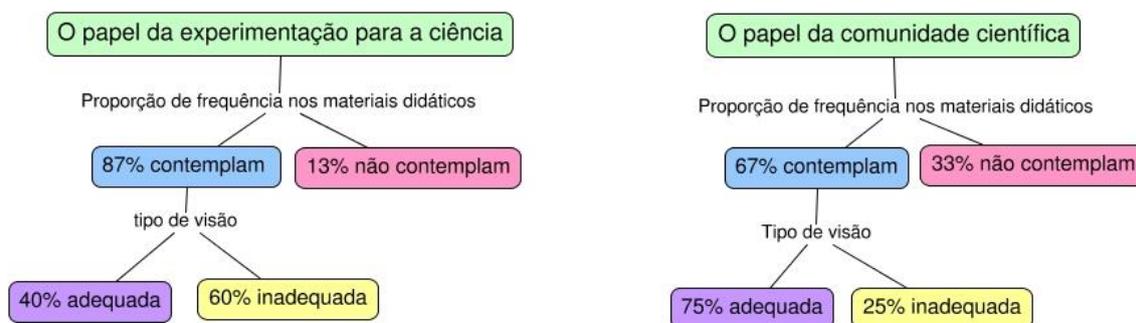
O Quadro 07, evidência que existem situações em que um mesmo participante pode apresentar ambas visões da NdC em momentos distintos. Por exemplo, vê-se que os participantes FP1, FP2, FP5 e FP10 aparecem em ambas as colunas, ou seja, ora apresentam uma visão adequada, ora visão inadequada.

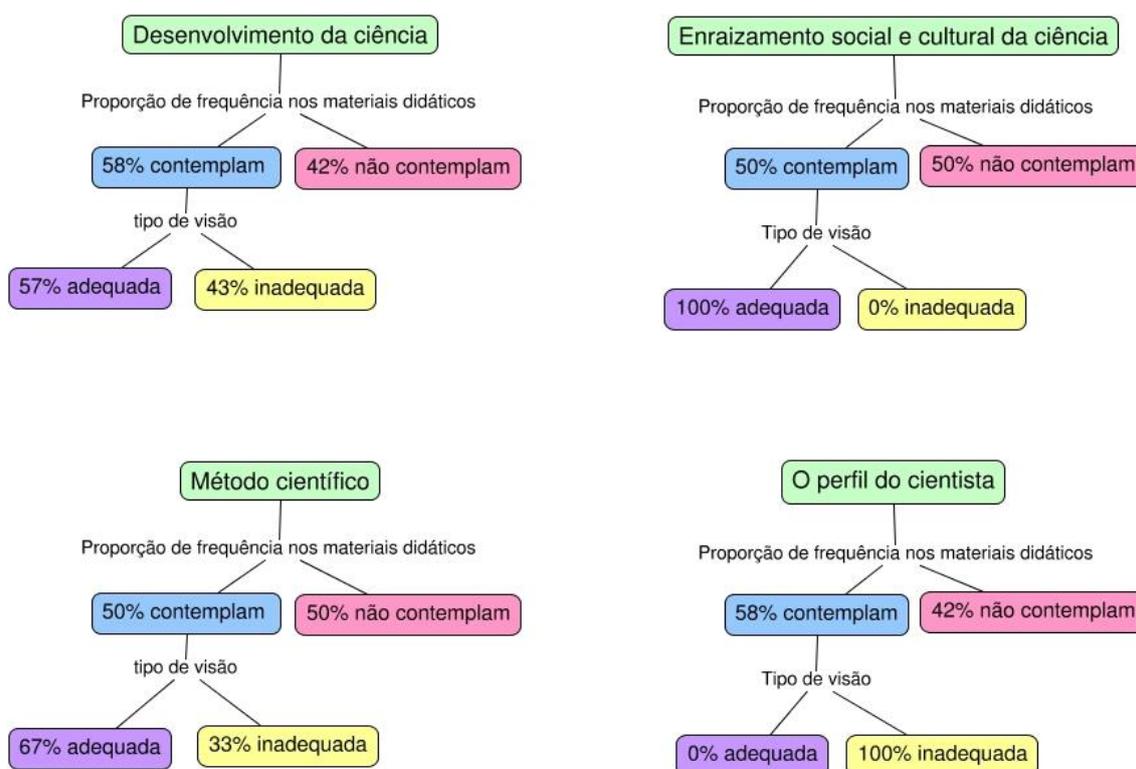
Melado (1997) nos ajuda a compreender essa contradição. O autor relata que por meio de seus trabalhos, nos quais investigou as concepções dos professores de ciências da formação inicial que tinham contato com visões de NdC, embora possuíssem concepções multifacetadas sobre a atividade científica, eram identificados momentos em que eles eram inseguros e contraditórios em suas declarações. Além disso, admitiam que nunca haviam refletido antes sobre essas questões (MELADO, 1997).

Para mais, é necessário destacar que a NdC envolve um corpo de conhecimentos abrangente, que embora estejam inter-relacionados, são distintos. Dessa forma, essa complexidade pode resultar em dificuldades em dominar esse constructo.

As categorias com maior frequência nos materiais didáticos foram “O papel da experimentação para a ciência”, “O papel da comunidade científica”, “Desenvolvimento da ciência”, “Enraizamento social e cultural”, “Método Científico” e “Perfil do cientista”. Suas devidas ordens de frequências encontradas nos materiais didáticos podem ser encontradas nas figuras esquematizadas abaixo.

**Figura 11** - Esquema referente a frequência dos aspectos da NdC nos materiais didáticos





Fonte: autoria própria.

Pode-se observar com maior clareza que os aspectos referentes ao “papel da experimentação para a ciência” e o “papel da comunidade científica” foram os aspectos mais mencionados nos trabalhos. Sendo que a visão inadequada apareceu em maior frequência nos materiais didáticos que trabalharam o aspecto “papel da experimentação para a ciência”.

Também é possível verificar que embora os elementos “Enraizamento social e cultural da ciência”, “método científico” e “perfil do cientista” apareçam com frequências similares, há diferenças entre os modos de seus empregos. Em “enraizamento social e cultural da ciência”, a totalidade dos trabalhos apresentam a visão adequada sobre esse aspecto, já em o perfil do cientista encontramos um cenário completamente oposto, ou seja, 100% dos trabalhos apresentam visões inadequadas, ou ainda, menos informadas sobre esse elemento da NdC.

Voltando os olhares para o Quadro 7, os elementos “o papel da experimentação para a ciência” e o “perfil do cientista” são os aspectos que mais apresentaram visões inadequadas. Já os elementos “o papel da comunidade científica” e o “enraizamento social e cultural da ciência” são os aspectos onde mais foram encontradas visões adequadas.

Para além, vemos que as subcategorias: “Relação entre Ciência e Tecnologia”, “Diferença entre observação e inferência”, “Diferença entre Leis e Teorias científicas” e “Comunicação do conhecimento científico”, não foram contempladas nos trabalhos dos participantes.

Consideramos que uma das possibilidades para tal resultado se deve a forma como a disciplina foi conduzida. A disciplina “Evolução dos conceitos da física” já possuía uma ementa definida anteriormente ao momento da coleta de dados. A ênfase dada pela ementa da disciplina foi especificamente relacionada ao desenvolvimento histórico dos conceitos principais da física, na qual procurou-se trabalhar episódios históricos e não os aspectos relacionados a Natureza da Ciência, epistemologia, ou ainda, relacionados ao Conhecimento Pedagógico de Conteúdo.

Nesse sentido, as categorias de NdC mais manifestadas nos trabalhos, no geral, se relacionam a aspectos da própria atividade dos cientistas na construção original dos conceitos da física, e não necessariamente a aspectos da relação ciência e sociedade, como é possível inferir dos resultados.

Quando o professor opta por apresentar o desenvolvimento histórico dos conceitos da física ressaltando o método de pesquisa utilizado pelos diversos cientistas ao longo dos séculos e a forma como os conceitos foram se construindo a partir de experimentos e publicações, essas características ficam mais ressaltadas nas produções dos alunos.

. Esse cenário explica o porquê de alguns aspectos da NdC aparecerem ora de forma adequada, ora de maneira inadequada, ou ainda, porque tais elementos apareceram mais do que outros e, também, porque outros aspectos de NdC não foram apresentados por nenhum dos participantes.

Feita essas considerações iniciais sobre a análise geral dessa categoria, será apresentado a seguir, as análises de cada fragmento dos materiais elaborados com relação a manifestação desses elementos da NdC. Por meio dessa análise pode-se compreender as visões dos futuros professores referentes a cada um dos aspectos da NdC explicitados nos materiais didáticos elaborados, sendo possível identificar suas concepções mais adequadas e visões inadequadas sobre o empreendimento científico.

No mesmo sentido, é necessário destacar que alguns trechos dos participantes aparecem em subcategorias diferentes, isso se deve, pois os

trechos trazem informações valiosas que compreendem mais de um aspecto de NdC.

Além disso, não foram expostos todos os fragmentos que representam as visões da NdC dos participantes. Optou-se por essa escolha para não sermos redundantes e repetitivos. Assim, organizou-se a análise com a discussão, primeiro, das visões adequadas sobre NdC e, subsequentemente, apresentando as visões inadequadas, relacionando-as aos referenciais estudados no Capítulo 1.

#### 4.1.1 O papel da experimentação para a ciência

Características ligadas a este aspecto podem ser observadas através dos seguintes trechos retirados de FP1, FP2 e FP10:

*Nota-se que é uma característica própria da construção do Eletromagnetismo, a presença de experimentos prévios à teorização dos fenômenos, esta mudança de paradigma é o que torna possível o rápido desenvolvimento deste campo científico (FP1, informação escrita, grifo nosso).*

*Tendo isto em vista, seguem-se uma série de experimentos que possibilitaram estabelecer uma nova visão de mundo ao adentrarmos no período moderno (FP1, informação escrita, grifo nosso).*

*Benjamin Franklin em 1746, realizou uma série de experimentos. Num dos quais descobriu que o arame que sai da garrafa de Leyden possui eletricidade contrária à do vidro da garrafa. Assim, elaborou sua própria teoria para a eletricidade, que era contrária a então aceita teoria dos dois fluidos elétricos, de Du Fay (FP10, informação oral, grifo nosso).*

Os participantes FP1 e FP10 destacam o papel da experimentação para a ciência. Contudo, observa-se que seus pontos de vistas estão articulados ao que Gil-Pérez e colaboradores (2001; 2005) denominam por “visão empírico-indutivista ou ateórica”. O autor argumenta que essa concepção:

*[...] destaca o papel “neutro” da observação e da experimentação (não influenciadas por ideias apriorísticas), esquecendo o papel essencial das hipóteses como orientadoras da investigação, assim como dos corpos coerentes de conhecimentos (teorias) disponíveis, que orientam todo o processo” (2001, p. 129).*

Essa visão é reforçada pelos participantes quando se referem a experimentos prévios à teorização, como se os experimentos fossem feitos ao acaso, obtendo conclusões que, por si só, “possibilitaram estabelecer uma nova

visão de mundo”, ou ainda, possibilitaram a “descoberta” de determinado conceito. Sendo assim, a partir desses resultados experimentais passou-se a teorizar sobre o eletromagnetismo. Os participantes não sugerem hipóteses orientadoras do processo de investigação.

Em relação aos excertos retirados dos materiais elaborado por FP2 e FP11, que se encontram em destaque abaixo, pode-se verificar a ênfase dada a esse aspecto. Veja:

*Após inúmeras experiências sua hipótese foi comprovada e Galileu pode estabelecer a lei da queda dos corpos (FP2, informação escrita, grifo nosso).*

*Iniciando sua pesquisa sobre estática, Benjamin Franklin deu início a vários experimentos científicos para que comprovasse suas teorias sobre eletricidade (FP11, informação escrita, grifo nosso).*

Esses fragmentos possuem dois aspectos em comum. O primeiro está relacionado à contribuição do papel da experimentação para a atividade científica de forma adequada, ambos pressupõem hipóteses e teorias precedentes a experimentação e observação. No entanto, ambas apresentam um problema em comum. Ao destacarem a palavra “comprovação” na narrativa textual, podem atribuir uma ideia de natureza infalível ao conhecimento científico, que representa a verdade, a realidade, por meio dos critérios observáveis e experimentais adotados. Não enfatizando que “a ciência é uma tentativa de explicar os fenômenos naturais” (McCOMAS et al., 1998a, p. 6).

Ainda no excerto de FP2, outro problema é encontrado. Refere-se à atribuição a Galileu como o responsável por estabelecer a lei da queda dos corpos, porém esse elemento será discutido na sessão sobre o papel da comunidade científica.

#### *4.1.2 O papel da comunidade científica*

O papel da comunidade científica foi comunicado nos trabalhos de FP1, FP2, FP3, FP5 e FP10. Como exemplos de visões adequadas, destaca-se os seguintes excertos:

*Obviamente, estes não foram os únicos nomes envolvidos, podemos citar os trabalhos de Kepler, Copérnico, Ptolomeu, Tycho Brahe e até mesmo Leonardo da Vinci. Nesta perspectiva, consegue-se notar os*

gigantes aos quais Newton esteve sobre os ombros ao escrever seu *Principia* (FP1, informação escrita, grifo nosso).

[...] ou seja, é constante o resgate de trabalhos antigos e a moldagem dos pensamentos clássicos aos paradigmas em que o pesquisador se encontra (FP1, informação escrita, grifo nosso).

Se cheguei até aqui foi porque me apoiei no ombro de gigantes (FP9, informação escrita, grifo nosso).

A ciência não é construída individualmente, mas um trabalho em conjunto e em constante transformação (FP3, informação escrita, grifo nosso).

Os trechos retirados de FP1 e FP9, explicitam a relação entre cientistas de diversas épocas colaborando, de determinada forma, para construção do conhecimento científico. A mesma característica foi manifestada diretamente por FP3, devido a ênfase nas palavras escolhidas para a formulação de sua narrativa, as quais declaram de forma decidida que a ciência é um trabalho elaborado em conjunto, não sendo, portanto, construída individualmente. Nesse sentido, Martins (2006, p. XXII), argumenta que:

Nosso conhecimento foi sendo formado lentamente, através de contribuições de muitas pessoas que muitas vezes nem ouvimos falar e que tiveram importante papel nas discussões e aprimoramento das ideias dos cientistas mais famosos, cujo nomes conhecemos (p. XXII).

Com relação aos excertos de FP5 e FP10, encontrados abaixo, é possível identificar ainda a importância da comunidade científica na aceitação ou rejeição de uma hipótese científica.

Não foi bem recebida pela comunidade científica da época. Em 1759, foi definitivamente rejeitada, com base experimental pelo inglês Robert Seman (FP10, informação oral, grifo nosso).

Todavia, como o seu trabalho fora realizado a partir de observações médicas, e não num laboratório de física, foi de início amplamente ignorado pela comunidade científica, não lhe reconhecendo credibilidade, embora tenha sido publicado numa revista de mérito (os "Annalen der Chemie"), em 1842. Só muito mais tarde as teorias de Mayer vieram a ser reconhecidas, graças a Rudolf Clausius (FP5, informação escrita, grifo nosso).

Esses fragmentos nos mostram o papel desenvolvido pela comunidade científica. De acordo com Thomas Kuhn (2009), a comunidade científica é constituída de especialidades em comum. Os membros atuantes dessa comunidade são responsáveis pela unanimidade de juízo em assuntos profissionais.

Desse modo, se uma nova hipótese ataca o paradigma vigente, a ponto de colocá-lo em xeque, a comunidade científica se mobiliza em termos de verificação desta hipótese, rejeitando-a ou não. Portanto, o papel da comunidade científica é de suma importância para o desenvolvimento da ciência, uma vez que, uma nova hipótese deve passar pela sua averiguação, quando se torna necessário.

Por outro lado, o trabalho de FP2 apresenta visões problemáticas a respeito desse elemento de NdC, observe a seguir:

*Newton ficou praticamente 18 meses sozinho em casa, e nesta época ele fez avanços revolucionários, na matemática, na ótica e começou a trabalhar no que se tornaria sua grande obra, a gravidade (FP2, informação escrita, grifo nosso).*

Nesse excerto, FP2 destaca que Newton realizou avanços revolucionários em diversas áreas do conhecimento científico, após estar a exatos 18 meses sozinho, em estudo. O autor não apresenta argumentos nos quais indicam que Newton esteve em contato com outros conhecimentos anteriores, atribuindo, de certa forma, um caráter genial a esse personagem. Essa ideia ainda é reforçada nos trechos abaixo:

*Como conta a história, Newton sentado debaixo de uma macieira a ler um livro, de repente uma maçã cai ao seu lado. Ele olha para cima para ver de onde aquela maçã teria caído e ao fundo observa a Lua esbranquiçada ao fundo a luz do dia, e se pergunta: "Se as maçãs caem, a Lua também cai?" (FP2, informação escrita, grifo nosso).*

*Após inúmeras experiências sua hipótese foi comprovada e Galileu pode estabelecer a lei da queda dos corpos (FP2, informação escrita, grifo nosso).*

Esses fragmentos mostram que FP2 ignora o papel do trabalho coletivo da comunidade científica, seja enfatizando os *insights* contados na anedota da maçã de “Newton”, ou ainda, reforçando que Galileu fez inúmeras experiências, nas quais suas próprias conclusões permitiram estabelecer certa lei, ambos num trabalho individualizado e solitário.

Os excertos nos indicam ainda, uma visão aproblemática, ahistórica e ateórica, onde o cientista é visto como um ser iluminado pelo saber e pelo conhecimento, o que reforça uma imagem individualista, repleta de características que os tornam geniais (MARTINS, 2006). A respeito disso, Martins (2006, p. XXII) alerta que:

[...] o uso da história da ciência não é algo simples. Há muitas armadilhas, e exige-se o uso de conhecimento epistemológico e historiográfico especializado para evitar alguns erros que poderiam levar o professor a empregar erroneamente a história da ciência para transmitir uma ideia de ciência totalmente inadequada, como ocorre muitas vezes. É necessário, por isso, um trabalho de pesquisa para fundamentar um adequado uso da história da ciência no processo educacional (MARTINS, 2006a, XXI).

#### 4.1.3 Desenvolvimento da ciência

Fragmentos destacados dos trabalhos de FP1, FP2, FP4, FP7 e FP9 ilustram características sobre o desenvolvimento da ciência. A seguir, encontram-se exemplos sobre esse aspecto:

*A ideia não teve grande aceitação no momento de sua publicação, pois ia totalmente contra o paradigma da época. No entanto, ela vem obtendo cada vez mais suporte experimental, sendo atualmente amplamente aceita pela comunidade científica (FP1, informação escrita, grifo nosso).*

*A construção destes conceitos não se dá de forma linear [...], ou seja, é constante o resgate de trabalhos antigos e a moldagem dos pensamentos clássicos aos paradigmas em que o pesquisador se encontra (FP1, informação escrita, grifo nosso).*

*Galileu começa a fazer um dos primeiros processos para a quebra do Paradigma (FP2, informação escrita, grifo nosso).*

Os trechos destacados explicitam os processos de mudanças paradigmáticas, além disso, FP1 enfatiza que o conhecimento novo não é aceito automaticamente após a sua publicação, devido aos paradigmas existentes da época. É possível verificar também a preocupação do participante FP1 em reconhecer que a construção desses conceitos não ocorre de maneira linear, com o crescimento acumulativo das teorias.

Já, por meio do trecho destacado do trabalho de FP9, outro elemento importante para a análise desse aspecto de NdC é percebido, como pode ser visto abaixo:

*A mecânica de Newton foi um sucesso total, pois ele conseguiu resolver uma quantidade absurda de problemas, de forma qualitativa. (FP9, informação oral, grifo nosso).*

Através da leitura do fragmento é possível notar que a ciência se desenvolve, também, a partir de resoluções de problemas. Observe que o fator

crucial para que a mecânica de Newton fosse um “sucesso total” foi atribuído ao caráter de seus elementos responderem de forma significativa os problemas que permeavam a questão. Todavia, é necessário enfatizar que supor que a mecânica de Newton tenha sido um sucesso total é uma ideia equivocada e, portanto, uma concepção inadequada. Afinal, os estudos de mecânica tiveram contribuições posteriores às contribuições de Newton, tal como nos trabalhos posteriores de Cavendish, Bernouilli, Euler, Lagrange e Fermat.

Em FP7, verifica-se também aspectos interessantes sobre o desenvolvimento da ciência. Observe:

*Apesar de não estarem corretos a respeito da forma, origem e composição dos corpos celestes, todos os três filósofos ao desenvolver seus pensamentos a respeito deste tema, chegaram a apresentar informações que hoje são parte de grandes conceitos. Tales não errou ao dizer que tudo tinha uma origem em comum. Anaximandro propôs a possibilidade de outros mundos e a finitude do nosso, tendo um momento de origem e um de fim. Anaxímenes, propôs que a matéria ao ser manipulada poderia criar outras substâncias e elementos. Mesmo suas ideias não estando certas, é incrível de se pensar que na época tendo apenas suas mentes e seus sentidos, eles foram capazes de iniciar um pensamento científico muito à frente de todo o seu tempo* (FP7, informação oral, grifo nosso).

Por meio desse fragmento, é possível notar certa intencionalidade em levantar a questão do erro no desenvolvimento do pensamento científico. Nota-se uma preocupação em enfatizar que embora os pensadores tenham errado em muitas questões, elas tiveram êxitos que fazem parte dos conceitos físicos contemporâneos. No entanto, essa narrativa induz a dois problemas. O primeiro está relacionado, como comentado anteriormente, a questão do erro na ciência. Martins (2006) colabora para essa reflexão. De acordo com o autor,

*Na práxis científica, o erro é regra e não exceção, um constituinte fundamental e não um mero acidente de percurso. Por isso também, a reflexão sobre o erro nos ensina mais sobre a natureza da ciência do que a exaltação triunfalista dos seus êxitos* (MARTINS, 2006, p. 5).

Logo, o destaque referido pelo participante da pesquisa, mostra uma visão inadequada sobre o desenvolvimento científico, uma vez que, justifica que embora os pensadores tenham cometido erros, triunfaram em outras questões, que transcorreram no tempo e possuem influência até os dias atuais. Essa noção nos mostra uma visão de ciência disposta apenas de acertos, ignorando que “a aventura do conhecimento é um processo errático e dissipativo” (MARTINS, 2006, p. 5).

O segundo aspecto problemático no trecho relaciona-se a visão de linearidade atribuída em tal construção científica, como se houvesse, nesta questão, um caráter necessariamente progressivo. Como se as ideias propostas por pensadores da Grécia antiga fossem as mesmas que guiam o paradigma científico atual. Portanto, torna-se uma história linear, progressista, sem crises ou mudanças paradigmáticas. A ciência, por meio desse ponto de vista, pode ser entendida como um corpo perfeito, bem definido, ignorando seu caráter problemático, limitado, parcial e incerto.

As declarações a seguir, de FP2 e FP4, dialogam com essa visão aproblemática e linear sobre o desenvolvimento do conhecimento científico, veja:

*Obviamente, o desenvolvimento do conceito de força não se estagnou na história, outras formulações ou outras abordagens referentes a este conceito foram desenvolvidas [...] (FP4, informação escrita, grifo nosso).*

*Então a fim de resolver este problema através dos seus cálculos, Kepler formula sua primeira lei, negando todos os séculos de tradição que se tinha sobre a visão das órbitas e do sistema solar (FP2, informação escrita, grifo nosso).*

As noções de um conhecimento científico linear, acumulativo e aproblemático são reforçadas quando os participantes não reconhecem que para se desenvolver, é necessário algo além de outras abordagens, outras formulações, ou ainda, mais do que negar as tradições do passado. É fundamental para o seu progresso que ocorram momentos de crises, rupturas e mudanças paradigmáticas, em outras palavras, segundo Gil-Pérez e colaboradores (2005):

*ao apresentar uns conhecimentos já elaborados, sem sequer se referir aos problemas que estão nas suas origens, perde-se de vista que, como afirma Bachelard (1938) “todo o conhecimento é a resposta a uma questão”, a um problema. Este esquecimento dificulta captar a racionalidade do processo científico e faz com que os conhecimentos apareçam como construções arbitrárias (GIL-PÉREZ et al., 2005, p. 49).*

#### *4.1.4 Enraizamento social e cultural*

Os trechos retirados dos trabalhos apresentados a seguir ilustram a preocupação dos participantes em explicitar as imbricações da construção do conhecimento científico e as condições sociais, religiosas, culturais, políticas e econômicas. Veja:

*É interessante então notar que Einstein trabalhava no escritório de patentes de Zurique, cidade conhecida pela quantidade de relógios em suas torres, além do mais de que Einstein foi responsável por analisar as patentes de diversos aparelhos que tinham objetivo de sincronizar os relógios. Não seria estranho pensar que Einstein poderia ter uma fixação pelo tempo (FP1, informação escrita, grifo nosso).*

*O tempo como a gente conhece de horas, minuto, segundos, meses, anos, são construções sociais que vieram para atender as necessidades do nosso avanço, da nossa sociedade, do mundo no geral (FP8, Informação oral, grifo nosso).*

Esses trechos nos mostram que fatores cotidianos, como o local onde se trabalha, o momento social no qual se vive, o local onde se está inserido, podem propiciar o pensamento científico.

Uma das facetas da ciência, além de buscar a compreensão dos fenômenos naturais, é colaborar com a resolução de problemas em nosso meio. Portanto, fatores sociais influenciam o empreendimento científico, no sentido de que estamos e vivemos em sociedade e, por consequência, somos atingidos pelas problemáticas que nos cercam. Assim, a ciência é influenciada e influencia a sociedade.

A seguir, os trechos destacados abaixo por FP1, FP2 e FP12, fornecem a noção de que fatores religiosos também possuem relevância em diversos episódios científicos. Observe:

*As ideias Aristotélicas eram muito fortes neste período uma vez que tinham o apoio da igreja [...] (FP1, informação escrita, grifo nosso).*

*E claro, como a igreja estava crescendo nesta época, e tinha grande influência na questão ética e moral da sociedade, este modelo de Ptolomeu foi bem defendido e aceito pela igreja católica, pois se acreditava também que o homem e a criação (os animais, aves e o planeta Terra) deveriam estar no centro de toda a criação, baseado em textos bíblicos (FP2, informação escrita, grifo nosso).*

*A Inquisição Medieval aconteceu durante o século XII, sendo um dos períodos mais sombrios da história da humanidade, a Inquisição possuía como premissa a punição de rodo e qualquer tipo de heresia realizada contra a Igreja. Inúmeros nomes da ciência sofreram por conta da Inquisição. Giordano Bruno e Galileu Galilei foram exemplos disso. O primeiro foi queimado vivo e o segundo condenado à prisão domiciliar pelo resto da vida. Nesse período da história, a ciência sofreu grandes golpes, estagnando-se<sup>2</sup> consideravelmente (FP12, Informação escrita, grifo nosso).*

---

<sup>2</sup> Não se estagnou, certamente foi um momento de contestação dela por parte da igreja, mas a ciência prosseguiu.

Através do exposto pelos participantes, compreende-se que fatores religiosos foram muito importantes para o desenvolvimento científico, uma vez que, em certas ocasiões, o poder da igreja teve um grande impacto nos trabalhos desenvolvidos ou em desenvolvimento.

Já nos trechos destacados a seguir de FP3 e FP11, é possível compreender a influência de fatores políticos e econômicos para a atividade científica:

*A ciência é um caminho que pode ser trilhado e que tem sofrido, no Brasil, uma série de cortes de verbas e ataques balizados por interesses políticos (FP3, informação escrita, grifo nosso).*

*Após vender bens e negócios dispôs de mais tempo e recursos para suas pesquisas, o que lhe rendeu uma reputação internacional (FP11, informação escrita, grifo nosso).*

Entende-se que em um sistema capitalista, a ciência se desenvolve por meio de apoio financeiro e político. O trecho de FP3 denuncia que há ataques a ciência devido interesses políticos no Brasil, esses ataques, por sua vez, impactam nos investimentos para a atividade científica. Na mesma direção, FP11 destaca a importância de possuir recursos financeiros para a pesquisa científica.

O trecho destacado de FP3 necessita de um comentário adicional. É possível observar que o participante apresenta uma consideração sobre a NdC relacionada ao contextual atual. Isso ilustra que ainda que o objetivo do material seja de natureza histórica, a promoção de discussões sobre NdC não ocorre somente com a História da Ciência.

Essas concepções enfatizadas pelos participantes da pesquisa são caracterizadas por Lederman (2002) como uma visão adequada sobre o empreendimento científico pois, de acordo com o autor:

*A ciência como empreendimento humano é praticada no contexto de uma cultura maior e seus praticantes são o produto dessa cultura. A ciência, por consequência, afeta e é afetada pelos vários elementos e esferas intelectuais da cultura em que está inserida. Esses elementos incluem, mas não estão limitados, ao tecido social, estruturas de poder, política, fatores socioeconômicos, filosofia e religião (LEDERMAN et al., 2002, p. 501).*

Em algum sentido, é possível inferir que essas visões manifestadas pelos licenciandos a respeito do enraizamento cultural e social da ciência pode ter sido

desenvolvida também no âmbito da disciplina, uma vez que foram discutidos esses aspectos tanto no tópico sobre desenvolvimento da termodinâmica quanto nas discussões acerca da natureza da luz.

#### 4.1.5 Método científico

Com relação a esse aspecto, excertos dos trabalhos elaborados por FP1, FP2, FP6 e FP9 nos mostram as concepções sobre o que eles compreendem por método científico. Esses fragmentos podem ser encontrados abaixo:

*A "ciência" que era feita por Aristóteles se diferencia de muitas formas do que entendemos como método científico atualmente. As ideias surgiam através da observação dos fenômenos em seu cotidiano, e o aceitamento das mesmas era definido pelo poder de argumentação do filósofo (FP1, informação escrita, grifo nosso).*

*Uma nova maneira de se fazer ciência surgiu com estes resultados, tornando uma física puramente fenomenológica, em uma física baseada também nos resultados matemáticos obtidos, mesmo que não haja no momento observações naturais que deem suporte aos argumentos (FP1, informação escrita, grifo nosso).*

*Este foi o outro feito interessante que Galileu fez, ele foi o primeiro a sistematizar e dar uma forma matemática para um dos fenômenos mais intrigantes da época, não somente isso, ele também exemplificou um modo diferente de se fazer ciência através de medições e comparações de modelos (FP2, informação escrita, grifo nosso).*

*O método científico na época se baseava no argumento e contraargumento. Entretanto, no século XVII, com o avanço da ciência, que ocorrem a partir de Copérnico, Kepler e Galileu o homem passa a perceber o universo como produto de uma evolução, não mais pela ação direta de um Criador, mas pela existência de leis universais da natureza que podem ser expressas matematicamente (FP6, informação escrita, grifo nosso).*

*Mas essa é uma característica da ciência da época que era uma consequência lógica de um conjunto de tentativa de organizar o senso comum através da dialética de Aristóteles. Ele dava uma resposta racional para aquele fenômeno e como era muito baseado naquela experimentação segmentada, fenomenológica, aquilo então fazia um total sentido (FP9, informação oral, grifo nosso).*

Esses trechos nos permitem visualizar a noção de método científico, no qual os cientistas utilizam-se de saberes matemáticos, medições e comparações de modelos para dar suporte a determinado conhecimento, ou seja, reconhecem que a atividade científica utiliza-se de outros elementos, que vão além da observação e experimentação. Essas noções representam uma visão adequada sobre a produção do conhecimento científico.

Entretanto, pela narrativa, não é possível confirmar se os futuros professores consideram outros aspectos envolvidos no modo de fazer ciência. Por exemplo, não é possível afirmar se os participantes consideram outros aspectos envolvidos no processo de construção da ciência, como a argumentação científica que inclui retórica, juízo, negociações, que os cientistas são criativos e imaginativos, entre outras características que mostram a pluralidade envolvidas no fazer ciência.

Apesar disso, pode-se observar pelo trabalho de FP2 e FP5 visões controversas sobre esse elemento de NdC, conforme descritas abaixo:

*Após inúmeras experiências sua hipótese foi comprovada e Galileu pode estabelecer a lei da queda dos corpos (FP2, informação escrita, grifo nosso).*

*O interessante destes postulados de Einstein é que eles simplesmente são aceitos como verdade. Não se tem como testar por exemplo que a velocidade da luz é constante para todos os referenciais inerciais (FP2, informação escrita, grifo nosso).*

*Joseph Black, por volta de 1760, distanciou-se dos seus trabalhos no âmbito da química e dedicou-se a estudar o calor, tema que o fascinava. Sempre utilizando o seu método de rigorosas medições, realizou ensaios estudando a transição entre os estados líquido e sólido que o levaram à definição de calor latente (1761) (FP5, informação escrita, grifo nosso).*

Nota-se nesses trechos uma visão problemática. O participante FP2 destaca a necessidade de inúmeras experiências para a comprovação e estabelecimento de uma lei, caracterizando, dessa forma, uma concepção indutivista ingênua.

Além disso, o participante sugere que os postulados de Einstein são simplesmente aceitos como verdade, o que não é correto, pois pode-se observar por meio do estudo “Sobre a Eletrodinâmica dos corpos em Movimento” (EINSTEIN, 1905), que a Relatividade Restrita possui amplo desenvolvimento matemático, por exemplo. Isso, por si só, nega o argumento escrito pelo participante. No mesmo sentido, o trecho indica uma visão simplificada da ciência, como se houvesse verdades irreduzíveis nos quais os cientistas creditam como verdade absoluta sem questionamentos e críticas.

Em relação ao excerto de FP5, é possível observar a ênfase dada a aplicação de um método científico único, onde apenas rigorosas medições são necessárias para o estudo que possibilitou a definição de calor latente. Como o

participante não relata os problemas e desafios em torno da investigação, nos imprime a percepção de que basta seguir o método de rigorosas medições para compreender ou formular um novo conceito. Portanto, torna esse estudo aproblemático e ateórico.

#### 4.1.6 Perfil do cientista

Esse aspecto de NdC aparece nos fragmentos a seguir:

*Era um jovem bastante tímido, não tinha muitos amigos, mal se socializava, então dedicou-se em investir no seu conhecimento (FP2, informação escrita, grifo nosso).*

*Newton ficou praticamente 18 meses sozinho em casa, e nesta época ele fez avanços revolucionários, na matemática, na ótica e começou a trabalhar no que se tornaria sua grande obra, a gravidade (FP2, informação escrita, grifo nosso).*

*[...] depois de alguns anos os professores perceberam que o jovem Johannes era um garoto brilhante e foi enviado para a Universidade de Tubinga com excelentes notas escolares (FP2, informação escrita, grifo nosso).*

*O próprio genial Sadi CARNOT (FP5, informação escrita, grifo nosso).*

*Surge, então, aquele que se tornaria o maior Físico experimental em eletricidade e magnetismo de todos os tempos, Michel Faraday (FP10, informação oral, grifo nosso).*

*Em 1794, decidiu montar um dispositivo onde se encontrava dois metais diferentes, sem o contato de qualquer tipo de tecido. Como resultado de seu trabalho, obteve a informação de que havia uma corrente elétrica circulando entre os dois metais (FP11, informação escrita, grifo nosso).*

Pode-se notar após a leitura desses trechos, a figura individualizada do cientista, onde ele realiza o seu trabalho sempre sozinho, fazendo as descobertas de forma objetiva, genial e brilhante. Não há fragmentos nos trechos que sugerem quais foram os problemas que motivaram o trabalho desses personagens. Nesse sentido, a atividade científica aparece de forma caricaturada, masculina, empobrecida, aproblemática e ahistórica.

Todavia, é necessário destacar que o participante FP2, em um dos seus trechos, relata uma figura feminina ligada, de alguma forma, ao desenvolvimento científico. O excerto encontra-se abaixo:

*Apesar de Kepler ter proposto este primeiro modelo para as órbitas de serem elipses, não podemos atribuir a ele como o "descobridor" de tal ideia. Já se tinha documentos muito antes dele sobre uma mulher, uma neoplatônica grega, Egito romano. A primeira mulher documentada como chefe da escola platônica de Alexandria no qual também lecionou filosofia e astronomia. Apesar de não haver dados sobre Kepler ter tido acesso às suas obras e ideias, ele deduziu as mesmas ideias de Hepátia simplesmente pela matemática e observação dos dados de Brahe (FP2, informação escrita, grifo nosso).*

Essa é a única vez, entre os trabalhos analisados, que a figura de uma mulher é relatada e relacionada a atividade científica, embora apareça de forma superficial.

#### 4.1.7 Provisoriedade do conhecimento científico

Os trabalhos de FP1, FP3 e FP5 argumentam sobre a provisoriedade do conhecimento científico. Pode-se observar nos trechos retirados dos materiais didáticos elaborados pelos participantes citados anteriormente uma visão adequada sobre esse aspecto:

*[...] Note que estas definições são básicas ao ponto de que mudanças em suas definições e estruturas ocasionariam mudanças em toda a física contemporânea. Esta é em minha visão a principal característica de um conceito, eu os tenho com o a espinha dorsal do conhecimento científico (FP1, informação escrita, grifo nosso).*

*Estes três nomes talvez sejam os primeiros a ser citados quando entra-se na discussão relativa à queda do pensamento aristotélico (FP1, informação escrita, grifo nosso).*

*A ciência não é construída individualmente, mas um trabalho em conjunto e em constante transformação (FP3, informação escrita, grifo nosso).*

*O calórico foi assim o mais efêmero dos conceitos aqui abordados. Foi influente em grande parte do séc. XVIII, mas nos finais da década de 1790 já era óbvio que se tornara muito controverso e em meados do séc. XIX passara à História (FP5, informação escrita, grifo nosso).*

De acordo com FP1, a espinha dorsal da ciência, em sua perspectiva, é composta pelo entendimento do conceito físico como mutável, capaz de promover mudanças em toda física contemporânea. O participante FP1 também ressalta “a queda do pensamento aristotélico”, explicitando as rupturas e mudanças paradigmáticas do conhecimento científico. No mesmo sentido, o excerto destacado de FP3 destaca que a ciência está em constante

transformação. Já FP5 evidencia a derrocada de um conceito científico, que embora muito influente no século XVIII, torna-se controverso no século posterior, explicitando o caráter provisório das teorias científicas.

Essas ideias nos mostram uma interpretação dinâmica sobre a ciência, enfatizando o caráter provisório do conhecimento científico, no qual o seu desenvolvimento envolve rupturas e mudanças de paradigmas. Assim, esses argumentos dialogam diretamente com o exposto por Popper (1975), no qual enfatiza que “nenhuma teoria em particular pode jamais ser considerada absolutamente certa: cada teoria pode se tornar problemática (...) nenhuma teoria é sacrossanta ou fora de crítica” (POPPER, 1975, p. 330). Portanto, a mutabilidade da ciência nos faz compreender que a ciência não progride por acumulação, por meio do crescimento linear de interpretações, pelo contrário. Conforme exposto por Kuhn (2009), a ciência é um processo revolucionário, no qual, “uma teoria mais antiga é rejeitada e substituída por uma nova teoria” (p. 6).

Dessa forma, os trechos destacados podem dar a dimensão de que o conhecimento científico não é a representação inequívoca da realidade, devido aos seus aspectos problemáticos sobre seus experimentos, sobre suas teorias e interpretações da natureza, presumindo a possibilidade de novos pontos de vistas sobre a compreensão de um fenômeno, caso este contraponha a ciência normal<sup>3</sup>, colocando-o em crise paradigmática<sup>4</sup>.

Todavia, os excertos abaixo nos mostram outras visões a respeito desse constructo. Veja:

*Após inúmeras experiências sua hipótese foi comprovada e Galileu pode estabelecer a lei da queda dos corpos (FP2, informação escrita, grifo nosso).*

*Isso seria o primeiro passo em direção à completa compreensão do fenômeno da combustão – processo que na realidade envolve a combinação do oxigênio do ar com a substância que está a sofrer a queima (FP5, Informação oral, grifo nosso).*

---

<sup>3</sup> Ciência normal refere-se ao termo cunhado por Thomas Kuhn, em seu livro “A estrutura das revoluções científicas” para designar o período durante o qual se desenvolve uma atividade científica baseada num paradigma.

<sup>4</sup> Crise paradigmática também é uma definição proveniente dos trabalhos de Thomas Kuhn. No qual se identifica anomalias com relação a ciência normal desenvolvida pelos cientistas. Assim, a comunidade científica se questiona sobre as bases de seu campo de estudo. A crise paradigmática pode ser resolvida a luz do paradigma vigente ou terminar com a descoberta de um novo paradigma para solucionar a anomalia.

*Apesar de não estarem corretos a respeito da forma, origem e composição dos corpos celestes, todos os três filósofos ao desenvolver seus pensamentos a respeito deste tema, chegaram a apresentar informações que hoje são parte de grandes conceitos. Tales não errou ao dizer que tudo tinha uma origem em comum. Anaximandro propôs a possibilidade de outros mundos e a finitude do nosso, tendo um momento de origem e um de fim. Anaxímenes, propôs que a matéria ao ser manipulada poderia criar outras substâncias e elementos. Mesmo suas ideias não estando certas, é incrível de se pensar que na época tendo apenas suas mentes e seus sentidos, eles foram capazes de iniciar um pensamento científico muito à frente de todo o seu tempo (FP7, informação oral, grifo nosso).*

Nota-se que essas ideias expressas pelos participantes, revelam um caráter de ciência pronta e acabada, no qual a ciência foi “comprovada e estabelecida”, ou deu-se início à “completa compreensão” de determinado fenômeno natural, ou ainda, embora alguns pensadores do passado tenham cometido erros em suas interpretações, eles ainda tiveram corretos a respeito de uma série de conhecimentos utilizados ainda hoje, como se essas ideias não tivessem se modificado ou fossem restabelecidas com novos critérios. Assim ignoram a provisoriedade da ciência, suas crises e suas rupturas paradigmáticas. A ciência é apresentada de forma linear e aproblemática, caracterizando, assim, uma visão inadequada sobre a atividade científica.

#### *4.1.8 Incerteza na interpretação humana sobre a natureza*

Os trechos a seguir ilustram visões consideradas adequadas e inadequadas sobre esse aspecto de NdC. Observe:

*Mas, sobretudo, o mais importante que a gente quer levar daqui é que o tempo é uma percepção. E essa percepção vai variar dependendo do ciclo que a gente está vivendo, da nossa mente e de onde estamos inseridos. Se a gente vivesse por 28 dias, a gente não viveria os ciclos, não teria como a gente conhecer as estações do ano, a gente iria conhecer apenas um ciclo lunar, então a gente não teria todo esse conhecimento que temos (FP8, Informação oral, grifo nosso).*

Nota-se que FP8 traz a luz a discussão sobre a incerteza na interpretação humana da natureza. A participante revela que o tempo é uma percepção, e que esta percepção pode variar dependendo do referencial adotado. Caracteriza-se, portanto, uma visão adequada sobre a atividade científica, pois a ciência não é a cópia fidedigna da realidade, não é uma descrição absoluta sobre a natureza,

mas sim, a tentativa de explicação sobre os fenômenos naturais. Nesse sentido, não sabemos definir quais são os limites da interpretação humana, quais são os fatores existentes nos quais não temos domínio.

Já os fragmentos de FP5 e FP6, entretanto, vão na contramão desse entendimento. Abaixo encontram-se em destaque trechos reproduzidos dos participantes:

*Não haviam dúvidas, já que foi comprovada matematicamente* (FP6, Informação oral, grifo nosso).

*Isso seria o primeiro passo em direção à completa compreensão do fenômeno da combustão* – processo que na realidade envolve a combinação do oxigênio do ar com a substância que está a sofrer a queima (FP5, Informação oral, grifo nosso).

Por meio desses excertos é possível verificar uma visão inadequada a respeito desse aspecto de NdC. Uma hipótese quando é “comprovada” matematicamente, não quer dizer que não restam mais dúvidas sobre determinado fenômeno natural, mas sim que dentro dos limites existentes da compreensão humana, ela consegue satisfazer determinados critérios. Bem como não é possível ofertar uma completa compreensão sobre determinado fenômeno, pois não é possível ter uma completa compreensão da natureza, visto a sua dimensão e os limites humanos ligados a interpretação dos fenômenos naturais.

Esses posicionamentos também indicam uma outra visão inadequada sobre o fazer científico, a noção de que leis e teorias científicas são imutáveis. Isso não é uma verdade. O empreendimento científico é uma forma, entre muitas outras, de conhecimento e, conseqüentemente, amplia nosso entendimento sobre a natureza. Porém, não podemos “cair” em um realismo ingênuo no qual defende-se que por meio da atividade científica domina-se todos os fenômenos naturais e que, portanto, as leis e teorias são imutáveis.

Essa concepção sobre a NdC é problemática, pois torna o saber científico dogmático, inquestionável, como se a ciência tivesse um corpo pronto e perfeito. Diversos episódios das ciências mostram momentos nos quais houve crises, mudanças expressivas sobre o entendimento de determinado fenômeno natural, portanto a discussão sobre esse aspecto de NdC não pode beirar ao realismo ingênuo.

#### 4.1.9 Complexidade do conhecimento científico

Os fragmentos abaixo, retirados dos materiais didáticos produzidos por FP1, FP2 e FP9 destacam a complexidade do conhecimento científico:

*O pensamento humano se constrói de maneira complexa e os caminhos seguidos pelos paradigmas de cada época específica são intimamente relacionados à diversas características políticas, geográficas, ambientais, sociais, econômicas, entre outras. O pensamento científico não é diferente (FP1, informação escrita, grifo nosso).*

*Essa busca, além de instigante, pode subsidiar os indivíduos na compreensão do mundo, por meio de uma análise mais crítica da realidade, diferentemente do senso comum (FP2, informação escrita, grifo nosso).*

*Dificuldade de colocar essa evolução de uma forma delineada, por que o conceito de massa é muito subjetivo, complexo, ou seja, é difícil (FP9, informação oral, grifo nosso).*

O participante FP1 destaca que o pensamento científico possui suas complexidades, que vão desde os paradigmas nos quais estão inseridos, as relações sociais, culturais, políticas, entre outros. O que implica na interpretação do conhecimento científico não neutro, uma vez que é reconhecido que a ciência é uma atividade humana, que interfere e é afetada pela sociedade.

Com o trecho destacado de FP2 pode-se observar a diferenciação do autor sobre tipos de conhecimentos. O conhecimento científico, segundo a sua interpretação, realiza análises mais críticas da realidade para compreensão do mundo, quando comparado ao conhecimento de senso comum. Já FP9, destaca a dificuldade na definição de um conceito em específico, a massa, por esta apresentar características subjetivas. Assim, em suas palavras, o entendimento desse conceito se torna complexo e difícil.

Essas noções revelam que a atividade científica possui complexidades diversas, pode-se notar que existem fatores externos e internos relacionados a esse empreendimento, porém há mais do que isso, “a Ciência e os humanos que a produzem são históricos, sociológicos, culturais, políticos, físicos, biológicos, e carregam também antônimos como a certeza e a incerteza, a ordem e a desordem” (ANTUNES; TEIXEIRA; FERREIRA, 2020, p. 4).

#### 4.1.10 O papel da criatividade e da imaginação na atividade científica

No trecho retirado de FP2 é possível notar a intenção do autor em comunicar que os cientistas são criativos, ou seja, tem por finalidade retratar uma ciência que busca explicar fenômenos não observáveis por meio da abstração e criatividade.

*O bonito da ciência daquela época era de fato, não somente explicar os fenômenos observáveis, mas ir além, explicar os que não se observava e criar os conceitos mais delicados e precisos que temos hoje por causa da grande capacidade de abstração que conseguiram ter através da mente e da grande criatividade baseadas em uma lógica (FP2, informação escrita, grifo nosso)*

Todavia, no excerto, nota-se uma interpretação hiperbólica utilizando os adjetivos “grande”, “mais delicado”, “mais preciso” para se referir a essas atividades. Isso evidencia características sobre a imagem do cientista, atribuindo a ele qualidades referentes a genialidade, que o possibilita explicar um conhecimento, que por sua vez, é infalível. Afinal, conforme escrito, “a ciência, daquela época criou os conceitos mais delicados e precisos que temos hoje”. De acordo com Gil-Pérez e colaboradores (2005) estas são visões deformadas sobre a ciência.

Dessa forma, destacamos que há outro erro em admitir que os conceitos formulados daquela época são os mais preciso que temos hoje. Segundo Martins (2006a, XXII), “gradualmente as ideias vão sendo aperfeiçoadas, através de debates e críticas que muitas vezes transformam totalmente os conceitos iniciais”. Portanto, não se pode afirmar que o trabalho desenvolvido na época é até hoje o mais preciso, afinal este foi refinado e modificado por meio de outras contribuições.

Essa característica triunfalista e anacrônica, também pode ser encontrada no excerto de FP9, representado a seguir:

*A mecânica de Newton foi um sucesso total, pois ele conseguiu a uma quantidade absurda de problemas, de forma qualitativa (FP9, informação oral, grifo nosso).*

Ao atribuir “a mecânica de Newton” como de “sucesso total”, “capaz de resolver uma quantidade absurda de problemas”, ignora-se as contribuições,

principalmente de cunho matemático de muitos franceses do século XVIII que deram contribuições muito significativas ao estudo da mecânica.

#### 4.1.11 Relações entre observações e teorias

O seguinte trecho destacado da narrativa de FP1, compreende as relações entre as observações e teorias:

*Os conceitos científicos podem ser definidos como construções baseadas na observação de fenômenos, experimentos, e principalmente, estruturados sobre uma infinidade de trabalhos desenvolvidos ao longo da história* (FP1, informação escrita, grifo nosso).

De acordo com este fragmento, pode-se observar que o participante considera que as bases de um conceito científico, ou seja, das teorias, podem estar na observação de fenômenos, na experimentação ou em outras infinidades de trabalhos, o que caracteriza uma visão inadequada sobre o empreendimento científico, no qual não considera que o papel das teorias na elaboração dos conceitos científicos ou, ainda, que aquelas precedem as observações.

Segundo argumenta Pumfrey (1991) “observação significativa não é possível sem uma expectativa pré-existente” (p. 69). Portanto, o trecho expressa uma concepção empírico-indutivista e atórica, no qual “defende o papel da observação e da experimentação “neutra”, esquecendo o papel essencial das hipóteses como focalizadoras da investigação e dos corpos coerentes de conhecimentos (teorias) disponíveis, que orientam todo o processo” (GIL-PÉREZ et al., 2005, p. 45).

Vimos no decorrer deste capítulo, como os licenciandos expressam espontaneamente seus conhecimentos sobre a Natureza da Ciência ao elaborarem um material didático utilizando como estratégia de ensino, a abordagem de narrativas históricas. Na sessão seguinte, será analisado como os participantes manifestam os subdomínios do Conhecimento Pedagógico de Conteúdo.

## 4.2 Conhecimento Pedagógico de Conteúdo expresso nos materiais didáticos

As análises implementadas nesta pesquisa se propõem a compreender, além dos elementos da NdC, também, os elementos de Conhecimento Pedagógico de Conteúdo (PCK) expresso nos materiais didáticos elaborados pelos licenciandos e, assim, construir uma relação possível entre ambos na expressão de conhecimentos para ensinar a NdC (constructo denominado de PCK/NdC).

Com o objetivo de complementar as análises dos materiais, incluiu-se também, quando necessário, as falas dos licenciandos quando da apresentação de seus trabalhos finais – os materiais didáticos – realizados em forma de seminário. Nesse sentido, são utilizados tanto os materiais escritos quanto as falas dos licenciandos sobre esses materiais.

Assim, apresentamos, a análise dos doze materiais com respeito ao PCK e seus subdomínios: i) Conhecimento de estratégias específicas do ensino de Física; (ii) Conhecimento do Currículo de Física; iii) Conhecimento das concepções e dificuldades dos alunos sobre os tópicos de Física; e iv) Conhecimento da Avaliação no ensino de Física. Esses subdomínios são obtidos da leitura dos textos originais de Shulman (1986, 1987) e já são utilizados como subdomínios principais de PCK em trabalhos que investigaram os PCK de professores de Física, tais como Cunha (2016), Caldato e Silva (2019). Nesse sentido, são utilizadas como categorias de agrupamento dos excertos esses elementos mais genéricos e comuns de PCK a partir dos referenciais estudados.

O Quadro 8 refere-se à compilação das análises realizadas referentes aos subdomínios do PCK dos participantes da pesquisa.

**Quadro 8** – Manifestações dos participantes referentes aos subdomínios do PCK

<b>Subdomínios do PCK</b>	<b>Manifestações dos participantes</b>
<b>Conhecimento de estratégias específicas do ensino de Física</b>	FP1, FP2, FP3, FP4, FP6, FP7, FP8, FP9, FP10, FP11, FP12
<b>Conhecimento do Currículo de Física</b>	FP1, FP2, FP5, FP9, FP11

<b>Conhecimento das concepções e dificuldades dos alunos sobre os tópicos de física</b>	FP1, FP2, FP8, FP9
<b>Conhecimento da Avaliação no Ensino de Física</b>	FP5, FP9

Fonte: Elaborada pela autora.

Nota-se que o subdomínio “Conhecimento de estratégias específicas do Ensino de Física” é o aspecto que mais aparece dos materiais didáticos, seguido pelo “Conhecimento do Currículo de Física”, “Conhecimento das concepções e dificuldades dos alunos sobre os tópicos de Física”, e por fim, o “Conhecimento da Avaliação no Ensino de Física”, representando, respectivamente, 92%, 42%, 33% e 17% de frequência de uso pelos participantes na elaboração do material didático.

Pode-se pontuar aspectos gerais que propiciaram esse cenário com relação a aparição dos subdomínios. O primeiro deles tem relação ao tipo de atividade sugerida aos participantes. A atividade consistia na produção de um material didático para explicar um conceito físico, utilizando a História da Ciência como norteador do trabalho.

Logo, presume-se que os usos de estratégias didáticas apareceriam em maior escala, visto que a elaboração de um material didático passa pelo processo de reflexão sobre o que ensinar, como ensinar e quais estratégias são requisitadas para esse ensino.

Entretanto, o Conhecimento sobre as concepções e dificuldades dos alunos sobre os tópicos de física não é tão simples de se verificar explicitamente no material didático, pois esse é um tipo de conhecimento subjetivo. Esse conhecimento aparece, em muitos casos, quando se pergunta explicitamente, os caminhos adotados para a construção do trabalho: levou-se em consideração o nível de ensino dos leitores? Pensou-se sobre as concepções prévias e dificuldades dos leitores do trabalho? Como a atividade proposta correspondia a analisar a aparição espontânea dos conhecimentos dos licenciandos, essas perguntas não foram realizadas, desse modo, a presença desse subdomínio ficou limitada ao material didático e a apresentação do mesmo pelos

participantes. A mesma interpretação pode ser feita com relação ao “Conhecimento do Currículo de Física”.

Com relação ao “Conhecimento da Avaliação no Ensino de Física”, apenas dois trabalhos preocuparam-se em avaliar, de alguma forma, o conhecimento proveniente da utilização do material didático. Esse resultado nos faz pontuar duas questões: as concepções dos participantes sobre o que é um material didático e quais são os elementos necessários para a sua elaboração e às dificuldades dos licenciandos em elaborar avaliações.

Contudo, discorreremos de modo mais aprofundado as análises dos materiais didáticos com relação aos subdomínios do PCK, nas seções seguintes.

#### *4.2.1 Conhecimento de estratégias específicas do ensino de Física*

Os materiais didáticos analisados utilizam estratégias interessantes relativas a essa subcategoria do PCK. Esse é o subdomínio que mais apresenta manifestações, seja nos materiais didáticos, ou nas apresentações feitas em sala de aula sobre o material produzido. Esse fato pode ser compreendido dada a natureza da atividade proposta, que incentivava os estudantes a expressarem em forma de um material didático, um momento histórico de um conceito físico. Naturalmente, as estratégias de ensino ocorreriam em maior grau por conta disso. Contudo, ainda resta compreender as características dessas estratégias, assim como a sua relação com possíveis PCK/NdC manifestados pelos licenciandos.

Visto que este foi o subdomínio dos PCK mais presente nos materiais didáticos produzidos, torna-se importante expressar quais estratégias foram identificadas entre os trabalhos e de que forma elas aparecem – com qual sentido de uso. O Quadro 9 resume as estratégias de ensino de física presentes nos materiais produzidos pelos licenciandos.

**Quadro 9** – O uso de estratégias de ensino presentes nos materiais didáticos

<b>Estratégia de ensino</b>	<b>Uso adequado</b>	<b>Uso inadequado</b>
Experimentos históricos	FP1	-

Uso de imagens	FP1, FP3	FP1, FP2, FP4, FP6, FP7, FP9, FP10, FP11, FP12
Recursos multimídias (Gifs, animações e vídeos)	FP2	FP2, FP9, FP11
Analogias, metáforas	FP2, FP3	-
Grifos textuais	FP3	-
Contextualização	FP8	-
Poemas, músicas	FP8	-

Fonte: Elaborada pela autora.

O quadro acima refere-se a uma síntese das estratégias didáticas utilizadas pelos participantes para a elaboração do material didático. Durante a análise dos dados verificou-se que as estratégias foram utilizadas tanto de forma adequada quanto inadequada. As análises aprofundadas sobre a utilização das estratégias presentes nos materiais são encontradas abaixo.

O material didático elaborado por FP1, apresenta como uma das estratégias didáticas o uso de experimentos históricos. O participante justifica os motivos que o levaram a apresentar essa estratégia em seu material didático, segundo ele:

*Por que eu os apresento? Porque através dos primeiros dois experimentos é que eles começam a perceber que a luz tinha um comportamento com características ondulatórias. Os três experimentos: Oersted, Ampère, Faraday, eles foram base para a construção da ideia de campo elétrico e campo magnético (FP1, informação oral, grifo nosso).*

Nesse sentido, a utilização de experimentos históricos no ensino, de acordo com Jardim e Guerra (2017), é importante para a tentativa de compreender como a Ciência se constrói. Os autores argumentam que

Quando recorremos à História da Ciência em uma tentativa de se compreender como a Ciência se constrói, podemos perceber que os experimentos ocupam um papel de grande importância nesse processo, sendo tomados, ao longo da história, como símbolos de decisão de controvérsias e avanço científico. Empreendimentos empíricos são tomados, constantemente, como argumento de validação ou refutação de teorias (Galison, 1987). Dessa forma, consideramos que trazer às salas de aulas discussões sobre as ciências, a partir do estudo de experimentos e práticas experimentais desenvolvidas ao longo da história, pode ser um caminho promissor ao ensino de ciências numa abordagem histórica, com vistas a ultrapassar

a visão estruturalista e relativista para o empreendimento científico (p. 246)

Dessa forma, o participante faz o uso dos experimentos históricos relacionados ao tema do material didático, expressando os resultados obtidos por meio dos experimentos realizados e articula a explicação com imagens referentes a esses experimentos, a seguir será apresentado um exemplo sobre isso.

**Figura 12** – A experimentação como estratégia didática no material didático elaborado por FP1



Fonte: Material didático FP1.

Na imagem acima, FP1 destaca um dos experimentos de Faraday. A utilização da imagem ao seu texto complementa a ideia apresentada, uma vez que, o uso da imagem é também uma estratégia de ensino. Conforme apontam Martins, Gouvêia e Piccinini (2005):

Imagens são importantes recursos para a comunicação de ideias científicas. No entanto, além da indiscutível importância como recursos para a visualização, contribuindo para a inteligibilidade de diversos textos científicos, as imagens também desempenham um papel fundamental na constituição das ideias científicas e na sua conceitualização (MARTINS; GOVÊIA; PICCININI, 2005, p. 38).

Ainda de acordo com as autoras, “imagens são mais facilmente lembradas do que suas correspondentes representações verbais” (MARTINS; GOVÊIA; PICCININI, p. 38) o que dialoga com o trabalho de Rego e Gouvêia (2013):

Estudos já indicaram, uma suposição de que as imagens podem auxiliar na compreensão de conceitos físicos, na medida em que os aproximam de situações concretas, permitindo exemplificar a realidade pensada através de elementos e fenômenos da realidade concreta (Fanaro, Otero & Greca, 2005; Jiménez Valladares & Perales Palacios, 2001) (Rego, Gouvêia, 2013, p. 132). Entretanto, sem uma discussão sobre os contextos de validade em que os conceitos científicos podem ser empregados, os modelos criados pela ciência parecem substituir os elementos cotidianos, induzindo-nos a pensar que todo o conhecimento científico parte de uma observação da experiência e que a realidade concreta é totalmente representada e explicada pela realidade pensada. Dessa forma, poderíamos chegar a aceitar a ciência como a única maneira de se conhecer o mundo (REGO; GOUVÊIA, 2013, p.132).

Considerou-se interessante a apresentação desse trecho, para demonstrar alguns riscos da utilização de imagens para o ensino das ciências. Compreende-se que a imagem possui múltiplas interpretações. Dessa forma, é necessário complementá-la para não reforçar uma ideia equivocada sobre a atividade científica, apresentando, de modo implícito, a noção de ciência pronta e acabada, no qual representa inequivocamente os fenômenos naturais. Isso induz o pensamento de ciência imutável, uma vez que se estabeleceu sua imagem “real”.

Feitas essas considerações, pode-se analisar mais adequadamente, a presença das imagens nos materiais didáticos produzidos pelos participantes. Veja o seguinte trecho que complementa a imagem utilizada por FP1:

*[...] onde utilizando limalha de ferro, ele percebeu que o efeito magnético atuava de maneira circular nos arredores de um ímã, ou de um fio pelo qual passasse uma corrente (FP1, informação escrita, grifo nosso).*

Nota-se que a imagem e texto complementam a representação do experimento citado, colaborando e ofertando suporte sobre como seria o efeito magnético produzido nos arredores de um ímã.

No trabalho de FP3, encontra-se também essa característica referente a complementação mútua entre texto e imagem. Veja a seguir:

**Figura 13** – Uso de imagem como estratégia didática no material didático elaborado por FP3



Fonte: Material didático de FP3.

Como complementação a imagem o participante FP3 argumenta:

*Essa imagem eu fiz pelo photoshop, um aplicativo para edição de fotos. Eu criei ela para ilustrar a loucura defendida pelos terraplanistas em considerar a Terra plana. Tive a ideia de colocar a Terra como se fosse uma bola de sorvete derretendo para mostrar a dissolução da ideia da Terra redonda se tornando plana. Essa imagem é para ironizar esse movimento, por isso trouxe o trecho “dramática história da vida de Terra, que chegou à beira da loucura. “Beira” significa as bordas do que seria a Terra plana, e “loucura” mostra que essa ideia é uma loucura. Também “chutar o balde”, é uma menção ao balde de Newton, e “decidiu que seria plana” é negar todo o conhecimento científico para adotar a ideia que quiser (FP3, informação oral, grifo nosso).*

Vemos que a imagem elaborada por FP3, simboliza um movimento de deturpação dos conhecimentos científicos. Dessa forma, considera-se que a utilização da imagem é feita como alerta para identificar a “loucura” da defesa das ideias dos terraplanistas. As três informações: imagética, textual e oral se complementam, na qual faz-se entender as intencionalidades do participante.

Em outro momento, vemos outro tipo de utilização da imagem, feita por FP1. Observe a seguir:

**Figura 14** – Uso de imagem presente no material didático elaborado por FP1



Fonte: Material didático de FP1.

Ao utilizar a figura acima, o participante enfatiza em sua fala que:

*[...] Por exemplo, a importância de como esses conceitos não seguem de forma linear, eles vão evoluindo de formas diferentes e que os trabalhos, eles não são simplesmente... a pessoa teve uma ideia brilhante e sim alguém foi fazendo compilados de vários trabalhos, de vários cientistas. Então, aqui tem essa imagem que mostra que tem as pessoas sobre os ombros umas das outras, como Newton disse que ele elaborou o seu trabalho sobre ombros de gigantes (FP1, informação oral, grifo nosso).*

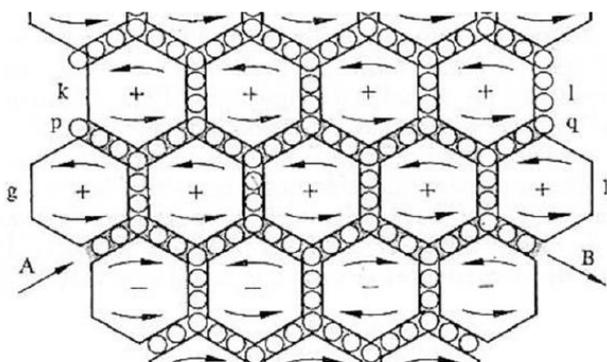
Nota-se que há certa contradição entre a imagem utilizada e a informação oral do participante FP1. Nota-se da fala de FP1 a intenção em romper com a noção de conhecimento linear, no qual o participante cuida em demonstrar o papel e importância de vários cientistas desenvolvendo trabalhos em conjunto. Todavia, a imagem sugere uma visão de linearidade na ciência, sem que houvessem rupturas, afinal a ilustração remonta um cenário de que um cientista seguiu o outro, como se houvesse uma sucessão linear, o que é uma visão inadequada sobre o empreendimento científico.

Portanto, enfatiza-se a importância de um olhar crítico sobre os usos da imagem no ensino, afinal a imagem é a representação de algo e essa representação deve nortear a ideia que se deseja comunicar. A reflexão sobre os limites no uso da imagem, deve levar em conta as analogias presentes na imagem e, conseqüentemente, as interpretações provenientes delas. Uma vez que,

A leitura de imagens é polissêmica, pode adquirir sentidos diferentes para leitores diferentes, ou para um mesmo leitor em momentos distintos, devido às suas experiências anteriores no contato, na percepção do mundo. Da mesma forma que a leitura do texto escrito, ler imagens não se restringe a simples descrição de signos, fazendo-se necessário um aprendizado para sua leitura (REGO; GOUVÊIA; 2013, p. 129).

Outros exemplos, da utilização de imagens, podem ser encontrados nos trabalhos de FP1, FP2, FP4, FP6, FP11 e FP12. Veja a seguir:

**Figura 15** – Uso de imagem presente no material didático elaborado por FP1



Fonte: Material didático de FP1.

*Após observar o trabalho de Faraday com as limalhas de Ferro, Maxwell demonstrou devido interesse em questões relativas às formas como as interações ocorriam e as possibilidades destas interações ocorrerem à distância, sem mediação* (FP1, informação oral, grifo nosso).

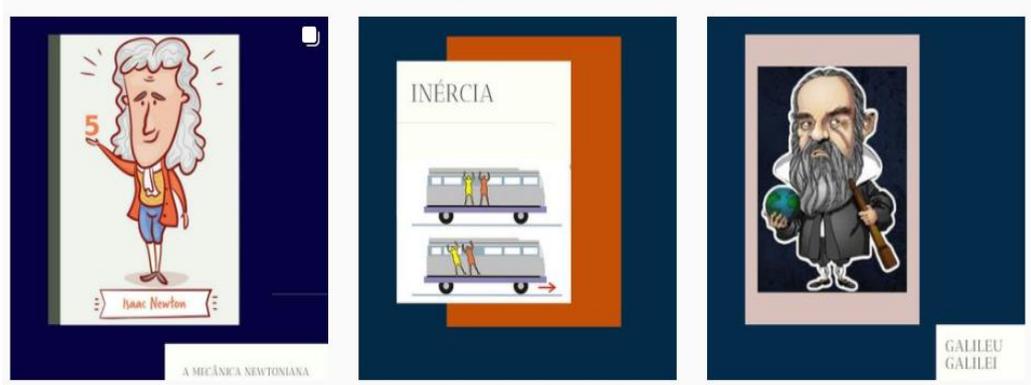
Para discutir sobre esse aspecto, destacamos da apresentação oral de FP1 um trecho no qual o participante explica porque trouxe a imagem acima no trabalho:

*Aqui a gente tem uma imagem, de como... A gente estava discutindo sobre Maxwell, e a ideia dele sobre a propagação do éter. Então eu trouxe aqui mais ou menos a forma como Maxwell pensava sobre campo elétrico e como eram as distorções no éter que ele tinha imaginado* (FP1, informação oral, grifo nosso).

Todavia, o participante não explica o significado da imagem e como ela é complementar ao texto, ou vice e versa. Ainda assim, a imagem utilizada indica o modelo mecânico pensado por Maxwell, no qual defende-se que não há “ação a distância”. Desse modo, a descrição de FP1 sobre a imagem, contradiz a própria representação imagética utilizada por ele.

Enquanto isso, nos materiais de FP4, FP6, FP7, FP10, FP11 e FP12 as imagens utilizadas são meramente ilustrativas e não dialogam com os textos, ou seja, não há uma explicação sobre as imagens utilizadas e também não há uma justificativa para usá-las no material. Abaixo encontram-se alguns exemplos desses trabalhos.

**Figura 16** – Utilização de ilustrações no material didático elaborado por FP4



Fonte: Material Didático FP4.

**Figura 17** – Utilização de ilustrações no material didático elaborado por FP10



Fonte: Material didático de FP10.

**Figura 18** – Utilização de imagens no material didático elaborado por F12



## **TEORIA CORPUSCULAR**

Newton foi um dos maiores estudiosos já conhecido, não só em sua época, mas até os dias de hoje. Seus trabalhos revolucionaram o modo como a física era vista e são majoritariamente voltados para a óptica e para o estudo dos corpos celestes.

Na óptica, Newton acreditava que os raios de luz eram formados por pequenas partículas, chamadas de corpúsculos. Essas partículas seriam responsáveis pela formação das cores e pelos fenômenos de reflexão e refração da luz.

IDADE MODERNA

Fonte: Material didático de FP12

Esses são exemplos de como as imagens aparecem nos materiais didáticos dos participantes citados acima. Nota-se que a imagem é utilizada para ornamentar o texto, uma vez que são puras ilustrações estéticas. Dessa forma, fica a cargo do leitor realizar suas pausas para refletir sobre os significados das imagens. Conforme apontado por Rego e Gouvêia (2013),

Nas imagens que acompanham o texto escrito, podemos considerar a ilustração como uma forma de comunicação estética e que, durante uma leitura, permite pausa para reflexões. A ilustração como representação de uma ideia pode ser fiel ao texto ou o texto pode esclarecê-la; pode ir além do texto ou simplesmente ornamentar o texto (p. 129).

Entende-se que há certos riscos em apresentar uma imagem sem explicar o seu contexto. Por exemplo, os materiais didáticos desses participantes contêm imagens de diversos cientistas, ou filósofos naturais. Essas imagens remontam um cenário de ciência elaborada, majoritariamente, por personagens homens, brancos e mais velhos, que podem ser consideradas como o retrato de uma ciência elaborada apenas por esses estereótipos. Isso pode reforçar visões inadequadas sobre o fazer científico. Por outro lado, pode-se encarar essas imagens como uma tentativa de humanizar o conhecimento científico, identificando os personagens da narrativa histórica.

Feitas essas considerações, enfatiza-se que toda imagem é carregada de sentido, ou seja, ensinam algo. Quando não se explicita as intencionalidades do uso das imagens, interpretações múltiplas podem surgir, dependendo das experiências de vida do leitor. Devido aos riscos provenientes dessas interpretações pessoais, considera-se que esse tipo de utilização da imagem é inadequado, pois podem gerar compreensões pouco informadas sobre a ciência pelos leitores do trabalho.

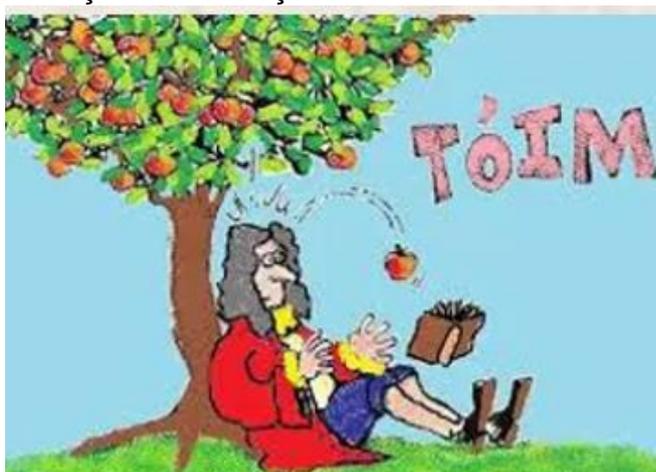
As imagens utilizadas no material produzido por FP2 e FP11, são ainda mais problemáticas. Veja a seguir:

**Figura 19** – Utilização de ilustrações no material didático elaborado por FP11



Fonte: Material Didático FP11.

**Figura 20** – Utilização de ilustrações no material didático elaborado por FP2



Fonte: Material didático de FP2.

As imagens utilizadas por FP11, retratam um possível experimento realizado por Benjamin Franklin, entretanto não há qualquer menção as problemáticas envolvidas no estudo, muito menos de suas as implicações e limites experimentais. As imagens utilizadas, comunicam-se com o seguinte trecho:

*Iniciando sua pesquisa sobre estática, Benjamin Franklin deu início a vários experimentos científicos para que comprovasse suas teorias sobre eletricidade. Seu estudo mais famoso depois do descobrimento da energia foi quando descobriu as cargas positivas e negativas em raios e como estes fenômenos tinham sua origem elétrica. Foi em 1752, empinando uma pipa em meio a uma tempestade de raios, que Benjamin Franklin resolveu fazer seu experimento e provar que raios é apenas uma corrente elétrica de grandes proporções. A pipa era comum, feita de seda presa em uma linha que possuía uma chave de metal amarrada em sua extremidade final. "Todos os seus documentos e escritos citam os perigos da experiência e sua consciência dos riscos, o que leva a crer que Benjamin Franklin não o fizera exatamente como descreveu, pois teria sido fatal para o inventor." (FP11, informação escrita, grifo nosso).*

O trecho é bastante problemático, ao que se refere aos processos da ciência. Como comentado no capítulo anterior, sobre as ideias pouco informadas da atividade científica, que denominamos visões inadequadas da NdC, o trecho elaborado pelo participante, reforça muitas dessas visões. Como a concepção empirista, aproblemática, anacrônica, no qual o cientista é representado como genial e solitário e, além disso, existem erros sobre o episódio histórico, afinal que energia foi descoberta por Franklin? Faltam explicações. Dessa maneira, o texto é bastante simplista e não nos informa mais detalhes sobre esse episódio.

Essa visão distorcida sobre a atividade científica também é reforçada pela imagem utilizada por FP2. O trecho que acompanha a imagem já foi relatado no capítulo anterior, entretanto torna-se necessário à sua repetição. Leia a descrição da imagem a seguir:

*Como conta a história, Newton sentado debaixo de uma macieira a ler um livro, de repente uma maçã cai ao seu lado. Ele olha para cima para ver de onde aquela maçã teria caído e ao fundo observa a Lua esbranquiçada ao fundo a luz do dia, e se pergunta: "Se as maçãs caem, a Lua também cai?"* (FP2, informação escrita, grifo nosso).

A descrição, trata-se de uma história anedótica, amplamente criticada por historiadores da ciência e pesquisadores da área do ensino. Como afirma, Martins (2000)

Infelizmente, a "moral da história" que será captada pelos estudantes que ouvirem a anedota da maçã de Newton (em suas versões mais comuns) é completamente falsa. As mensagens acima descritas representam uma distorção completa da real natureza da ciência. Os professores que contam essa anedota (e outras semelhantes, como a de Arquimedes e a coroa do rei Heron) e que transmitem aos seus alunos tal visão sobre o trabalho científico estão prestando um desserviço à educação (MARTINS, 2000, p. 186).

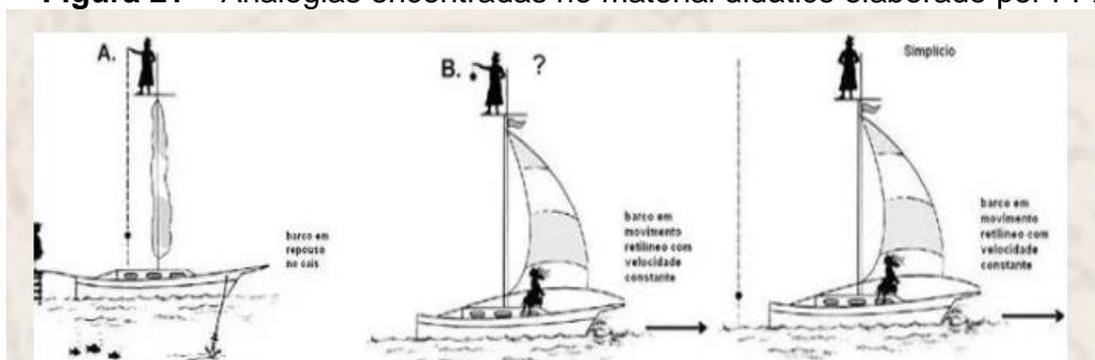
Portanto, trata-se de uma má utilização do uso de imagem no material didático, associada à História da Ciência.

Além dessas estratégias de ensino, outros métodos foram utilizados nos materiais didáticos produzidos por de FP1, FP2, FP3, FP8, FP9, FP11. Como a utilização de analogias e metáforas, no caso de FP1, FP2 e FP3. Gifs e vídeos em FP2, FP9 e FP11, grifos textuais, em FP3 e contextualização, músicas e poemas em FP8.

As figuras e trechos destacados abaixo demonstram momentos nos quais os participantes utilizam de analogias e metáforas para ensinar um conteúdo específico de física. Observe a seguir

O barco na analogia de Simplicio representa a Terra, a esfera e todos os demais corpos na superfície da Terra. Sabemos que pela nossa experiência se jogarmos uma chave para cima em um ônibus em movimento e ao tentar pegá-la ela não desviará da nossa mão e sim cairá exatamente de onde foi lançada, Salviati através de argumentos e analogias contrapostas às de Simplicio tenta fazer essas "correções", é através desse diálogo que Galileu se empenhou em entender quais eram as relações do movimento de queda dos corpos, mas de uma forma mais sistemática que a de Aristóteles (FP2, informação escrita, grifo nosso).

**Figura 21** – Analogias encontradas no material didático elaborado por FP2



Fonte: Material Didático FP2

A respeito a esse fragmento, FP2 destaca que:

*Eu expliquei o diálogo que ele fez tentando explicar o movimento dos corpos. Misturando a ideia de Aristóteles com a ideia que ele queria propor. Aqui tem o experimento do barco, eu fui desenvolvendo essa parte tentando achar uma relação matemática para tentar descobrir o que definia a aceleração dos corpos. Eu coloquei animações e vídeos aqui. O vídeo explica certinho os experimentos que ele fez, tá? (FP2, informação oral, grifo nosso).*

Pode-se verificar que a figura se configura como uma estratégia didática por exemplificar o trecho referente à analogia feita por Simplicio, conforme indicado pelo participante. Além disso, FP2 utiliza outras estratégias para o ensino desse conteúdo, como animações e vídeos. A respeito da utilização dessas estratégias, a fala inicial de FP2 a seguir, é pertinente:

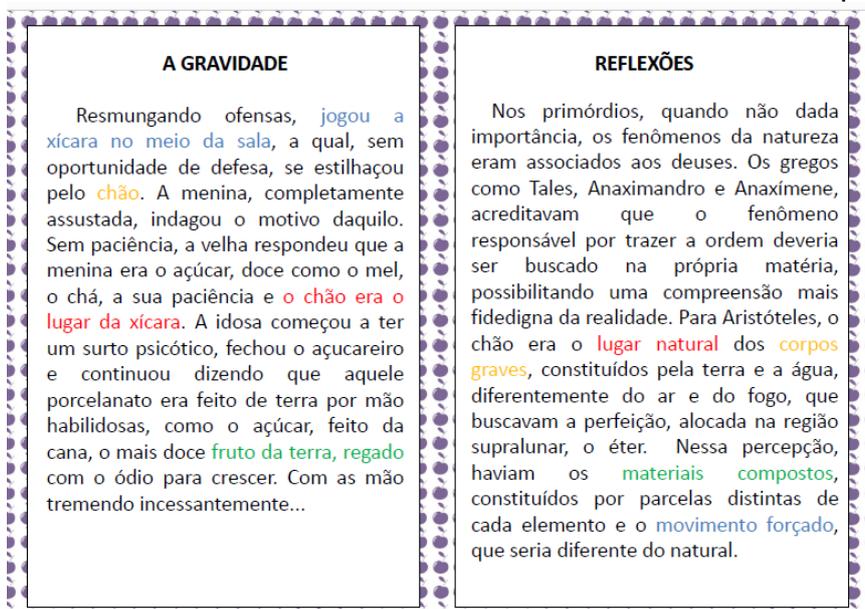
*Bom, a minha ferramenta para apresentar o trabalho foi a construção de um site. Eu comecei a construir o trabalho pensando numa forma fácil para entender o conceito, com bastante animação, com bastante informação visual (FP2, informação oral, grifo nosso).*

De acordo com o participante, animações e informações visuais são importantes para que se possa entender um conceito de forma mais fácil.

Com relação ao trabalho elaborado por FP3, o participante utiliza de uma metáfora para a criação do seu material didático. Uma breve apresentação do trabalho é apresentada abaixo:

*Então, tem uma menina que chama Terra. Ela vive numa sociedade distópica. A ideia de se tornar plana quer dizer que pra ela tentar se adequar nessa, nesse... aos rumos que a sociedade está tomando, ela chega ao ponto de que... Ela entende que ela deve ser planificada, deve se tornar superficial tal como as outras pessoas, pra ela se enquadrar aos padrões. Só que ela entra em conflito e diversas coisas vão acontecer e ela vai sair numa jornada para buscar argumentos para dar subsídios as discussões científicas pra provar que a Terra não seria plana. Aí, ela vai se tornar uma pessoa melhor, e paralelo a isso eu vou trazendo discussões que vão argumentando é... sobre os fenômenos (FP3, informação oral, grifo nosso).*

**Figura 22 – O uso de metáforas no material didático elaborado por FP3**



Fonte: Material didático de FP3.

Considerou-se que a utilização do trabalho metafórico desenvolvido pelo participante, constituiu, também, uma forma de analogia, visto que:

Duas distinções essenciais, que também dizem respeito ao mapeamento, podem ser feitas entre as analogias e as metáforas: enquanto nas analogias existe uma identidade entre os elementos nos diferentes domínios e as relações entre eles são *explicitamente* mapeadas, nas metáforas a comparação é *implícita* e os atributos e relações não são coincidentes nos dois domínios [...]. Refletindo sobre a importância que as conexões entre o análogo e o alvo assumem no uso eficiente de uma comparação no ensino de Ciências, o uso de metáforas nesse contexto se mostra limitado, a menos que seus

aspectos relacionais implícitos, quando existentes, sejam explicitados. Neste caso, porém, metáforas se convertem em analogias (MOZZER; JUSTI, 2015, p.132).

Nesse sentido, como o material elaborado possui a apresentação da história metafórica e a reflexão que traduz o seu real significado, de acordo com o conteúdo estudado, entende-se que o trabalho metafórico se converte em analogias, visto a explicitação dos aspectos metafóricos na narrativa.

Observe, também, que FP3 utiliza de grifos coloridos para agrupar as palavras-chaves ao seu signo. Essa estratégia permite compreender a relação da metáfora e o conteúdo, facilitando a compreensão do mesmo.

Já os participantes FP2, FP9, FP11, utilizam como estratégia didática o uso de vídeos<sup>5</sup> para contextualizar e complementar o conteúdo de estudo. Entretanto, como os participantes não exploraram o conteúdo midiático reproduzido nos vídeos no material didático, não é possível discutir os elementos e intencionalidades dos participantes referentes as informações que aparecem nos vídeos.

Nesse sentido, alerta-se que há certos riscos ao utilizar a estratégia didática referentes a recursos multimídias sem realizar reflexões acerca do conteúdo encontrados neles. De acordo com Rosa (2000), “qualquer recurso audiovisual coloca o aluno como um receptor da mensagem que o autor da obra deseja transmitir” (p. 35), em complemento o autor argumenta que

---

<sup>5</sup> <https://youtu.be/E43-CfukEgs> O vídeo refere-se a demonstração do experimento de queda livre, efetuado na câmara de vácuo da NASA.

<https://youtu.be/IfL6tXOIfRc> Esse vídeo trata-se de um documentário que aborda as compreensões sobre o conceito de gravidade.

[https://youtu.be/r7-cy\\_EuYpc](https://youtu.be/r7-cy_EuYpc) Nesse vídeo encontramos a explicação sobre as quatro forças fundamentais no universo.

<https://youtu.be/Nqi-bM90vfg> O vídeo discute o modelo padrão da física de partículas.

<https://youtu.be/ePlcjVyoQ1g> O conteúdo do vídeo explica o conceito de energia.

<https://youtu.be/2VFbMTTAZbw> O conteúdo do vídeo explica o conceito de massa.

[https://youtu.be/nyS\\_fYNdL9o](https://youtu.be/nyS_fYNdL9o) O vídeo fala sobre a velocidade da luz.

<https://youtu.be/mQHdYtsBz7c> O vídeo refere-se a tópicos gerais sobre relatividade.

<https://youtu.be/t5m-9vjCe1g> Esse é um documentário que aborda temas de eletricidade.

É apenas na aula de Ciências que o aluno tem condições de trabalhar estas abstrações de forma articulada e coerente de forma a construir os conceitos necessários à compreensão da realidade científica. Um filme, um slide ou um recurso multimídia não podem ser vistos como uma fonte única de conhecimento científico. Ciência é feita, antes de tudo, com o trabalho reflexivo sobre o material proveniente de inúmeras fontes e articulado pelos mecanismos de organização conceitual presentes na mente do aprendiz (ROSA, 2000, p. 37).

Assim, é papel do professor trabalhar o conteúdo reproduzido nesses recursos multimídias, elaborando e sugerindo reflexões acerca do tema de trabalho com os alunos, inclusive para evitar compreensões distorcidas e pouco informadas, a fim de romper com o enraizamento de ideias inadequadas, inclusive sobre os aspectos da Natureza da Ciência.

Com o objetivo de exemplificar a forma como os recursos de vídeos foram explorados pelos participantes, abaixo serão apresentadas imagens referentes a intervalos dos vídeos.

**Figura 23** – O uso de vídeos no material didático elaborado por FP2



Fonte: Material didático de FP2.

**Figura 24** – O uso de vídeos no material didático elaborado por FP2



Fonte: Material didático de FP2.

**Figura 25** – O uso de vídeos no material didático elaborado por FP9



Fonte: Material didático de FP9.

**Figura 26** – O uso de vídeos no material didático elaborado por FP11



Fonte: Material didático de FP11.

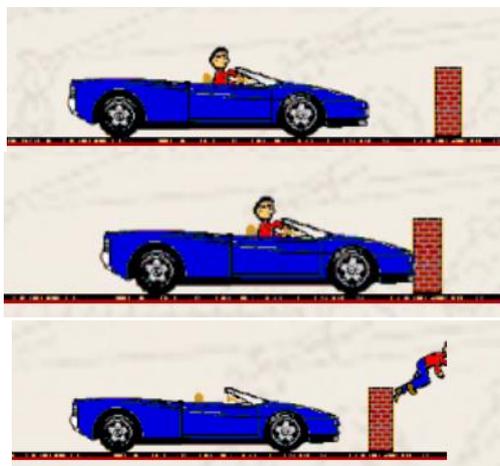
Com relação aos vídeos indicados pelos participantes da pesquisa pode-se identificar diversos momentos nos quais são apresentadas questões equivocadas sobre a NdC. Assim, foi possível encontrar falas nas quais reforçam o mito de um único método científico. O cientista foi representado, em muitas situações, de formas bem caricatas, como um ser genial, solitário e que nunca comete erros. Não há menção ao papel da comunidade científica e, ainda, os vídeos enfatizam o papel da observação e experimentação para a comprovação da ciência.

A ausência de diálogo entre o material didático e o conteúdo reproduzido nos vídeos, reforçam diversos mitos relacionados ao empreendimento científico. Muitos deles já foram relatados no capítulo anterior, sobre a análise dos aspectos da NdC que apareciam explicitamente nos materiais elaborados.

Contudo, compreende-se que esse fator revela falta de apropriação adequada do conhecimento de estratégias específicas do ensino de Física, uma vez que, os participantes isentaram-se de suas reflexões sobre os materiais, sendo assim, não é possível identificar as intencionalidades dos participantes com relação a exposição e indicação dos vídeos. Por um lado, poderíamos admitir que os participantes concordam com os conteúdos apresentados. Por outro, pode-se assumir que os participantes possuem dificuldades em organizar seus conhecimentos para o ensino do conteúdo de física, o que explica a falta de reflexão sobre o conteúdo disponibilizados pelos vídeos de terceiros.

No que diz respeito à utilização de *gifs*/animações, encontra-se um bom uso deles no trabalho de FP2. Veja os *printscreens* referentes a momentos da animação, abaixo:

**Figura 27** – O uso de animação no material didático elaborado por FP2



Fonte: Material didático de FP2.

A animação é precedida pelo seguinte trecho:

*A primeira lei de Newton conhecida como “Lei da Inércia”[...] diz que: “Um corpo tende a permanecer em repouso ou movimento retilíneo uniforme, caso não haja alguma força externa atuando sobre o corpo”. Em outras palavras, o corpo continuará seu movimento ou o repouso até que algo o tire desse estado (FP2, informação escrita, grifo nosso).*

Dessa forma, a animação é utilizada para exemplificar o conteúdo do enunciado. Portanto, se configura uma boa estratégia adotada na elaboração do material didático, visto que ela dialoga com o texto e ajuda a compreender o conceito em questão.

Em relação ao material didático de FP8, o participante utilizou recursos como músicas, poema e contextualização do conceito explorado por ela. Desse modo, o material didático explora situações cotidianas e dialoga com a construção do conceito físico. Abaixo encontram-se exemplos disso.

*E mesmo eu trazendo aqui diversos tipos de contextualização da palavra tempo, não é tão simples, de cara, a gente responder o que é o tempo. Então eu vou trazer aqui, um pouquinho do que foi estudado, o que foi definido sobre o tempo ao longo da história para ajudar na compreensão do conceito de tempo (FP8, informação oral, grifo nosso).*

*Uma das medidas muito utilizadas na física é o tempo. Mas você já parou para pensar e se questionar sobre o que é o tempo? Ou então, quanto vale o agora? Para começar, primeiro, eu quero contextualizar*

o uso dessa palavra tempo no dia a dia, não só na física, mas no contexto geral (FP8, informação oral, grifo nosso).

Vemos uma estratégia didática relacionada a contextualização do conceito físico, feita pelo participante FP8. De acordo com Kato (2007) “o termo ‘contextualização’ é uma derivação do termo ‘contexto’ que vem do latim *contextu* e pode ser entendido por um encadeamento de ideias de um texto, ou seja, a forma como estão ligadas entre si as diferentes partes de um todo organizado” (p. 2). Dessa forma, ao relacionar o cotidiano aos conteúdos estudados deve-se compreender que

[...] não significa banalizar o conhecimento das disciplinas, mas criar condições para que os alunos (re) experimentem os eventos da vida real e, a partir dessas experiências, compreendam o conhecimento científico. [...] o tratamento contextualizado do conhecimento é o recurso que a escola tem para retirar o aluno da condição de espectador passivo e dessa forma estimulá-lo a “fazer” e “a recriar” através da invenção ou reconstrução de contextos que levam a compreensão do conhecimento. Portanto, [...] identifica-se outra perspectiva para a ideia de CONTEXT, a da inserção dos conteúdos escolares, das teorias científicas em um todo de vivências do aluno, o seu cotidiano. Nesta concepção, a ‘parte’ seria o conteúdo escolar da disciplina (KATO, 2007, p. 29-30).

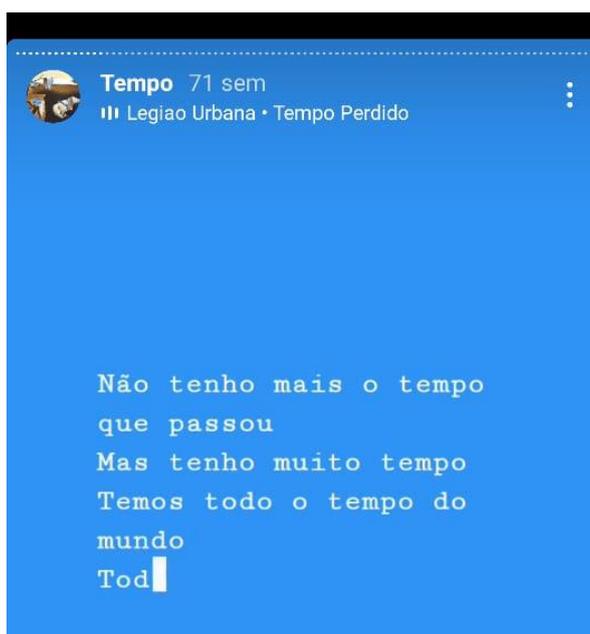
Dessa forma, para contextualizar o conceito físico “tempo”, FP8 sugere diversos momentos para reflexão sobre o uso da palavra tempo no dia a dia, utilizando poemas e músicas. Abaixo são exemplificados esses momentos que relacionam o conceito físico ao cotidiano.

*Para entender o valor de um ano:  
Pergunte a um estudante que não passou nos exames finais;  
Para entender o valor de um mês:  
Pergunte a mãe que teve um filho prematuro;  
Para entender o valor de uma semana:  
Pergunte ao editor de uma revista semanal;  
Para entender o valor de uma hora:  
Pergunte aos apaixonados que estão esperando o momento do encontro;  
Para entender o valor do minuto:  
Pergunte a uma pessoa que perdeu o avião, o trem, ou o ônibus;  
Para entender o valor de um segundo:  
Pergunte a uma pessoa que sobreviveu a um acidente;  
Para entender o valor de um milissegundo:  
Pergunte a uma pessoa que ganhou a medalha de prata nas olimpíadas;  
O tempo não espera por ninguém.  
Valorize cada momento de sua<sup>6</sup> vida (FP8, informação oral).*

---

<sup>6</sup> O poema não tem autoria identificada.

**Figura 28** – O uso de músicas no material didático elaborado por FP8



Fonte: Material didático de FP8.

Esse tipo de estratégia didática é bem interessante, visto que se pode, através da interdisciplinaridade em sala de aula, mostrar que a Física também dialoga com outras formas culturais, presentes no dia a dia. Nas palavras de Zanetic (1989), física também é cultura. Logo as relações entre ciência, literatura, música e arte tornam mais interessantes as interações entre ambas, pois afinal “existem relações profundas entre Ciência, cultura e arte no processo de criação humana” (MOREIRA, 2002, p. 17). Assim, pontuamos: o que seria a ciência se não mais uma forma, entre tantas outras formas, de conhecimento humano? Para complementar essa posição aqui defendida, apresenta-se o argumento de Moreira (2002), no qual diz:

Ciência e poesia pertencem à mesma busca imaginativa humana, embora ligadas a domínios diferentes de conhecimento e valor. A visão poética cresce da intuição criativa, da experiência humana singular e do conhecimento do poeta. A Ciência gira em torno do fazer concreto, da construção de imagens comuns, da experiência compartilhada e da edificação do conhecimento coletivo sobre o mundo circundante. Tem como vínculo restritivo, ao contrário da poesia, o representar adequadamente o comportamento material; tem, mais profundamente que a leitura poética do mundo, a capacidade de permitir a previsão e a transformação direta do entorno material. As aproximações entre Ciência e poesia revelam-se, no entanto, muito ricas, se olhadas dentro de um mesmo sentimento do mundo. A criatividade e a imaginação são o húmus comum de que se nutrem (MOREIRA, 2002, p. 17).

Para além do exposto, faz-se necessário destacar a pluralidade na escolha dos recursos utilizados para elaboração dos materiais didáticos, dos quais se utilizou plataformas como: *instagram*, *slides*, *sites*, aplicativos para *smartphones*, *PDF*, *Word* e vídeos no *YouTube*.

Para que sejam possíveis os diálogos entre conteúdo e as estratégias didáticas adotadas de forma eficaz, o professor deve possuir os conhecimentos referentes ao currículo de Física e seu nível de instrução. Dessa forma, o próximo item a ser analisado discorre sobre os “conhecimentos do currículo de Física”, expresso pelos participantes da pesquisa e sua adequação ao nível de ensino.

#### 4.2.2 Conhecimento do currículo de Física

Observamos, primordialmente, a presença de elementos dos subdomínios relacionados ao conhecimento de currículo nas citações dos conteúdos específicos. Os momentos de expressão desses elementos ocorrem na medida em que, ao descreverem os conteúdos de física – ou o conteúdo científico - relacionados ao caso histórico, os licenciandos o fazem a partir de uma perspectiva do Ensino Médio, ou seja, escolhem uma abordagem de conteúdos próxima daquela posta nos currículos da Educação Básica. Relativo a esta categoria, os trechos dos trabalhos dos participantes FP1, FP2, FP5, FP9 e FP11, expressam esse tipo de conhecimento. Os dados obtidos por meio dos materiais didáticos e exposição oral são apresentados abaixo.

*Para finalizar esta seção é interessante trazer o princípio da relatividade de Galileu: "se as leis da mecânica são válidas num dado referencial, então são também válidas em qualquer referencial que se mova com velocidade retilínea e uniforme em relação ao primeiro" (FP1, informação escrita, grifo nosso).*

*Acho que nessa sessão, a principal parte, a principal definição, seria que durante o trabalho de Newton o que seria mais importante para o conceito de relatividade, é que ele faz as definições de tempo absoluto, espaço absoluto dentro do seu trabalho (FP1, informação oral, grifo nosso).*

*Quando trata-se dos trabalhos de Sir Isaac Newton a primeira recordação que temos é de suas três leis, mas neste trabalho estou interessado verdadeiramente em outras duas definições presentes em sua maior obra, o Principia:*

I. O tempo absoluto, verdadeiro e matemático flui sempre igual por si mesmo e por sua natureza, sem relação com qualquer coisa externa, chamando-se com outro nome “duração”

II. O espaço absoluto, por sua natureza, sem nenhuma relação com algo externo, permanece sempre semelhante e imóvel (FP1, informação escrita, grifo nosso).

Nota-se por meio desses trechos que o participante faz citações de trabalhos como de Galileu Galilei e Isaac Newton. Embora não apresente a fonte de onde retirou a informação, pode-se perceber que elas possuem uma estruturação curricular, no qual ambos tratam de aspectos, que segundo o participante são os principais para o entendimento sobre o conceito de relatividade.

Entretanto, ao longo da leitura do material didático elaborado, o participante apresenta uma formulação matemática complexa para a Educação Básica. Observe:

Através desta nova formulação, Maxwell foi capaz de unificar os fenômenos observados nos experimentos de Oersted, Ampère, Faraday e Gauss, em quatro equações e então estabelecendo a fundação do eletromagnetismo como conhecemos hoje.

**Figura 29** – Formulações apresentadas no material didático de FP1

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = q / \epsilon_0$$

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$$

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = -d\Phi_E / dt$$

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = \mu_0 i + \mu_0 \epsilon_0 d\Phi_E / dt$$

Fonte: Material didático de FP1.

Quando Maxwell escreveu suas equações, ele percebeu a existência de uma onda eletromagnética e ele achou a velocidade da luz. Ele achou a velocidade dessa onda eletromagnética (FP1, informação oral, grifo nosso).

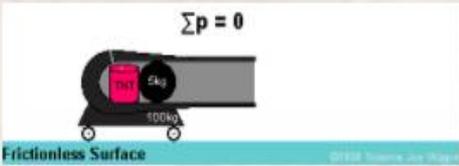
FP1 não explica como essas equações possibilitaram Maxwell a perceber a existência da onda eletromagnética e também não argumenta sobre o significado dessas formulações. Apresenta-as, apenas, de forma ilustrativa, o que dificulta o entendimento sobre o real significado delas para a compreensão

da natureza da luz como onda eletromagnética. No mesmo sentido, ainda há inadequação da formulação para o ensino básico, uma vez que os estudantes desse nível, não compreendem o significado de integrais e derivadas, uma vez que este é visto apenas no ensino superior, nas disciplinas de cálculo e, especificamente na disciplina de eletromagnetismo.

Com relação a FP2, FP9 e FP11, verifica-se que os participantes se atentaram a essa questão para a elaboração de seus trabalhos. É possível observar que os participantes, ao introduzir a equação, fornecem a explicação prévia sobre o que ela significa, e no caso de FP2, o participante ainda utiliza animações condizentes com a descrição fornecida para facilitar o entendimento de tais conteúdos. Veja:

**Figura 30** – Conhecimento do currículo de física no material didático elaborado por FP2

A terceira lei conhecida como "Ação e Reação", é a relação que nos estabelece que a mesma força aplicada a um corpo, será a mesma força reativa do objeto contra essa força aplicada, de mesma intensidade mas sentido contrário. Ou seja, uma pedra segurada em mãos, ela exerce uma força para baixo, que sentimos como "peso" mas nossas mão ao queremos manter o equilíbrio também deverá exercer a mesma força que a pedra, do contrário não se terá equilíbrio, ou o bater em uma parede, a força que se aplica na parede é o mesmo que a parede aplica em que bate nela.



$$\Sigma p = 0$$

$$F_{12} = -F_{21}$$

E finalmente a lei no qual Newton consegue descrever matematicamente os problema que os outros astrónomos estavam procurando na época, que descreve perfeitamente o porque os planetas e vários outros corpos celestes descrevem órbitas elípticas em torno do Sol, chamada de Lei da Gravitação Universal:

$$F_G = -\frac{GMm}{d^2}$$

Fonte: Material Didático de FP2.

*O cientista francês deu importante contribuição para o estudo da eletricidade. As experiências realizadas por Coulomb sobre os efeitos de atração e repulsão de duas cargas elétricas permitiram-lhe verificar que a lei da atração universal de Newton também se aplicava à eletricidade. Estabeleceu então que as leis das atrações elétricas são diretamente proporcionais às cargas e inversamente proporcionais ao quadrado da distância que as separa. Analiticamente, é expressa a seguir:  $F = \frac{K \cdot |Q1| \cdot |Q2|}{d^2}$  (FP11, informação escrita, grifo nosso).*

*As leis de Newton são colocadas no Principia como axiomas, da mesma importância em que os axiomas euclidianos foram para sua obra. A partir disso é formado um verdadeiro sistema, o primeiro após o sistema de Aristóteles. A partir das Leis e de teoremas, Newton*

*consegue explicar quantitativamente inúmeras situações mecânicas da natureza. Newton formula também a Lei da Gravitação Universal que descreve a atração entre dois (ou mais) corpos com intensidade proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado das suas distâncias. Isso explica quantitativamente o peso de um objeto, ou seja, a sua atração pela Terra é proporcional à sua massa (FP9, informação escrita, grifo nosso).*

Note que as disposições dos fragmentos se encontram em consonância com o atual currículo de física e dos demais materiais didáticos que compõem o currículo escolar. Por exemplo, ao consultarmos a BNCC, a respeito desse conteúdo, verifica-se sua presença habilidades concernentes a ele, como as destacadas a seguir:

**(EM13CNT201)** Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.

**(EM13CNT204)** Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros). (BRASIL, 2018, p. 557).

Outro fator importante com relação a subcategoria “conhecimento do currículo” é mencionado no trabalho de FP9, veja a seguir:

*Porém a massa da segunda Lei, não é a mesma massa da Lei da Gravitação Universal. A primeira seria chamada de “massa inercial” e acarretaria na medida da inércia de um corpo, enquanto, a segunda é conhecida como “massa gravitacional”. Essa diferenciação é necessária para explicar porque os corpos caem a mesma velocidade, se possuem massas distintas. Objetos em queda livre “sentem” uma força de atração pela Terra, definida então como peso, que é proporcional à sua massa gravitacional, segundo a Lei da Gravitação Universal, mas são acelerados por ela em razão inversa da sua massa inercial, segunda a 2ª Lei. Dessa forma, objetos “mais pesados” sofrem a ação de uma força maior, mas apresentam maior dificuldade em serem acelerados devido à maior massa inercial. Exatamente juntos, se as duas massas, gravitacional e inercial, equivalerem exatamente. O problema da queda dos corpos que desafiou as mentes mais capazes durante séculos foi então resolvido graças à distinção entre a massa e o peso (FP9, informação escrita, grifo nosso).*

O trecho relaciona duas grandezas físicas, massa inercial e massa gravitacional para explicar a distinção entre massa e peso. De acordo com o autor, ambos conceitos são distintos, o primeiro está ligado a Segunda Lei de Newton e o segundo à Lei da Gravitação Universal. É possível verificar um domínio do conhecimento curricular a essa articulação, pois para definir essas diferenças e, conseqüentemente, compreender o problema da queda dos

corpos, o participante recorreu a utilização de outros conhecimentos de conteúdo para dialogar e explicitar essa distinção. Ou seja, para explicar as diferenças entre massa e peso, o participante recorreu a outros conhecimentos como: aceleração, velocidade, lei da gravitação universal. Tais conhecimentos estão dispostos no currículo de física, assim conclui-se que o participante demonstra, nessa situação, o conhecimento curricular necessário.

O mesmo pode ser observado no trabalho de FP5, exposto abaixo.

*Joseph Black, por volta de 1760, distanciou-se dos seus trabalhos no âmbito da química e dedicou-se a estudar o calor, tema que o fascinava. Sempre utilizando o seu método de rigorosas medições, realizou ensaios estudando a transição entre os estados líquido e sólido que o levaram à definição de calor latente (1761). Fato igualmente importante foi Black ter feito uma distinção crucial entre os conceitos de calor e temperatura. Todavia é-lhe atribuída a sugestão da hipótese do calórico para explicar os fenômenos caloríficos. Deste modo cada corpo possuía o referido calórico que quando fluía para fora do mesmo fazia sentir esse fato pelo abaixamento da temperatura, e vice-versa (FP5, informação escrita, grifo nosso).*

Esse aspecto é importante de ser verificado quando da formação dos licenciandos, uma vez que pode representar a forma como os licenciandos optam por representar os conteúdos, ou seja, quando os licenciandos expressam os conhecimentos de física, o fazem em uma linguagem e nível de dificuldade próprio daquele presente nos currículos da Educação Básica. Esse aspecto sobre a importância da demonstração de conhecimento do currículo é ressaltado por Nurulsari e colaboradores (2019), quando estuda o processo de formação de professores de física voltado para o desenvolvimento dos PCK.

Primeiramente, analisamos o documento do plano de aula para identificar o conhecimento que os PPTs (sigla em inglês para designar prática de formação de professores) tinham sobre o currículo (conhecimento do currículo). Isso se refletiu na formulação de indicadores de cumprimento de competências e objetivos de aprendizagem que se originam da formulação de competências básicas definidas pelo Governo. (NURULSARI et al., 2019, p. 8).

Assim, com base nos conhecimentos do currículo expressos pelos licenciandos, é possível inferir que a produção do material didático permitiu que uma parte dos licenciandos manifestassem conhecimentos acerca das formas como expressar os conteúdos em uma perspectiva da educação básica.

### 4.2.3 Conhecimento das concepções e dificuldades dos alunos sobre os tópicos de Física

As concepções e dificuldades que os estudantes podem apresentar durante a aprendizagem de determinada ideia física, é um importante subdomínio dos PCK e que foi encontrado em alguns momentos nos trabalhos analisados. Nos trechos a seguir, foi possível identificar esse subdomínio em FP1, FP8 e FP9. A maioria dos excertos que representam esse subdomínio foram obtidos por meio das gravações das apresentações dos licenciandos, uma vez que nesse espaço era possível justificar ou explicar as escolhas feitas durante a produção dos materiais didáticos:

*Eu começo falando sobre o movimento de Aristóteles, porque para explicar o conceito de relatividade, mesmo que hoje em dia ele tenha uma matemática muito complexa, a ideia básica é baseada na questão de que o tempo e o espaço... o tempo era relativo dependendo do seu movimento, dependendo do quanto você se move, então não teria como chegar nesse conceito sem primeiro saber o que era tempo, espaço, e o que era movimento (FP1, informação oral, grifo nosso).*

*E mesmo eu trazendo aqui diversos tipos de contextualização da palavra tempo, não é tão simples, de cara, a gente responder o que é o tempo. Então eu vou trazer aqui, um pouquinho do que foi estudado, o que foi definido sobre o tempo ao longo da história pra ajudar na compreensão do conceito de tempo (FP8, informação oral, grifo nosso).*

*Eu dividi o conceito de massa em uma introdução, para mostrar a dificuldade em explicar esse conceito, porque massa é um conceito amplo e é utilizada, em muitos casos, de forma equivocada no dia a dia. Aí aqui tem as primeiras concepções sobre a massa e peso, a distinção entre a massa e o peso, a distinção da massa na mecânica de newton e massa relativística e aqui eu coloquei, mais pra abordar a contemporaneidade do conceito de massa, um artigo que fala do princípio da massa... a origem da massa, que fala sobre o bóson de Higgs (FP9, informação oral, grifo nosso).*

*Bom, a minha ferramenta para apresentar o trabalho foi a construção de um site. Eu comecei a construir o trabalho pensando numa forma fácil para entender o conceito, com bastante animação, com bastante informação visual (FP2, informação oral, grifo nosso).*

As informações orais transcritas acima, nos mostram que os participantes manifestam conhecimentos relativos às concepções das dificuldades dos alunos, quando enfatizam que o conceito é complexo, ou possui uma matemática complexa, ou não é tão simples, sendo um conceito muito amplo, dificultando o entendimento sobre ele, ou ainda, quando enfatizam a necessidade de diversas estratégias didáticas para apoiá-los no processo de ensino-aprendizagem.

Visto que são poucos os momentos nos quais esse subdomínio é expresso, cabe refletir sobre as principais dificuldades que são inerentes à construção dos PCK, fundamentalmente aquelas relacionadas à identificação das dificuldades dos estudantes e como abordá-las. De acordo a pesquisa de Nurulsari e colaboradores (2019), identifica-se que mais da metade dos PPTs de sua pesquisa não conhecem estratégias eficazes para minimizar os equívocos dos alunos:

[...] mais da metade dos PPTs afirmou não ter e nem mesmo conhecer estratégias eficazes para minimizar os equívocos dos alunos em relação ao conteúdo de Física. Na verdade, o equívoco é um problema frequentemente encontrado no aprendizado da física. (NURULSARI et al., 2019, p. 7)

Sendo assim, é necessário refletir sobre a formação inicial dos futuros professores. Conforme aponta Silva e Martins (2018):

Entendemos que a formação inicial se configura, sim, como um momento importante para a investigação do PCK e, em especial, o PCK/NdC, pois compreendemos que o futuro professor se depara com situações de ensino-aprendizagem não somente quando está a lecionar determinado conteúdo, mas também no decorrer de todo o processo de sua construção, aplicação e avaliação ou seja, durante, principalmente, a sua formação inicial. (SILVA; MARTINS, 2018, p. 398)

Dessa forma, a formação inicial deve propiciar momentos de construção e reflexão, de modo geral, do PCK. É necessário pensar e repensar concepções prévias dos alunos – visto que nenhum deles é uma tábula rasa, pelo contrário, todos têm suas interações com o mundo e, conseqüentemente, suas formas de compreendê-lo – bem como nas suas dificuldades.

#### *4.2.4 Conhecimento da Avaliação no ensino de Física*

Essa subcategoria de PCK nos ajuda a compreender as maneiras como os participantes avaliam o conteúdo físico trabalhado em seus materiais didáticos. Abaixo apresenta-se trechos relacionados à avaliação nos trabalhos de FP5 e FP9.

Nota-se que os dois participantes optaram por avaliações distintas. O participante FP9 utilizou a avaliação como um diagnóstico que permite identificar o perfil conceitual de massa do aluno que utilizará o material didático produzido

por ele. Segundo o autor, esse perfil conceitual pode ser utilizado tanto no início do estudo, como no final. Em suas palavras:

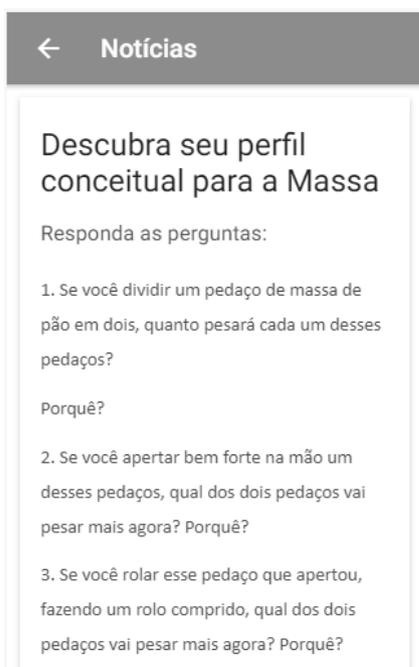
*Essa avaliação, eu retirei de um artigo, é uma sugestão de mapa (na verdade, ele queria dizer perfil) conceitual, ela faz então umas perguntas para os alunos responderem e no final eu coloquei pra responder, mas também pode usar para iniciar a discussão sobre o conceito. É bem legal! Tem coisas que eu fiquei quebrando a cabeça aqui* (FP9, informação oral, grifo nosso).

A avaliação sugerida possui ao todo 15 questões. As questões foram retiradas integralmente do artigo “*Uma Proposta de Perfil Conceitual para o Conceito de Massa*”. As questões exploram os entendimentos relacionados à massa, peso, antimatéria e sua relação com a matéria e, também, sobre conceitos de relatividade. Ao final da atividade, o participante sugere ao estudante:

*Peça ajuda a um professor de física, ou um físico para indicar as suas respostas com as Zonas epistemológicas* descrita no artigo “*Uma Proposta de Perfil Conceitual para o Conceito de Massa*” (FP9, informação escrita, grifo nosso).

Isso demonstra que a intenção da atividade proposta pelo participante é identificar quais são as Zonas Epistemológicas dos alunos, de modo que seja possível apresentar uma proposta de ensino que considere os perfis de compreensão dos estudantes.

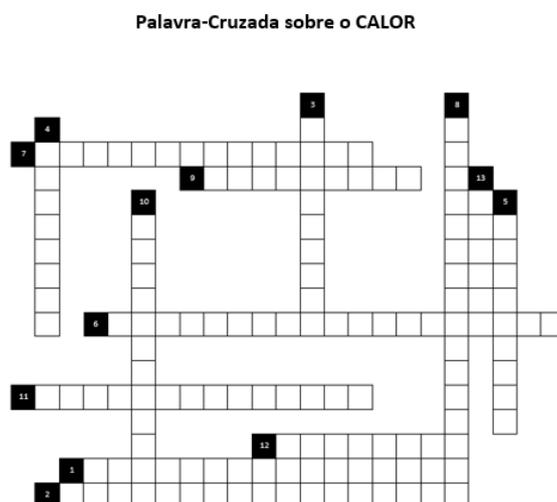
**Figura 31**– A avaliação no material didático elaborado por FP9



Fonte: Material didático de FP9.

Com relação a avaliação sugerida por FP5, exibida na figura abaixo, pode-se dizer que condiz a uma atividade, que tem por objetivo avaliar a memorização dos estudantes em relação a palavras-chaves.

**Figura 32** – A avaliação no material didático elaborado por FP5



**HORIZONTAIS:**

- 1 - Primeira teoria a ser proposta para explicar o calor (teoria do flogisto)
- 2 - Nome do professor a quem é vinculado a primeira teoria criada sobre o calor (George Ernst Stahl)
- 6 – Época em que o tema “calor” despertou os interesses de muitos setores da física (Revolução Industrial)
- 7 – Título concedido a Benjamin Thompson quando investigou, experimentalmente, a

Fonte: Material didático de FP5.

Os conhecimentos aqui representados, até o momento, constituem um apanhado geral dos elementos de PCK que são expressos nos trabalhos dos licenciandos. Um passo importante que será dado a seguir na interpretação dos dados, é a construção de uma relação entre os conhecimentos de NdC e os conhecimentos de PCK, para que se possa revelar se há alguma relação entre esses conhecimentos que são expressos nos materiais dos estudantes.

A partir da detecção da lacuna e da procura de conhecimentos na base de ensino para o preenchimento dela, entendemos que a tomada de decisão do futuro professor sobre qual estratégia de ensino utilizar seja decorrente principalmente de suas crenças relacionadas ao ensino-aprendizagem de Ciências, oriundas da reflexão dos conhecimentos da sua base de ensino (SILVA; MARTINS, 2018, p. 404).

Com essas análises, encerramos a compreensão geral dos PCK manifestados pelos licenciandos em seus materiais didáticos com a perspectiva de que a natureza da tarefa solicitada fez com que esses manifestassem mais substancialmente conhecimentos relacionados às estratégias de ensino específicas de física e aos conhecimentos dos alunos sobre os temas abordados.

Ainda é possível inferir a partir dos conhecimento manifestados, que a expressão de PCK em materiais didáticos construídos pelos alunos pode ser uma forma eficiente de analisar aqueles conhecimentos que os futuros professores possuem dos temas de física a partir das suas propostas de como explica-los em materiais escritos. Acerca desse aspecto das estratégias de ensino em aulas de História da Ciência, Rutt e Mumba (2019) já coletaram resultados importantes, como afirmam:

A estratégia mais popular para incorporar a história da ciência em suas aulas de física era fazer com que os alunos revivessem as descobertas científicas do passado, permitindo que completassem versões já preparadas para a aula de experimentos originais. Embora essa estratégia tenha sido reconhecida explicitamente por apenas um professor em formação inicial na pesquisa de final de semestre, ela foi mencionada repetidamente em reflexões e discussões, e muitos professores de formação inicial incorporaram tais experimentos (adaptados para instrução através do uso de materiais e equipamentos atuais ou simulações e com foco na segurança do laboratório) em suas atividades (p. 17, **tradução nossa**)

Assim, a perspectiva de formação de professores de física para a construção de PCK também em aulas de história da física aparece na maioria dos excertos nas categorias encontradas, de modo que podemos refletir sobre o

papel do conteúdo de história da física na ocorrência de PCK e sobre os PCK/NdC manifestados pelos licenciandos ao longo das atividades.

### **4.3 Compreensão Geral dos resultados na perspectiva do PCK/NdC**

Ao analisarmos os trabalhos desenvolvidos pelos licenciandos até aqui, foi possível revelar momentos de importante expressão tanto de conhecimentos sobre NdC quanto de elementos de PCK, que representam, em nossa visão, a expressão de conhecimentos que foi estimulada pela atividade proposta no contexto da disciplina de história da física. Porém, ao observarmos os dados e alguns exemplos bastante proeminentes que os licenciandos expressavam nesses trabalhos, surge a possibilidade de compreender os dados estudados de forma mais específica, com as orientações de uma perspectiva teórica já discutida neste texto.

Assim, esta etapa dos resultados é construída a partir dos mesmos excertos já analisados nas categorias anteriores; contudo, o olhar que se dá para esses dados é especificamente aquele proposto pelo referencial teórico de Silva (2018), no qual apontam para um domínio específico dos PCK, que são os PCK/NdC.

Para a construção desta análise, consideramos fragmentos textuais nos quais os participantes mobilizam os domínios do PCK para explicar, ensinar e explicitar um conhecimento referente à NdC. Esses são analisados na perspectiva dos PCK/NdC (SILVA, 2018), uma vez que entendemos ser esse um resultado possível de ser compreendido nesta pesquisa.

Silva (2018) apresenta o conjunto de categorias já apresentadas nessa pesquisa, que compõem os PCK/NdC, segundo qual, representa a articulação de conhecimentos necessários para a docência dos conteúdos metacientíficos que fazem parte da NdC. Em alguns momentos da análise, foi possível identificar a presença desses conhecimentos, sendo assim, esses foram destacados nesta etapa da análise de dados.

Dessa forma, encontramos os seguintes trechos que expressam o subdomínio “conhecimento do conteúdo metacientífico para ensinar” (SILVA, 2018):

*[...] Por exemplo, a importância de como esses conceitos não seguem de forma linear, eles vão evoluindo de formas diferentes e que os trabalhos, eles não são simplesmente... a pessoa teve uma ideia brilhante e sim alguém foi fazendo compilados de vários trabalhos, de vários cientistas (FP1, informação oral, grifo nosso).*

Acho que nessa sessão, a principal parte, a principal definição, seria que durante o trabalho de Newton o que seria mais importante para o conceito de relatividade, é que ele faz as definições de tempo absoluto, espaço absoluto dentro do seu trabalho (FP1, informação oral, grifo nosso).

*Dessa forma, objetos “mais pesados” sofrem a ação de uma força maior, mas apresentam maior dificuldade em serem acelerados devido à maior massa inercial. Exatamente juntos, se as duas massas, gravitacional e inercial, equivalerem exatamente. O problema da queda dos corpos que desafiou as mentes mais capazes durante séculos foi então resolvido graças à distinção entre a massa e o peso (FP9, informação escrita, grifo nosso).*

*Sempre utilizando o seu método de rigorosas medições, realizou ensaios estudando a transição entre os estados líquido e sólido que o levaram à definição de calor latente (1761). Fato igualmente importante foi Black ter feito uma distinção crucial entre os conceitos de calor e temperatura. Todavia é-lhe atribuída a sugestão da hipótese do calórico para explicar os fenômenos caloríficos. Deste modo cada corpo possuía o referido calórico que quando fluía para fora do mesmo fazia sentir esse fato pelo abaixamento da temperatura, e vice-versa (FP5, informação escrita, grifo nosso).*

*Nos finais da década de 1760 e inícios da seguinte, Lavoisier havia realizado uma série de experiências, baseadas em meticulosas medições, com uso sistemático da balança, nas quais se provava que quando um metal arde ganha peso em vez de o perder (FP9, informação escrita, grifo nosso).*

*Surge, então, aquele que se tornaria o maior Físico experimental em eletricidade e magnetismo do século XIX, Michel Faraday. Faraday, em 1831, trabalhou com as linhas de força e a indução do campo eletromagnético. Mais tarde, o cientista James Clerk Maxwell forneceu base matemática adequada para atingir a força idealizada por Faraday (FP10, informação escrita, grifo nosso)*

*Seu estudo mais famoso depois do descobrimento da energia foi quando descobriu as cargas positivas e negativas em raios e como estes fenômenos tinham sua origem elétrica (FP11, informação escrita, grifo nosso)*

*Eu expliquei o diálogo que ele fez tentando explicar o movimento dos corpos. Misturando a ideia de Aristóteles com a ideia que ele queria propor. Aqui tem o experimento do barco, eu fui desenvolvendo essa parte tentando achar uma relação matemática para tentar descobrir o que definia a aceleração dos corpos. Eu coloquei animações e vídeos aqui. O vídeo explica certinho os experimentos que ele fez, tá? (FP2, informação oral, grifo nosso).*

Assim, podemos perceber que, nos exemplos citados, em particular nos trechos destacados, os licenciandos expressam conhecimentos que estão relacionados especificamente àqueles conteúdos metacientíficos para ensinar.

Ou seja, há momentos em que são encontrados nos materiais produzidos pelos licenciandos, a mobilização de estratégias de ensino para ensinar aspectos da NdC, como propõe o referencial desta análise.

Ressaltamos, evidentemente, que este não era o objetivo principal da disciplina, mas uma consequência das ações que foram propostas para os estudantes. Esse destaque é importante e deve ser compreendido com base na argumentação dos próprios autores, que defendem que o processo de transformação dos conhecimentos metacientífico em PCK/NdC pode se iniciar na formação inicial, mas ocorre ao longo da prática docente, o que não é avaliado até aqui, por conta da natureza dessa pesquisa.

Provavelmente, lacunas na formação inicial são expostas diante de situações de ensino-aprendizagem problemáticas e de dilemas enfrentados pelos futuros professores de Ciências/Física. Estas lacunas, possivelmente, influenciam de forma significativa no desenvolvimento do PCK/NdC (SILVA; MARTINS, 2018, p. 396- 397).

Isso nos permite discutir, como reflexão final feita a partir dos dados da pesquisa, sobre a relação entre os conhecimentos históricos de física e a formação de professores que expressem seus PCK/NdC.

#### **4.4 Reflexões sobre o uso da História e Filosofia da Ciência na formação de professores de física a partir dos materiais didáticos elaborados**

Conforme observado em Martins (2007), a HFC, do ponto de vista mais prático e aplicado, “pode ser pensada tanto como conteúdo das disciplinas científicas, quanto como estratégia didática facilitadora na compreensão de conceitos, modelos e teorias” (p. 114). Dessa forma, compreende-se que a HFC está presente no modelo PCK/NdC de Silva (2018), tanto em estratégias para ensinar conteúdos metacientíficos como em Conhecimento de Conteúdo.

A respeito da utilização da HFC pelos participantes dessa pesquisa, é necessário analisar os seguintes aspectos: a formação específica dos alunos com relação a HFC; a estrutura da disciplina “Evolução dos conceitos da física”; e a utilização da HFC como conteúdo e estratégia didática para a produção do material didático elaborado para o Ensino Médio.

Com relação a formação dos alunos em formação inicial na instituição, é necessário destacar que a grade curricular da graduação contempla apenas uma disciplina relacionada a História da Ciência, denominada Evolução dos

Conceitos da Física, ainda assim, a disciplina não contempla debates relativos à filosofia, epistemologia da ciência e usos da HFC no ensino, o que dificulta processos de intervenções mais qualificadas.

Desse modo, é necessário um currículo que contemple as necessidades formativas do professor, uma vez que a HFC pode “contribuir para: evitar visões distorcidas sobre o fazer científico; permitir uma compreensão mais refinada dos diversos aspectos envolvendo o processo de ensino aprendizagem da ciência; proporcionar uma intervenção mais qualificada em sala de aula” (MARTINS, 2007, p. 115). Portanto, é necessário salientar que uma formação adequada contribui para que sejam evitados erros comuns que ocorrem no Ensino de Ciências e, no caso desta pesquisa, na elaboração de materiais didáticos em História da Ciência. De acordo com Martins (1999):

[...] somente uma pessoa com um conhecimento e treino adequado nas técnicas de trabalho de História da Ciência deveria poder escrever sobre História da Ciência, para evitar a divulgação de erros a leitores incautos. [...] A história da ciência não é feita simplesmente de opiniões, repetições e boatos, ela é desenvolvida a partir do estudo de documentos (MARTINS, 1999, p. 114).

Essa não é uma premissa que é válida apenas para construção de episódios históricos sobre HFC. Para implementar tais discussões em sala de aula, é necessário o domínio das práticas, das técnicas e do treino adequado sobre o emprego da HFC no ensino.

Dessa forma, a formação inicial deve proporcionar momentos de discussões, debates e reflexões acerca da HFC, bem como de sua epistemologia, para desmistificar crenças provenientes das interações que o estudante já teve contato, seja na educação formal na escola, seja nas mídias ou nos contatos sociais.

Em primeiro lugar, quando uma pessoa começa a estudar a história da ciência ela não tem uma mente em branco, mas cheia de crenças provenientes daquilo que já leu ou ouviu falar. Desse modo é necessário que ajam momentos de discussões que problematizem e proporcionem a reflexão a respeito das suas ideias (MARTINS, 1999, p. 125).

Contudo, deve-se evitar a ingenuidade em considerar que apenas uma única disciplina sobre HFC, durante todo o processo formativo do futuro professor seja capaz de romper com suas crenças, informar melhor os licenciandos sobre o fazer científico, demonstrar as complexidades

epistemológicas inerentes a atividade científica e ainda instruir sobre o uso qualificado de episódios históricos no ensino.

Feitas essas considerações, pode-se analisar a utilização da HFC como conteúdo e estratégia didática para a produção do material didático elaborado pelos participantes desta pesquisa. Os trechos abaixo expressam problemas em relação ao domínio de conteúdo físico, histórico e, conseqüentemente, da NdC. Veja abaixo:

*O interessante destes postulados de Einstein é que eles simplesmente são aceitos como verdade. Não se tem como testar por exemplo que a velocidade da luz é constante para todos os referenciais inerciais (FP2, grifo nosso)*

*Newton ficou praticamente 18 meses sozinho em casa, e nesta época ele fez avanços revolucionários, na matemática, na ótica e começou a trabalhar no que se tornaria sua grande obra, a gravidade (FP2, grifo nosso).*

*Como conta a história, Newton sentado debaixo de uma macieira a ler um livro, de repente uma maçã cai ao seu lado. Ele olha para cima para ver de onde aquela maçã teria caído e ao fundo observa a Lua esbranquiçada ao fundo a luz do dia, e se pergunta: "Se as maçãs caem, a Lua também cai?" (FP2, grifo nosso).*

Nota-se que ocorreram apropriações superficiais sobre os casos históricos suscitados, mesmo com a disponibilização de bons referenciais de estudos sobre os conceitos, fornecidos pelo professor formador da disciplina para os licenciandos. Observa-se nos materiais didáticos uma promoção de uma visão anedótica e equivocada, o que nos indica que os alunos recorreram a outras fontes de materiais de estudos. Esse fator ilustra a importância em se consultar bons materiais em HFC, feito por bons profissionais da área, para levar o trabalho referente a HFC para o ensino das ciências de forma adequada.

Para além disso, a escolha de fontes historiográficas adequadas é crucial para a escrita de narrativas adequadas do ponto de vista da NdC. Dessa forma, a premissa básica em se utilizar a HFC como estratégia de ensino, deve ser, confirme afirma Martins (1999) "fazer a sua lição de casa" (p. 126), ou seja, procurar, recorrer e fazer a leitura de boas referências historiográficas. Nas palavras de Martins (1999):

*Ao escrever um trabalho sobre história da ciência, o autor deve fazer sua lição de casa. Ele não poderá fazer um bom trabalho se o seu conhecimento sobre a história da ciência é primário, se não sente curiosidade pelo passado, se não se dedica à leitura de textos antigos ou de bons trabalhos recentes (MARTINS, 1999, p. 117).*

Nessa direção, esses trechos revelam que caso o futuro professor não conheça e domine o conteúdo historiográfico, ele, naturalmente, vai incorrer nos erros apresentados anteriormente, identificados nos materiais didáticos elaborados. Portanto, também, é papel da disciplina fornecer debates referentes aos cuidados que devem ser tomados na adoção de referenciais para a elaboração de HFC apropriadas para o ensino das ciências.

Outra análise sobre a utilização da HFC como conteúdo e estratégia didática será apresentada a seguir. A análise diz respeito a visão de linearidade da ciência expressa em todos os trabalhos dos participantes da pesquisa. Isso quer dizer que, entre os doze trabalhos elaborados e analisados, todos os participantes optaram por uma perspectiva de mostrar a ciência de forma linear e progressista. Trazendo à tona os primeiros questionamentos sobre o conceito, desde os gregos, até chegar na formulação mais aceita hoje, ao invés de optarem pela escrita de um episódio específico sobre o conceito de estudo. Ou seja, os licenciandos recorreram a construção de histórias panorâmicas, o que revela, também, um desconhecimento sobre o trabalho do historiador e do uso da HFC para o ensino.

Essa abordagem sobre a HFC pode ser observada também nos trabalhos que apresentaram, além do texto construído linearmente, uma linha do tempo com os principais personagens e eventos relacionados ao desenvolvimento histórico do conceito ao longo dos séculos. Veja os exemplos abaixo:

**Figura 33** – Sucessão linear no material didático elaborado por FP1



Fonte: Material didático de FP1.

Figura 34 – Linha temporal no material didático de FP12



Fonte: Material didático de FP12.

Figura 35 – Linha temporal no material didático de FP11



Fonte: Material didático de FP11.

Construir uma narrativa histórica que busca contemplar um período longo de estudos – por exemplo, de séculos – envolvendo compreensões de diferentes contextos sócio-históricos sobre o desenvolvimento de um conceito científico, pode ser uma armadilha perigosa. (Martins, 2001). Isso se justifica pelo fato de que ao narrar uma história linear pode-se induzir uma interpretação de ciência evolutiva, sem rupturas, aproblemática e generalista. A ciência é um empreendimento complexo e problemático. Não apenas em suas questões internas, mas também em questões externas, uma vez que, a ciência não é uma atividade neutra e, dessa forma, impacta e é impactada pelos interesses humanos.

Dessa forma, será possível, dentro de uma única narrativa, contemplar mais de 2000 anos de compreensões sobre a ciência? É possível abordar os problemas relacionados ao desenvolvimento de um conceito científico, tendo em vista as particularidades de cada contexto social, histórico, cultural e científico? A natureza complexa da atividade científica é contemplada com essa abordagem de longo prazo? Ou, ainda, é possível compreender as contradições, controvérsias, mudanças de pensamento, a variedade de ideias e métodos empregados para a compreensão de um fenômeno da natureza?

[...] uso da história da ciência no ensino não é algo simples. Há muitas armadilhas, e exige-se o uso de conhecimento epistemológico e historiográfico especializado para evitar alguns erros que poderiam levar o professor a empregar erroneamente a história da ciência para transmitir uma ideia de ciência totalmente inadequada, como ocorre muitas vezes. É necessário, por isso, um trabalho de pesquisa para fundamentar um adequado uso da história da ciência no processo educacional (MARTINS, 2006, p. 31).

Recaímos, novamente, na discussão suscitada acima. Para que hajam boas intervenções em sala de aula utilizando HFC, é necessária “uma formação adequada para pesquisar e ensinar de forma correta a história das ciências” (MARTINS, 2007, p. 126).

Os cursos de formação – inicial e continuada – de professores precisam levar isso em conta, pois de nada adianta o conhecimento do conteúdo (ainda que esse conteúdo seja o histórico e filosófico) sem o conhecimento pedagógico do conteúdo. Se quisermos contemplar a HFC no ensino médio, devemos trazer esse debate metodológico para os currículos das licenciaturas, buscando uma maior integração com outras áreas do conhecimento, como a Pedagogia e a História (MARTINS, 2007, p. 127).

Assim, se o conteúdo histórico relacionado a NdC é parte daquilo que se deve ensinar, é muito importante que ocorram momentos de formação no curso de licenciatura, nos quais os licenciandos, além de construírem o conhecimento do conteúdo metacientífico, sejam colocados diante de estratégias de ensino para ensinar esses conteúdos, podendo apresentar mais elementos de PCK/NdC do que apenas os conteúdos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar como alunos em formação inicial da disciplina de física, de uma universidade pública brasileira, comunicam, de forma espontânea, seus conhecimentos sobre a Natureza da Ciência (NdC) e o Conhecimento Pedagógico de Conteúdo (PCK), na elaboração de um material didático produzidos por eles, utilizando como estratégia didática a História da Ciência para ensinar um conceito científico. Além disso, buscou-se identificar e caracterizar a mobilização conjunta dos conhecimentos da NdC e PCK dos licenciandos para formar o constructo PCK/NdC.

A partir disso, retomamos nossa questão de pesquisa que guiou o processo de coleta e análise de dados, com a finalidade de compreender os dados obtidos por esta investigação: Como se expressam os Conhecimento Pedagógico de Conteúdo para ensinar elementos da Natureza da Ciência a partir da utilização de Episódios Históricos da Física?

Verifica-se que os licenciandos exploram onze entre as quinze categorias da NdC, utilizadas como referencial nesse trabalho. Mais especificamente, foi possível encontrar nos trabalhos dos licenciandos a manifestação das categorias da NdC a seguir: O papel da experimentação para a ciência, O papel da comunidade científica, Desenvolvimento da ciência, Enraizamento social e cultural da ciência, Método científico, Perfil do cientista, Provisoriedade do conhecimento científico, Incerteza na interpretação humana sobre a natureza, Complexidade do Conhecimento científico, O papel da criatividade e da imaginação na atividade científica e Relações entre observações e teorias. A análise dos dados possibilitou o reconhecimento de visões adequadas e inadequadas sobre esses elementos, provenientes dos materiais didáticos produzidos.

Contudo, pontua-se que a atividade se limitou em identificar essas mobilizações dos licenciandos de forma espontânea e explícita nos materiais. Dessa forma, não foram discutidos, durante a formação dos licenciandos, características quem compõe os elementos da NdC, dentro da abordagem escolhida. Além disso, destaca-se que os resultados possuem restrições, pois nem todo episódio histórico permite explorar diversos aspectos de NdC. Logo os

resultados se referem aos aspectos de NdC explícitos nos materiais, e não representam a totalidade dos entendimentos dos licenciandos sobre a atividade científica.

Também é possível identificar momentos nos quais os licenciandos revelam, visões adequadas e inadequadas sobre um mesmo aspecto da NdC. Isso se deve aos licenciandos ainda estarem em processo de formação e reflexão referente ao empreendimento científico. Além disso, os arcabouços de saberes sobre os processos da ciência são heterogêneos, multifacetados e plurais, o que requer uma formação que possibilite a reflexão e confrontações das visões inadequadas, ou mal-informadas sobre a ciência, já enraizadas. Uma vez que, essas visões são formadas também nas experiências cotidianas, seja pela educação científica formal, seja pelos meios de comunicação e divulgação midiáticas.

Com relação as subcategorias do PCK expressos nos materiais didáticos elaborados pelos licenciandos, identificou-se a mobilização de tais conhecimentos que compõem o PCK, sendo que o “Conhecimento de estratégias específicas do ensino de Física” foi o mais utilizado nos materiais didáticos, enquanto os demais foram pouco identificados. Essa foi uma limitação resultante da atividade proposta aos licenciandos, uma vez que se entende que quando se elabora um material didático, as estratégias de ensino são mais utilizadas, pois colaboram para explicação do conteúdo, sendo, portanto, necessárias. Todavia, as demais subcategorias do PCK são menos evidentes e menos explicitadas nos materiais, porque são implícitas e subjetivas, sendo necessário instrumentos de coleta de dados diferenciados para sua identificação, além de contextos diferentes em relação à solicitação da produção do material para análise. Por exemplo, um contexto diferente é avaliar o planejamento e/ ou aula do professor para caracterizar o seu PCK.

Além disso, foram encontrados momentos nos quais os PCK foram utilizados para ensinar elementos da NdC no material didático, mesmo que este não tenha sido objetivo principal da disciplina. Assim, a análise entra em acordo com o referencial adotado, no qual defende-se que o processo de transformação dos conhecimentos metacientífico em PCK/NdC pode se iniciar na formação inicial. Dessa forma, é indispensável que os professores formadores de futuros

professores de Física, busquem e utilizem práticas que possibilitem aos licenciandos o desenvolvimento do PCK/NdC, ainda na formação inicial.

Para mais, realizou-se, também, reflexões sobre a maneira como a HFC foi utilizada como estratégia didática para a elaboração dos materiais didáticos produzidos. Em linhas gerais, encontrou-se uma HFC linear, progressista, anacrônica, com muitas simplificações e aproblemática. Esses fatores nos fazem enfatizar a necessidade de práticas de ensino que possibilitem refletir sobre a HFC no ensino. Afinal, nem toda narrativa histórica construída é satisfatória, ou ainda, necessária ao ensino, principalmente, quando quem elabora as narrativas não possui formação adequada para fazê-las. A HFC possibilita e contribui com melhorias para ensino das ciências, no sentido de demonstrar a ciência como atividade humana, que possui problemáticas, controversas e limites. No entanto, é necessário que haja momentos para construção e reflexão sobre como utilizá-la, evitando erros já bastante comentados na literatura sobre o tema.

Dessa forma, os resultados obtidos por esta pesquisa indicam possibilidades de continuidade deste estudo. Aponta-se que, após ter identificado as principais formas de expressões espontâneas e explícitas dos licenciandos sobre os aspectos da NdC, sobre as subcategorias do PCK e a mobilização conjunta de ambos, formando o PCK/NdC, seria importante acompanhar os professores investigados em suas práticas profissionais utilizando o material didático produzido por eles. Para além, outra possibilidade de perspectiva de continuidade dessa pesquisa seria estender esse estudo a outras realidades, visto que esse estudo se baseia em um estudo de campo, com suas especificidades. Assim, poderiam ser encontradas informações sobre a formação inicial de professores de outras regiões, possibilitando pensar em estratégias para melhores práticas formativas aos licenciandos sobre a construção reflexiva do PCK/NdC, ainda durante a formação.

As análises suscitaram algumas questões que merecem atenção em pesquisas futuras, como: Esse tipo de disciplina, com ênfase conteudista, cumpre com o papel de ensinar elementos da NdC? De que maneira os elementos da NdC podem ser melhor desenvolvidos em uma disciplina concernente à História da Física? A disciplina cumpre com o papel de preparar os estudantes em formação inicial para a produção de materiais didáticos apropriados para o ensino? Como futuros professores podem construir materiais

didáticos a respeito à HFC adequados para o ensino? Como a produção de conhecimento acadêmico sobre HFC como estratégia didática para ensinar elementos da NdC impactam no PCK no processo de formação de futuros professores de física?

Por fim, ressalta-se a necessidade de uma análise mais aprofundada das relações entre os conhecimentos encontrados e não encontrados nessa pesquisa com o processo de formação de professores, pois os dados apresentados indicam que essas relações são consequências de vivências dos licenciandos ainda na formação inicial. Explora-las, portanto, podem trazer contribuições tanto nas formas pelas quais se ensina o conteúdo, quanto para o âmbito da formação de professores.

## REFERÊNCIAS

ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. The influence of history of science courses on students' views of nature of science. **Journal of research in science teaching**, v. 37, n. 10, p. 1057-1095, 2000.

\_\_\_\_\_. Examining the Sources for our Understandings about Science: Enduring confluences and critical issues in research on nature of Science in science education. **International Journal of Science Education**, 34(3), 353–374, 2012a.

\_\_\_\_\_. Nature of Science in Science Education: toward a coherent framework for synergistic research and development. In B. J. Fraser, K. G. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), **Second International Handbook of Science Education**, p. 1041–1060. Dordrecht-Heidelberg-London-New York: Springer, 2012b.

ABELL, S. K. Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? **International Journal of Science Education**, v.30, n.10,p.1405-1416, 2008.

ACEVEDO-DÍAZ, J. A. D. Enfoques explícitos versus implícitos em la enseñanza de la naturaleza de la ciência. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias.**, vol. 6, n.3, p.355-386, 2009.

ACEVEDO-DÍAZ, J. A. D; GARCÍA-CARMONA, A. «Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 13, n. 1, p. 3-19, 2015.

ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; VÁZQUEZ, Á.; MARTÍN, M.; OLIVA, J. M.; ACEVEDO-ROMERO, P., PAIXÃO, F.; MANASSERO, M. A. Natureza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**. v. 2, n. 2, p 121-140, 2005.

ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; VÁZQUEZ, Á.; OLIVA, J. M.; ACEVEDO-ROMERO, P., PAIXÃO, F.; MANASSERO, M. A. Mitos da Didática das Ciências acerca dos Motivos para incluir a Natureza da Ciência no Ensino das Ciências. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, 1–15, 2005.

ADÚRIZ-BRAVO, A. **Uma introducción a la natureza de la ciencia: La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales**. 1ªed. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 104p, 2005.

ALLCHIN, D., ANDERSEN, H. M., & NIELSEN, K. Complementary Approaches to Teaching Nature of Science: Integrating Student Inquiry, Historical Cases, and

Contemporary Cases in Classroom Practice. **Science Education**, v. 98, n. 3, 461-486, 2014.

AQUINO, G. T. M; História da Ciência no Ensino Médio: caminhos para uma interdisciplinaridade possível. **Khronos**, n. 4, p. 14-31, 2017

BAGDONAS, A; SILVA, C. C. Controvérsias sobre a natureza da ciência na educação científica. In: SILVA, C. C. (Org); PRESTES, M. E. B. (Org). **Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas**. São Carlos: Tipographia, p. 213-224, 2013. 259

BANKS, F.; LEACH. J.; MOON, B. Extract form new understandings of teachers' pedagogic knowledge. **Curriculum Journal**, v.16, n.3, p. 331-340, 2005.

BASTOS FILHO, J. B.. Qual História e qual Filosofia da Ciência são capazes de melhorar o Ensino de Física? In L. O. Q. Peduzzi, A. F. P. Martins, & J. M. H. Ferreira (Eds.), **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: EDUFRN.

BELL, R. L. Perusing Pandora's Box - Exploring the what, when, e How Nature of Science Instruction. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), **Scientific Inquiry and Nature of Science - Implications for Teaching, Learning and Teacher Education**. Dordrecht: Springer, p. 427-446, 2006.

BERRY, A.; LOUGHRAN, J.; VAN DRIEL, J. H. Revisiting the Roots of Pedagogical Content Knowledge. **International Journal of Science Education**, v.30, n.10, p.1271-1279, 2008.

BERRY, A; DEPAEPE, F; VAN DRIEL, J. Pedagogical Content Knowledge in Teacher Education. In: LOUGHRAN, J; HAMILTON, M. L (Eds.). **International Handbook of Teacher Education**. Springer, p. 347-386, 2016.

BRASIL. (1998). **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**: Resolução CEB número 3, 26 de Junho de 1998, que institui as diretrizes curriculares nacionais para o Ensino Médio, 1998.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999.

BRASIL. **PCN + Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC;SEMTEC, 2002.

BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Brasília: MEC;SEB, 2006.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: Ministério da Educação, 2017.

CALDATTO, M. E., NEVES DA SILVA, J. R. Uma discussão sobre a formação de Professores promovida por um IES federal por meio da “Complementação Pedagógica para Não Licenciados”: o caso do professor de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, p. 224 -255, 2019

CARLSEN, W. Domains of teacher knowledge. In: GESS-NWESOME, J.; LEDERMAN, N.G. (Eds). **Examining pedagogical content knowledge: PCK and science education**. Netherlands: Kluwer Academic Publisher, 1999. p. 133-14.

CARVALHO, A. B. (2012). **Relatório final da pesquisa Letramento Digital, Autoria e Colaboração em Rede: os professores da educação básica e o papel das licenciaturas a distância na apropriação das tecnologias digitais**. Recuperado de <http://pesquisaletramentodigital.blogspot.com.br/2012/11/as-categorias-deanalise.html>. Acesso em: 31 de jul. de 2020.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. São Paulo: Cortez, 2006.

CARVALHO, L. M. A Natureza da Ciência e o ensino das Ciências Naturais: Tendências e perspectivas na formação de professores. **Pro-Posições**, v. 12, n. 1, 139–150, 2001.

COCHRAN, K. F.; DeRUITER, J. A.; KING, R. A. Pedagogical Content Knowing: An Integrative Model for Teacher Preparation. **Journal of Teacher Education**, v.44, n.4, p.263-272, 1993.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Editora Brasiliense, 1993.

DELIZOICOV, N. C; DELIZOICOV, D., **Hist[oria da Ciência e a ação docente: A perspectiva de Ludwik Fleck**, Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino, p. 229- 260, 2012.

DRECHSLER, M.; VAN DRIEL, J. Experienced Teachers' Pedagogical Content Knowledge of Teaching Acid–base Chemistry, **Research in Science Education**, v.38, n.5, p.611-631, 2008.

DRIVER, R.; LEACH, J.; MILLAR, R.; SCOTT, P. **Young people's images of science**. Buckingham: Open University Press, 1996.

EL-HANI, C. N. Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior. In: SILVA, C. C. **Estudo de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, p. 3-21, 2006.

ELIAS, P. G. **Indícios do conhecimento pedagógico do conteúdo de licenciandos em química durante o estágio supervisionado**. 2011, 204 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

ETKINA, E. Pedagogical content knowledge and preparation of high school physics teachers. **Physical Review Special Topics: Physics Education Research**, v. 6, artigo 020110, 2010.

FERNANDEZ, C. Revisitando a base de conhecimentos e o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de professores de Ciências. **Revista Ensaio**, v. 17, n. 2, p. 500-528, 2015.

\_\_\_\_\_. PCK - Conhecimento Pedagógico do Conteúdo: perspectivas e possibilidades para a formação de professores. In: **VIII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, 2013, Campinas. *Atas...* Rio de Janeiro: UFRJ, 2013. v.1. p.1-12.

FERNANDEZ, C. GOES, L. F. Conhecimento Pedagógico do Conteúdo: Estado da arte no Ensino de Ciências e Matemática. In: GARRITZ, A. (Ed.) **Conocimiento Didáctico del Contenido**. 2014. No prelo.

FERNÁNDEZ-BALBOA, J.-M.; STIEHL, J. The generic nature of pedagogical content knowledge among college professors. **Teaching and Teacher Education**, v.11, n.3, p.293-306, 1995.

FERREIRA, G. K. **Reflexões sobre a natureza da ciência: configurações e intenções na formação de professores de física**. 2018. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

FERREIRA, J. M. H.; MARTINS, A. F. P. Avaliando a inserção da temática natureza da ciência na disciplina de história e filosofia da ciência para graduandos em física na UFRN. In: PEDUZZI, L. O. Q.; FERREIRA, J. M. H.; MARTINS, A. F. P. (Org.). **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: EDUFRN, 2012.

FORATO, T. C. M. **A Natureza da Ciência como saber escolar: um estudo caso a partir da história da luz**. 2009. Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Educação da USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FORATO, T.C.M.; BAGDONAS, A.; TESTONI, A. Episódios históricos e natureza da ciência na formação de professores. **Enseñanza de las Ciencias**, nº extraordinário, p 3511-3516, 2017.

FORATO, T. C. M; PIETROCOLA, M; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011. 261

GAIA, S; CESÁRIO, M; TANCREDI, R. M. S. P. Formação Profissional e Pessoal: a trajetória de vida de Shulman e suas contribuições para o campo educacional. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 1, n. 1, p. 142-155, 2010.

GARCIA, C. M. Como conocen los profesores la matéria que enseñan: algunas contribuições de La investigación sobre conocimiento didactico del contenido. Trabalho apresentado no **Congresso Internacional de Didáticas Específicas na Formação do Professor**, Santiago de Compostela, 1992a, p. 1-35.

GARNICA, A. V. M. Algumas notas sobre Pesquisa Qualitativa e Fenomenologia. **Interface — Comunicação, Saúde, Educação**, v.1, n.1, 1997

GESS-NEWSOME, J. Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation In: GESS-NWESOME, J.; LEDERMAN, N.G. (Eds). **Examining pedagogical content knowledge: PCK and science education**. Netherlands: Kluwer Academic Publisher, p. 3-17, 1999.

GIL- PÉREZ, D., MONTORO, I. F., ALÍS, J. C., CACHAPUZ, A., PRAIA, J. Para uma Imagem Não-deformada do Trabalho Científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, 125– 153, 2001.

GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A. (2005). Inmersión en la cultura científica para la toma de decisiones ¿necesidad o mito? **Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación de Las Ciencias**, v. 2, n. 3, 302–329, 2005.

GOES, L. F. **Conhecimento pedagógico do conteúdo: estado da arte no campo da educação e no ensino de química**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ensino de Química) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo.

GOES, L. F.; FERNANDEZ, C. Conhecimento pedagógico do conteúdo: sistematização da produção acadêmica durante vinte e quatro anos. In: 32º Encontro de debates sobre o Ensino de Química, 2012, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012. v.1. p.1-7.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar**. Rio de Janeiro: Record; 1997.

GOUVÊA, G.; MARTINS, I. Práticas de leituras de imagens em livros didáticos de ciências. In: Seminário Internacional as redes de conhecimento e tecnologia: Imagem e Cidadania, 2., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UERJ, 2003.

GRAÇA, A. **O conhecimento pedagógico do conteúdo no ensino do basquetebol**. 1997. Tese (Doutoramento) - Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física, Universidade do Porto, Porto, 1997

GROSSMAN, P. L. **The making of a teacher: teacher knowledge and teacher education**. New York: Teachers College Press, 1990.

GUÇÃO, M, F, B; CARNEIRO, M. C; SOUZA FILHO, M. P. de; BOSS, S. L. B; CALUZI, J. J. Seleção de fontes históricas para o trabalho em sala de aula: uma análise do “Poema para Galileu” em duas perspectivas diferentes. In. A. M. de A. Caldeira (org.), **Ensino de Ciências e Matemática V, História e Filosofia da Ciência**, (p. 249-268). São Paulo: Cultura Acadêmica, 2011.

GURGEL, I. Reflexões Político-Curriculares sobre a Importância da História das Ciências no Contexto da Crise da Modernidade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, p. 333-350, 2020.

GURGEL, C. M. A., MARIANO, G. E. Concepção de neutralidade e objetividade da ciência e tecnologia na formação de professores de ciências: argumentos para a inserção da história e sociologia da ciência na construção do conhecimento científico. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência E Tecnologia**, v. 1, n. 1, 59–72, 2009.

HANUSCIN, D. L.; LEE, M. H.; AKERSON, V. L. Elementary teachers' pedagogical content knowledge for teaching the nature of science. **Science Teacher Education**, v. 95, n. 1, p. 145-167, 2010.

HASHWEH, M. Z. Teacher pedagogical constructions: A reconfiguration of pedagogical content knowledge. **Teachers and Teaching**, v.11, n.3, p.273-292, 2005.

HIND, A.; LEACH, J.; RYDER, J. Teaching about the nature of scientific knowledge and investigation on AS/A level science courses. **Leeds: Centre for Studies in Science and Mathematics Education**, 2001.

HODSON, D. (2014). Nature of Science in the Science Curriculum: Origin, Development, Implications and Shifting Emphases. In M. R. Matthews (Ed.), **International handbook of research in history, philosophy and science teaching**, p. 911-970, 2014.

HOLMES GROUP. *Tomorrow's teachers: A report of the Holmes Group*. East Lansing, MI: The Holmes Group, 1986.

KARAL, I. S., & ALEV, N. Development of pre-service physics teachers' pedagogical content knowledge (PCK) throughout their initial training. **Teacher Development**, v. 20, n. 2, 162-180.

IRZIK, G., & NOLA, R. A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. **Science & Education**, v. 20, p. 591–607, 2011.

JARDIM, W. T., GUERRA, A. República das Letras, academias e sociedades científicas no século xviii: a garrafa de Leiden e a ciência no ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 34, 774–797, 2017.

KATO, Danilo Seithi; KAWASAKI, Clarice Sumi. **O significado pedagógico da contextualização para o ensino de ciências: análise dos documentos curriculares oficiais e de professores**. 2007. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

KIND, V. Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. **Studies in science education**, v. 45, n. 2, p. 169-204, 2009.

KOBALLA, T.R. et al. Prospective teachers' conceptions of the knowledge base for teaching chemistry at the gymnasium. **Journal of Science Teacher Education**, New York, v. 10, n. 4, p. 269–286, 1999

KÖHNLEIN, J. F. K.; PEDUZZI, L. O. Q. S. Uma discussão sobre a natureza da ciência no Ensino médio: um exemplo com a teoria da Relatividade restrita. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 1: p. 36, abr. 2005.

KUHN, T. **A Estrutura das Revoluções Científicas** (9 ed.). São Paulo: Perspectiva, 2009.

LEDERMAN, N. G. (1992). Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research. **Journal of Research in Science Teaching**, 29(4), 331–359.

\_\_\_\_\_. Pre-service teachers' understanding and teaching of the nature of science: an intervention study. **Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education**, Toronto, v. 1, n.2, p. 135-160, 2001.

\_\_\_\_\_. Nature of Science: past, present and future. In: Abell, S.K (Org); Lederman, N.G (Org). **Handbook of research of Science Education**. Mahwal: Lawrence Erlball Associates, p.881-880, 2007.

\_\_\_\_\_. Syntax of Nature of Science within inquiry and science instruction. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), **Scientific Inquiry and Nature of Science -**

**Implications for Teaching, Learning and Teacher Education.** Dordrecht: Springer, p. 301-318, 2006.

LEDERMAN, N. G., ABD-KHALICK, F., BELL, R. L., & SCHWARTZ, R. S. . Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 6, 497–521, 2002.

LOUGHRAN, J; MULHALL, P; BERRY, A. In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. **Journal of research in science teaching**, v. 41, n. 4, p. 370-391, 2004.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas.** São Paulo: EPU, 1986. 263.

MAGNUSSON, S. KRAJCIK, J.; BORKO, H. Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for Science teaching. In: Examining pedagogical content knowledge. **Springer Netherlands**, 1999, p. 95- 132.

MARCON, D. **Construção do conhecimento pedagógico do conteúdo dos futuros professores de educação física.** 2011. 574 f. Tese (Doutorado em Ciências do Desporto) - Faculdade de Desporto, Universidade do Porto, Porto, 2011.

\_\_\_\_\_. **Conhecimento pedagógico do conteúdo: a integração dos conhecimentos do professor para viabilizar a aprendizagem dos alunos.** Caxias do Sul: Educs, 2013.

MARCON, D.; GRAÇA, A. B. S.; NASCIMENTO, J. V. Busca de paralelismo entre conhecimento pedagógico do conteúdo e processo de raciocínio e ação pedagógica. **Educação em Revista**, v. 27, n. 1, p. 261-294, 2011.

\_\_\_\_\_. Práticas pedagógicas como cenário para a construção do conhecimento pedagógico do conteúdo dos futuros professores de Educação Física. **Journal of Physical Education**, v. 23, n. 2, p. 295-306, 2012.

MARKS, R. Pedagogical content knowledge: From a Mathematical case to a Modified Conception. **Journal of Teacher Education**, v.41, n.3, p.3-11, 1990.

MARTINS, A. F. P. (2007). História e Filosofia da Ciência no ensino: Há Muitas Pedras Nesse Caminho ... **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 2007, v., 24, n. 1, p. 112–131.

\_\_\_\_\_. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 703-737, 2015.

MARTINS, A. F. P.; RYDER, J. Há realmente um consenso acerca da Natureza da Ciência no Ensino de Ciências. **Anais...** In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Maresias, p.1-9, 2014.

MARTINS, I.; GOUVÊA, G.; PICCININI, C. L. Aprendendo com imagens. **Ciência e Cultura**, v. 57, n. 4, p. 38-40, 2005

MARTINS, R. A. Sobre o papel da História da Ciência no ensino. **Boletim Da Sociedade Brasileira de História Da Ciência**, 1990, v. 9, p. 3–5.

\_\_\_\_\_. O que é a ciência do ponto de vista da epistemologia? **Caderno de Metodologia e Técnica de Pesquisa**, 1999, v. 9, p. 5-20.

\_\_\_\_\_. Que tipo de História da Ciência esperamos ter nas próximas décadas? **Episteme**, 2002, v. 7, n. 10, p. 311–320.

\_\_\_\_\_. Introdução. A História das Ciências e seus usos na educação. In C. C. Silva (Ed.), **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006, p. XXI- XXXIV.

\_\_\_\_\_. A maçã de Newton: História, lendas e tolices. In C. C. Silva (Ed.), **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006, p. 167 - 189.

\_\_\_\_\_. Como Não Escrever Sobre História da Física - um Manifesto Historiográfico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 2001, v. 23, p. 113 – 129.

MÄNTYLÄ, T.; NOUSIAINEN, M. Consolidating pre-service physics teachers' subject matter knowledge using didactical reconstructions. **Science & Education**, v. 23, n. 8, p. 1583-1604, 2014.

MATTHEWS, M. R.. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, 1995, 12(3), p. 164–214.

\_\_\_\_\_. **Changing the Focus: From Nature of Science (NOS) to Features of Science (FOS)**. In M. S. Khine (Ed.), *Advances in Nature of Science Research - Concepts and Methodologies*,. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer, p. 3–26, 2012.

McCOMAS, W. F.. Nature of Science in the Science Curriculum and in Teacher Education Programs in the United States. In M. R. Matthews (Ed.), **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. Dordrecht-Heidelberg-London-New York: Springer, p. 1992-2023, 2014.

\_\_\_\_\_. The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. In: **The nature of science in science education: rationales and strategies**. Springer Netherlands, p. 53-70, 2002.

McCOMAS, W. F.; CLOUGH, M. P.; ALMAZROA, H. The Nature of Science in Science Education: An Introduction. **Science & Education**, v. 7, p. 511-532, 1998.

\_\_\_\_\_. The role and character of the nature of science in science education. In: **The nature of science in science education: rationales and strategies**. Springer Netherlands, p. 3-39, 2002.

McCOMAS, W. F.; OLSON, J. K. The nature of science in international science education standards documents. In: **The nature of science in science education: rationales and strategies**. Springer Netherlands, 2002. p. 41-52.

MELLADO, V. Preservice teacher's classroom practice and their conception of the nature of science. **Science & Education**, Dordrecht, v. 6, n. 4, p. 331-354, 1997.

MELO NIÑO, L. **Desarrollo del conocimiento didáctico del contenido sobre el campo eléctrico con profesores de física colombianos de bachillerato, mediante un programa de intervención**. Tese. Facultad de Educación, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas, Universidade de Extremadura, Badajoz, Espanha, 2015.

MELO NIÑO, L.; CAÑADA, F.; DÍAZ, M. Formación continua del profesorado de Física através del conocimiento didáctico del contenido sobre el campo eléctrico en Bachillerato: un caso de estudio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 131-151, abr. 2017.

MIZUKAMI, M. G. N.. Aprendizagem da docência: algumas contribuições de L.S.Shulman. In: **Educação, Santa Maria**, v. 29, n. n 02, p. 33-49, 2004.

MOREIRA, I. de C. Poesia na sala de aula de ciências. **Física na Escola**, v. 3, n. 1, 2002

MORINE-DERSHIMER, G; KENT, T. The complex nature and sources of teachers' pedagogical knowledge. GESS-NEWSOME, J; LEDERMAN, N. G. (Ed.). **Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education**. Springer Science & Business Media, p. 21-50, 2001.

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, Rio de Janeiro**, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.

MOZZER, N. B., & JUSTI, R. Nem tudo que reluz é ouro: Uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 15(1), 123-147, 2005.

NURULSARI, N., ABDURRAHMAN., MAULINA, H., SUKAMTO, I., UMAM, R. Exploring the Prospective of Pre-Service Physics Teacher's Pedagogical Content Knowledge: A Case Study. **Young Scholar Symposium on Science Education and Environment**, 2019, p. 1- 14.

NETO, O. C. O trabalho de campo como descoberta e criação. In: DE SOUZA MINAYO, Maria Cecília; DESLANDES, Suely Ferreira; GOMES, Romeu. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Editora Vozes Limitada, 2011.

OLIVEIRA, R. A., & SILVA, A. P. B. História da ciência e Ensino de Física: uma análise meta-históricográfica. In L. O. Q. Peduzzi, A. F. P. Martins, & J. M. H. Ferreira (Eds.), **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino** (pp. 9–40). Natal: EDUFRRN.

ORTIZ, Adriano José. **História Da Ciência e Construção do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo Relatividade na Formação de Professores de Física**. 2013. 240f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

OSBORNE, J., COLLINS, S., RATCLIFFE, M., MILLAR, R., & DUSCHEL, R. (2003). What “ideasabout- science” should be taught in school science? A delphi study of the expert community. **Journal of Research in Science Teaching**, 40(7), 692–720.

PARK, S.; OLIVER, S. Revisiting the conceptualization of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. **Research in Science Education**, New York, v. 38, p. 261-284, 2008.

PEDUZZI, L. O. Q. (2005). Sobre a utilização didática da história da ciência. In M. Pietrocola (Ed.). **Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. Florianópolis, SC: UFSC, p. 151-170.

PENA, F. L. A.; TEIXEIRA, E. S. Visões sobre a Natureza da Ciência que orientam as pesquisas empíricas sobre o uso da História e Filosofia da Ciência em Disciplinas da Graduação em Física. In: XV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Maresias, São Paulo, **Anais...**, p.1-8, 2014.

PONTE, J. P. Estudos de caso em educação matemática. **Bolema**, v. 25, 105-132, 2006.

POPPER, K.R. **Conhecimento objetivo**. São Paulo: EDUSP, 1975

PRAIA, J., & CACHAPUZ, F. (1994). Un análisis de las concepciones acerca de la Naturaleza del Conocimiento Científico de los profesores portugueses de la Enseñanza Secundaria. **Enseñanza de Las Ciencias**, 12(3), 350–354.

PRAIA, J., GIL-PÉREZ, D. & VILCHES, A. O papel da natureza da Ciência na Educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 2, 141–156, 2007.

PUMFREY, S. History of science in the National Science Curriculum: a critical review of resources and the aims. **The British Journal for the History of Science**, 61–78, 1991.

RAMOS, V.; GRAÇA, A.; NASCIMENTO, J. V. O conhecimento pedagógico do conteúdo de treinadores de basquetebol: uma proposta de investigação qualitativa com treinadores experientes. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE JOGOS DESPORTIVOS: OLHARES E CONTEXTOS DA PERFORMANCE – DA INICIAÇÃO AO ALTO RENDIMENTO, 1., 2007, Porto. **Anais...** Porto: Faculdade de Desporto, Universidade do Porto, 2007

REGO, S. C.R; GOUVÊIA, G. **Imagens na disciplina escolar física: possibilidades de leitura**. Investigações em Ensino de Ciências – V18(1), pp. 127-142, 2013

ROLLNICK, M.; BENNETT, J.; RHEMTULA, M.; DHARSEY, N.; NDLOVU, T. The Place of Subject Matter Knowledge in Pedagogical Content Knowledge: A case study of South African teachers teaching the amount of substance and chemical equilibrium. **International Journal of Science Education**, v.30, n.10, p.1365-1387, 2008.

ROSA, P. R da S. O uso dos recursos audiovisuais e o ensino de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 17, n. 1: p. 33-49, abr. 2000

ROZENTALSKI, E. F. **Indo além da Natureza da Ciência: o filosofar sobre a Química por meio da ética química**, 2018. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) - Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

RUTT, Alexis; MUMBA, Frackson. Developing Preservice Teachers' Understanding of and Pedagogical Content Knowledge for History of Science–Integrated Science Instruction. **Science & Education**, v. 28, n. 9, p. 1153-1179, 2019.

SILVA, B. V. C. **O desenvolvimento do conhecimento pedagógico do conteúdo referente à temática Natureza da Ciência na formação inicial de professores de Física**. 2018. Tese. (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SILVA, B. V. C.; MARTINS, A. F. P. O conhecimento pedagógico do conteúdo referente ao tema Natureza da Ciência na formação inicial de professores de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, p. 735- 768, 2019.

SILVA, B. V. C.; MARTINS, A. F. P. Uma proposta para avaliação do desenvolvimento do conhecimento pedagógico do conteúdo de futuros professores de Física acerca da temática. Natureza da Ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, p. 389-413, 2018b.

SHULMAN, L. 2008. A little history about Dr. Lee Shulman. Disponível em <<http://www.leeshulman.net/biography/>>. Acesso em: 22 abril. 2020.

\_\_\_\_\_. Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. **Harvard Education Review**, v. 57, n. 1, p. 1-23, 1987.

\_\_\_\_\_. PCK: Its genesis and exodus. In: BERRY, A; FRIEDRICHSEN, P; LOUGHRAN, J (Ed.). **Re-examining pedagogical content knowledge in science education**. Routledge, p. 3-13, 2015.

SHULMAN, L. S.; SYKES, G. A national board for teaching? In: Search of a bold standard. Trabalho apresentado por: Task Force on Teaching as a Profession, Carnegie Forum on Education and the Economy, mar. 1986.

\_\_\_\_\_. Those who understand: Knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**, p. 4-14, 1986.

SILVA, A. P. B.; FORATO, T. C. M.; GOMES, J. L. A. M. C. Concepções sobre a natureza do calor em diferentes contextos históricos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, p. 492-537, 2013.

SMITH, M.U; SCHARMANN, L.C. "Defining versus Describing the Nature of Science: A Pragmatic Analysis for Classroom Teachers and Science Educators," **Science Education**, 83, 493–509, 1999

SOUZA FILHO, M. P. de; BOSS, S. L. B; CALUZI, J. J. Concepções e perfis epistemológicos de estudantes universitários referentes aos conceitos abstratos do eletromagnetismo. In. A. M. de A. Caldeira (org.), **Ensino de Ciências e Matemática V, História e Filosofia da Ciência** (p. 231-248). São Paulo: Cultura Acadêmica, 2011.

TAMIR, P. Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. **Teaching and Teacher Education**, v.4, n.2, p.99-110, 1988.

TEIXEIRA, E. S.; EL-HANI, C. N.; FREIRE JR, O. Concepções de estudantes de Física sobre a Natureza da Ciência e sua transformação por uma abordagem

contextual do Ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n.3, p. 111-123, 2001.

TEIXEIRA, E. S., FREIRE JR., O., & EL-HANI, C. N. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da Natureza da Ciência de estudantes de Física. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 3, 529–556, 2009.

TEIXEIRA, E. S., GRECA, I. M., & FREIRE JR., O. Uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no Brasil sobre o uso didático de História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física. In L. O. Q. Peduzzi, A. F. P. Martins, & J. M. H. Ferreira (Eds.), **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino** (p. 9–40). Natal: EDUFRN, 2012.

TESTONI, L. A. **Caminhos criativos e elaboração de conhecimentos pedagógicos de conteúdo na formação inicial do professor de física**. 2013. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

VAN DRIEL, J., DE JONG, O. & VERLOOP, N. O desenvolvimento da química do preservice conhecimento de conteúdo pedagógico dos professores. **Educação Científica**, 86, 572-590. 2002.

VANNUCHI, A. I; **História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula**, Dissertação do Mestrado apresentada no Instituto de Física e à Faculdade de Educação da USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

VÁZQUEZ-ALONSO, Á., & MANASSERO-MAS, A., ACEVEDO- DÍAZ, J.A., & ACEVEDO-ROMERO, P. Consensos sobre la naturaleza de la Ciencia: la comunidad tecnocientífica. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, v. 6, n.2, p. 331–363, 2007.

VÁZQUEZ-ALONSO, Á., & MANASSERO-MAS, A. Características del conocimiento científico: creencias de los estudiantes. **Enseñanza De Las Ciencias**, 17(3), 377–395. 1999.

VITAL, A., & GUERRA, A. A natureza da ciência no ensino de Física: estratégias didáticas elaboradas por professores egressos do mestrado profissional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 2, 225–257, 2014.

ZANETIC, J. **Física também é cultura**.1989 (Tese de Doutorado). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ZIMAN, J. **A força do conhecimento**. Belo Horizonte-São Paulo: Ed. Etatiaia e Ed. da Universidade de São Paulo, 1981.

## APÊNDICE A: ESTRUTURA CURRICULAR DO CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

### DADOS DA ESTRUTURA CURRICULAR

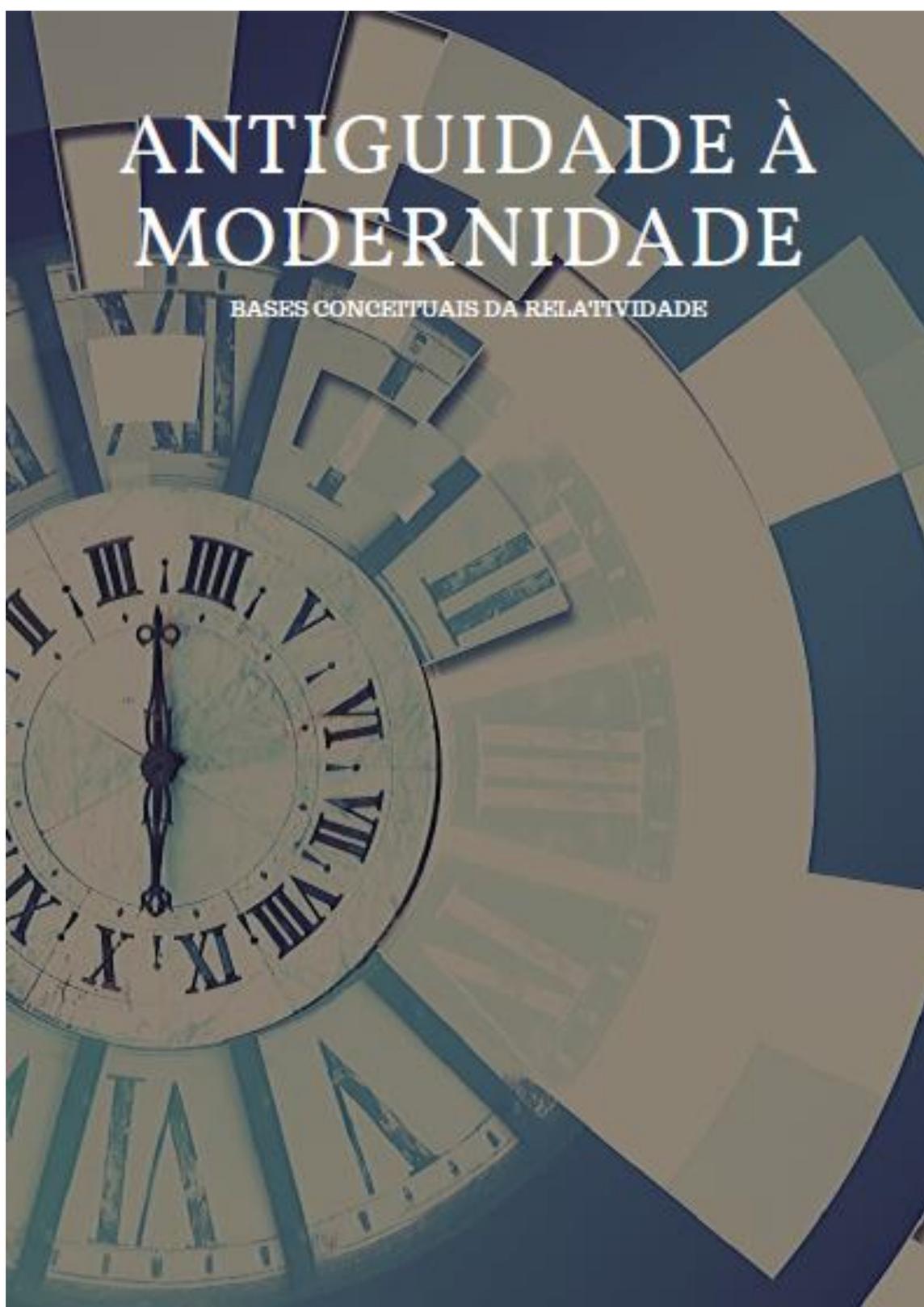
<b>Código:</b> 0142016				
<b>Matriz Curricular:</b> FÍSICA LICENCIATURA - Itajubá - LICENCIATURA PLENA - Presencial - N				
<b>Unidade de Vinculação:</b> [REDACTED]				
<b>Município de funcionamento:</b> [REDACTED]				
<b>Período Letivo de Entrada em Vigor:</b> 2016 . 1				
<b>PRAZOS E CARGAS HORÁRIAS</b>				
<b>Carga Horária Mínima:</b> 3448h				
<b>Carga Horária Obrigatória</b>				
<b>Subtotal de CH de Aula:</b> 3024h				
<b>Subtotal de CH de Orientação Acadêmica/Profissional:</b> 192h				
<b>Total:</b> 3216h				
<b>Carga Horária Optativa Mínima:</b> 192h				
<b>Carga Horária Complementar Mínima:</b> 40h				
<b>Carga Horária Obrigatória de Atividade Acadêmica Específica:</b> 0h				
<b>Carga Horária Máxima de Componentes Eletivos:</b> 320h				
<b>Carga Horária Máxima por Período Letivo:</b> 544h				
<b>Prazo Para Conclusão (em semestres):</b> <i>Mínimo:</i> 8 <i>Médio:</i> 8 <i>Máximo:</i> 14				
<b>Componentes Optativos</b>				
Componente Curricular		CH Detalhada	Tipo	Natureza
ADM071	Filosofia e Epistemologia - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
AST922	ASTROFÍSICA ESTELAR - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
AST924	ASTROFÍSICA EXTRAGALÁCTICA - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
AST925	Introdução à Cosmologia - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
AST927	Introdução à Astronomia - 64h	64h Aula	BLOCO	OPTATIVO
AST928	TÉCNICAS OBSERVACIONAIS EM ASTROFÍSICA - 64h	64h Aula	BLOCO	OPTATIVO
CAT001	Fundamentos para Estudos das Ciências Atmosféricas - 80h	80h Aula	BLOCO	OPTATIVO
CAT021	Radiação Atmosférica - 96h	96h Aula	BLOCO	OPTATIVO
CAT114	Modelagem Climática - 64h	64h Aula	BLOCO	OPTATIVO
CCO016	FUNDAMENTOS DE PROGRAMAÇÃO - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
COM966	Divulgação Científica - 32h	32h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
EAM002	CIÊNCIAS DO AMBIENTE - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
EAM007	Educação Ambiental - 64h	64h Aula	BLOCO	OPTATIVO
EAM619	ENERGIA E MEIO AMBIENTE - 64h	64h Aula	BLOCO	OPTATIVO
ECL201	ECOLOGIA GERAL - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
EDU010	DOCÊNCIA VIRTUAL - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
EDU012	CULTURA E TERRITÓRIO I - 48h	48h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
EDU013	CULTURA E TERRITÓRIO II - 48h	48h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
EDU964	Informática na Educação - 64h	64h Aula	BLOCO	OPTATIVO
EDU965	Psicanálise e Educação - 32h	32h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
FIS007	INTRODUÇÃO À FÍSICA DE MATERIAIS - 32h	32h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
FIS008	INTRODUÇÃO À ASTROFÍSICA - 32h	32h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO

FIS009	INTRODUÇÃO ÀS INTERAÇÕES FUNDAMENTAIS - 32h	32h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
FIS012	Seminários de Física - 32h	32h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
FIS100	PROJETOS ESPECIAIS EM FÍSICA - 32h	32h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
FIS421	MECÂNICA CLÁSSICA I - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
FIS521	MECÂNICA CLÁSSICA II - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
FIS600	INTRODUÇÃO À FÍSICA NUCLEAR E DE PARTÍCULAS ELEMENTARES - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
FIS631	TERMODINAMICA - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
FIS641	ELETROMAGNETISMO I - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
FIS671	INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
FIS871	Laboratório Avançado II - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
FIS911	ESTRUTURA E PROPRIEDADES DE MATERIAIS - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
FIS912	FÍSICA DO ESTADO SÓLIDO - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
FIS913	TÓPICOS EM MATERIAIS - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
FIS930	PROPAGAÇÃO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
FIS962	História da Física - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
FIS993	Tópicos Atuais da Pesquisa em Ensino de Física I - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
FIS994	Tópicos Atuais da Pesquisa em Ensino de Física II - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
LET010	Introdução à Língua Inglesa - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
LET012	LIBRAS - LÍNGUA BRASILEIRA DE SINAIS II - 48h	48h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
MAT012	CÁLCULO NUMÉRICO - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
MAT150	INTRODUÇÃO À EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
MAT156	Prática de Ensino de Matemática VI - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
MAT173	Problemas em Educação Matemática - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
QLI016	FILOSOFIA DA CIÊNCIA - 32h	32h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
QLI019	PRÁTICAS INTERDISCIPLINARES EM EDUCAÇÃO - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
SOC001	Ciências Humanas e Sociais - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OPTATIVO
<b>CH Total: 2816h</b>				
<b>Componentes Complementares</b>				
Componente Curricular		CH Detalhada	Tipo	Natureza
<b>CH Total: 0h</b>				
<b>1º Nível</b>				
Componente Curricular		CH Detalhada	Tipo	Natureza
AST929	CONCEITOS DE ASTRONOMIA - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
FIS004	INTRODUÇÃO À FÍSICA EXPERIMENTAL - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
FIS162	Prática de Ensino de Física I - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
MAT001	CÁLCULO I - 96h	96h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
MAT011	GEOMETRIA ANALÍTICA E ÁLGEBRA LINEAR - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
<b>CH Total: 352h</b>				
<b>2º Nível</b>				
Componente Curricular		CH Detalhada	Tipo	Natureza
FIS163	Panorama da Física - 32h	32h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
FIS203	FÍSICA GERAL I - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
FIS262	PRÁTICA DE ENSINO DE FÍSICA II - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO

FIS273	FÍSICA EXPERIMENTAL I - 32h	32h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
MAT002	CÁLCULO II - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
MAT021	EQUACOES DIFERENCIAIS I - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
<b>CH Total:</b> 320h				
<b>3º Nível</b>				
Componente Curricular		CH Detalhada	Tipo	Natureza
EDU962	FILOSOFIA DA EDUCAÇÃO - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
FIS304	FÍSICA GERAL II - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
FIS362	Prática de Ensino de Física III - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
FIS374	FÍSICA EXPERIMENTAL II - 32h	32h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
MAT003	CÁLCULO III - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
MAT022	EQUAÇÕES DIFERENCIAIS II - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
<b>CH Total:</b> 352h				
<b>4º Nível</b>				
Componente Curricular		CH Detalhada	Tipo	Natureza
FIS403	FÍSICA GERAL III - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
FIS462	PRÁTICA DE ENSINO DE FÍSICA IV - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
FIS473	FÍSICA EXPERIMENTAL III - 32h	32h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
MAT013	PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
<b>CH Total:</b> 304h				
<b>5º Nível</b>				
Componente Curricular		CH Detalhada	Tipo	Natureza
EDU006	PSICOLOGIA DA EDUCAÇÃO - 96h	96h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
EDU968	DIVERSIDADE E INCLUSÃO I - 32h	32h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
FIS504	FÍSICA GERAL IV - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
FIS562	Prática de Ensino de Física V - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
FIS574	Física Experimental IV - 32h	32h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
FIS581	ESTÁGIO SUPERVISIONADO I - 112h	112h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
<b>CH Total:</b> 400h				
<b>6º Nível</b>				
Componente Curricular		CH Detalhada	Tipo	Natureza
EDU662	DIDÁTICA - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
EDU963	Estrutura e Funcionamento do Ensino - 64h	64h Aula	BLOCO	OBRIGATORIO
EDU969	DIVERSIDADE E INCLUSÃO II - 32h	32h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
FIS651	FISICA QUANTICA - 96h	96h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
FIS662	PRÁTICA DE ENSINO DE FÍSICA VI - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
FIS681	ESTÁGIO SUPERVISIONADO II - 112h	112h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
<b>CH Total:</b> 432h				
<b>7º Nível</b>				
Componente Curricular		CH Detalhada	Tipo	Natureza
FIS005	INTRODUÇÃO À PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
FIS663	Instrumentação para o Ensino de Física I - 64h	64h Aula	BLOCO	OBRIGATORIO

FIS762	PRÁTICA DE ENSINO DE FÍSICA VII - 64h	64h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
FIS772	LABORATÓRIO AVANÇADO I - 80h	80h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
FIS781	ESTÁGIO SUPERVISIONADO III - 128h	128h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
LET007	LIBRAS - LÍNGUA BRASILEIRA DE SINAIS - 48h	48h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
TCC_PROJETOFINAL_77	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - I - 77h	77h Orientação Acadêmica/Profissional	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	OBRIGATORIO
<b>CH Total:</b> 525h				
<b>8º Nível</b>				
Componente Curricular		CH Detalhada	Tipo	Natureza
FIS763	Instrumentação para o Ensino de Física II - 64h	64h Aula	BLOCO	OBRIGATORIO
FIS861	Prática de Ensino de Física VIII - 64h	64h Aula	BLOCO	OBRIGATORIO
FIS863	Tecnologias Educacionais - 64h	64h Aula	BLOCO	OBRIGATORIO
FIS881	ESTÁGIO SUPERVISIONADO IV - 128h	128h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
FIS963	EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS DA FÍSICA - 96h	96h Aula	DISCIPLINA	OBRIGATORIO
TCC_PROJETOFINAL_115	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - II - 115h	115h Orientação Acadêmica/Profissional	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	OBRIGATORIO
<b>CH Total:</b> 531h				

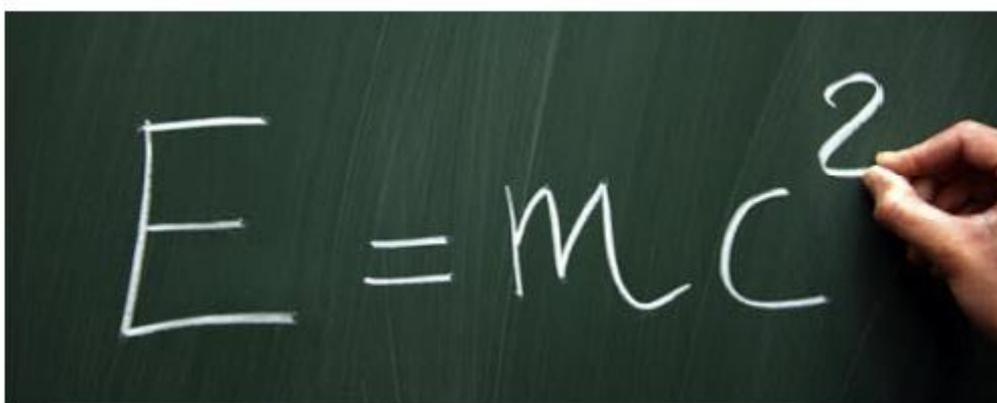
## APÊNDICE B: Material Didático de FP1



VOLUME 1, PRIMEIRA EDIÇÃO

# DA ANTIGUIDADE À MODERNIDADE

Uma breve descrição da construção do conceito de relatividade



## UMA BREVE INTRODUÇÃO

O pensamento humano se constrói de maneira complexa e os caminhos seguidos pelos paradigmas de cada época específica são intimamente relacionados à diversas características políticas, geográficas, ambientais, sociais, econômicas, entre outras. O pensamento científico não é diferente.

Em minha perspectiva acho interessante que para que possamos explicar a forma como se construiu o conceito de relatividade, inicialmente se traga uma breve discussão de como a ciência se adapta as condições e como os profissionais envolvidos são moldados pelo paradigma da época.

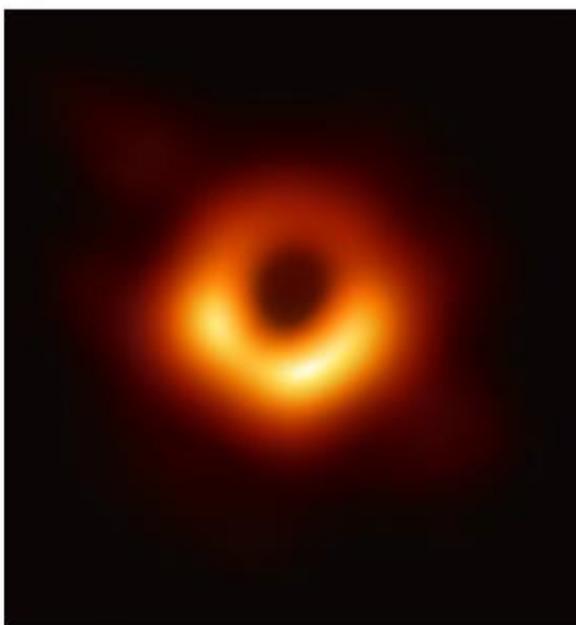
Neste trabalho discutirei perspectivas, experimentos, raciocínios e conceitos importantes que surgiram em diferentes momentos históricos, como o título deste trabalho deixa claro, desde a Antiguidade até a modernidade, e como estes pensamentos auxiliaram a construção da relatividade geral e restrita por Einstein em seu ano miraculoso.

## OS CONCEITOS CIENTÍFICOS

Os conceitos científicos podem ser definidos como construções baseadas na observação de fenômenos, experimentos, e principalmente, estruturados sobre uma infinidade de trabalhos desenvolvidos ao longo da história.

A construção destes conceitos não se dá de forma linear, ou seja, é constante o resgate de trabalhos antigos e a moldagem dos pensamentos clássicos aos paradigmas em que o pesquisador se encontra. Neste trabalho será discutido o conceito de relatividade com maiores detalhes, percebe-se que a construção desta ideia tem traços deste à Antiguidade, com os pensamentos de Aristóteles sobre a natureza do movimento, ou até mesmo o paradoxo de Zenão, antes mesmo de chegarmos aos trabalhos de Galileu Galilei.

Os conceitos no entanto são diversos, tais como: carga elétrica, vácuo, entropia, força, tempo, espaço, caos, etc. Note que estas definições são básicas ao ponto de que mudanças em suas definições e estruturas ocasionariam mudanças em toda a física contemporânea. Esta é em minha visão a principal característica de um conceito, eu os tenho com o a espinha dorsal do conhecimento científico.





## O MOVIMENTO DE ARISTÓTELES

São poucos os exemplos de trabalhos científicos cujas raízes do conhecimento envolvido não estejam entrelaçadas nas descrições aristotélicas do mundo. As consequências deste pensamento se estendem aos séculos seguintes, a idade média e o renascimento, principalmente pela influência que estas ideias tiveram nas crenças religiosas dominantes nestes períodos.

A "ciência" que era feita por Aristóteles se diferencia de muitas formas do que entendemos como método científico atualmente. As ideias surgiam através da observação dos fenômenos em seu cotidiano, e o aceitação das mesmas era definido pelo poder de argumentação do filósofo.

A visão Aristotélica é uma das primeiras descrições de movimento registradas e era baseada nos conceitos de lugar natural dos elementos. Corpos que eram feitos de Terra, ou água tinham como lugar natural o centro da Terra, por isso caem em sua direção. Corpos formados de Fogo e Ar por sua natureza sobem em direção aos céus.

Para que os corpos "graves" se movessem em direção aos céus era necessário que se fizesse uma violência contra eles. O contrário também vale-se para os corpos não graves. Portanto, existem dois tipos de movimentos, os violentos e os naturais.

Assim, podemos ter uma ideia de como seria o Universo Aristotélico. Uma Terra esférica no centro de tudo, onde os fenômenos imperfeitos cotidianos aconteciam na esfera sub-lunar. E a região supra-lunar, onde estavam o Sol, a Lua, os planetas e a esfera celeste, em movimentos circulares perfeitos constantes ao redor da Terra.

Esta visão impactou em muito o trabalho de Galileu, assim como de Giordano Bruno e Jean Buridan. E assim damos nossos próximos passos na construção do conceito de relatividade.



## JEAN BURIDAN, GALILEU GALILEI E GIORDANO BRUNO

### *Uma crítica ao pensamento aristotélico*

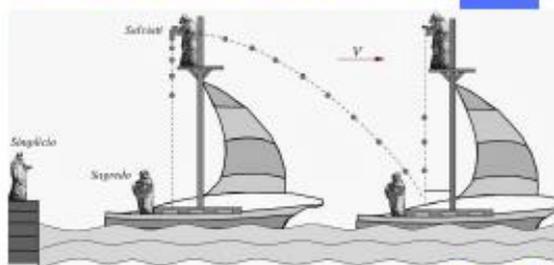
Estes três nomes talvez sejam os primeiros a ser citados quando entra-se na discussão relativa à queda do pensamento aristotélico. Seus trabalhos tiveram relativa importância na construção da mecânica clássica devido ao desenvolvimento de conceitos importantes, tais como a inércia dos corpos em movimento, discussões sobre o modelo heliocêntrico e a relatividade clássica de Galileu.

As ideias Aristotélicas eram muito fortes neste período uma vez que tinham o apoio da igreja, no entanto não estavam livres de críticas, Jean Buridan critica diretamente a ideia de Antiperístases em defesa do conceito de impetus. Juntamente à pensamentos de Galileu e Giordano, o conceito de inércia tem suas raízes, tais como o experimento do Barco, e da carroça de palha.

Estas discussões estabeleceram as definições clássicas de movimento, a cinemática de Galileu e seu movimento relativo. Mas a época em que os trabalhos foram realizados não era tão acolhedora, principalmente as ideias Heliocêntricas que surgiam. Ideias essas que levaram Galileu à prisão domiciliar e Giordano à fogueira. As observações de Galileu das imperfeições da Lua, os dos satélites de Júpiter, o movimento retrógrado dos planetas e o problema dos epiciclos. Todos indicavam que estávamos observando o movimento pela por uma outra perspectiva, ou por outro referencial.

Obviamente, estes não foram os únicos nomes envolvidos, podemos citar os trabalhos de Kepler, Copérnico, Ptolomeu, Tycho Brahe e até mesmo Leonardo da Vinci. Nesta perspectiva, consegue-se notar os gigantes aos quais Newton esteve sobre os ombros ao escrever seu Principia. Para finalizar esta seção é interessante trazer o princípio da relatividade de Galileu:

*"se as leis da mecânica são válidas num dado referencial, então são também válidas em qualquer referencial que se mova com velocidade retilínea e uniforme em relação ao primeiro."*



## A MECÂNICA NEWTONIANA E A LAGRANGIANA

Quando trata-se dos trabalhos de Sir Isaac Newton a primeira recordação que temos é de suas três leis, mas neste trabalho estou interessado verdadeiramente em outras duas definições presentes em sua maior obra, o Principia:

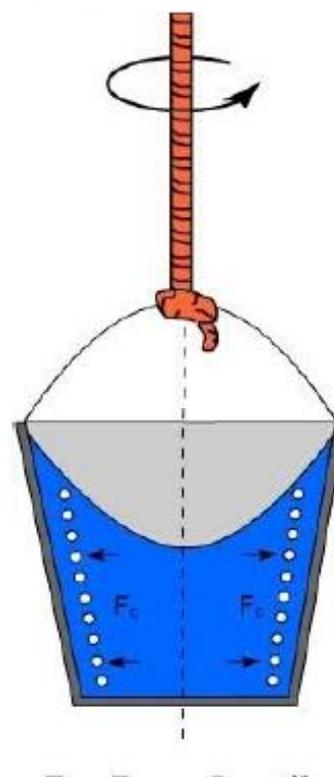
- I. O tempo absoluto, verdadeiro e matemático flui sempre igual por si mesmo e por sua natureza, sem relação com qualquer coisa externa, chamando-se com outro nome "duração"*
- II. O espaço absoluto, por sua natureza, sem nenhuma relação com algo externo, permanece sempre semelhante e imóvel*

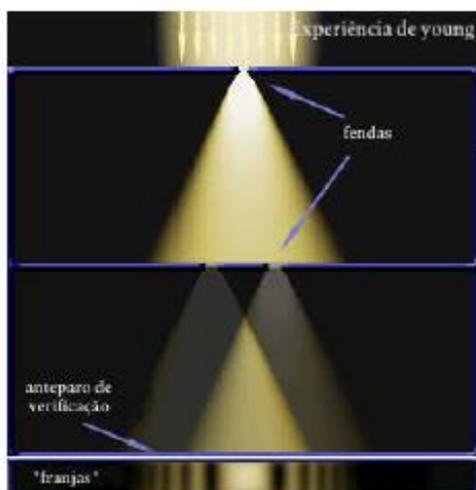
O trabalho de Newton tinha quase um caráter religioso ao seus apoiadores, e isto se estendeu até muito após sua morte. Pode-se dizer que Newton foi um grande compilador de ideias, unificando o estudo da cinemática, dinâmica e Astronomia, no que então seria conhecido como Mecânica.

O trabalho de Newton é então ampliado por um trabalho conjunto de diversas mentes, podendo citar d'Alembert, Hamilton, Lagrange, Euler e Laplace. O que traria ao trabalho de Newton um estudo analítico dos conceitos envolvidos através de princípios de mínima ação. Fazendo com que a gravitação newtoniana tome sua forma mais profunda sendo capaz de prever as perturbações planetárias e assim prever a existência de Netuno.

Esta visão de mundo perdura com grandes forças até 1905, mas o caminho que leva à sua "queda" é dependente basicamente da mudança de paradigma da forma como a ciência é desenvolvida. Einstein diria que suas ideias surgiram principalmente durante os estudos em seu trabalho sobre a "Eletrodinâmica dos Corpos em Movimento".

Tendo isto em vista, seguem-se uma série de experimentos que possibilitaram estabelecer uma nova visão de mundo ao adentrarmos no período moderno.



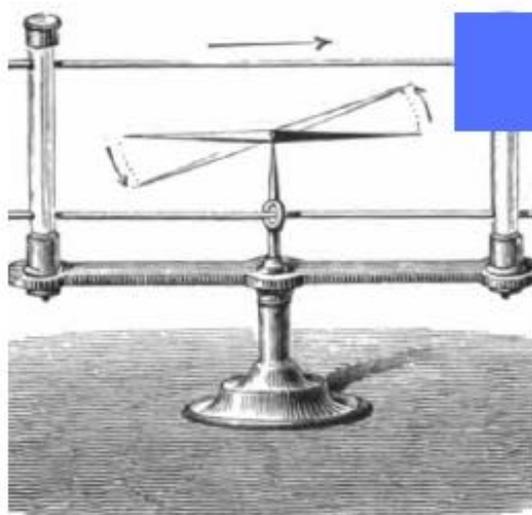
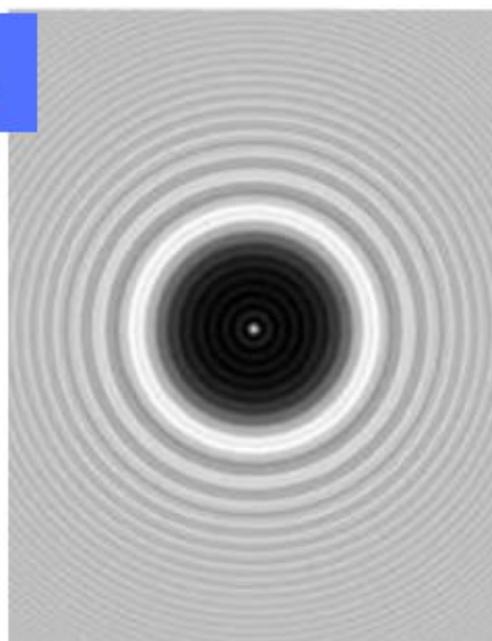


## YOUNG

*O experimento de Thomas Young mostrava um efeito interessante relativo ao efeito de interferência, ao permitir que a luz proveniente de uma fonte atravessasse um sistema de fenda dupla, assim simulando duas fontes pontuais luminosas que ao se sobrepuerem surgem franjas. Seu trabalho é fortemente embasado na perspectiva Newtoniana, mais como uma jogada inteligente para incluir uma ideia nova sobre o paradigma atual. A ideia de a luz apresentar características ondulatórias ia contra a descrição corpuscular de Newton.*

## HUYGENS-FRESNEL

*Em um trabalho conjunto, baseado na descrição de frentes de ondas dada por Huygens, e observando os resultados de Young, Fresnel então tenta descrever novas propriedades para o Éter Luminífero, meio de propagação da luz. Ele então descreve que o meio não seria arrastado pelos corpos se movendo através dele, pois além da aberração, não era perceptível nenhum efeito sobre a luz observada. No entanto, deveria haver mudanças na densidade deste meio próximo à objetos transparentes e que os fenômenos observados eram relativos à diminuição da velocidade da luz. Nesta perspectiva então, percebe-se que o trabalho conjunto dos três nomes citados anteriormente com acréscimo de Arago constrói a ideia que a luz possa ser um oscilação Transversal.*

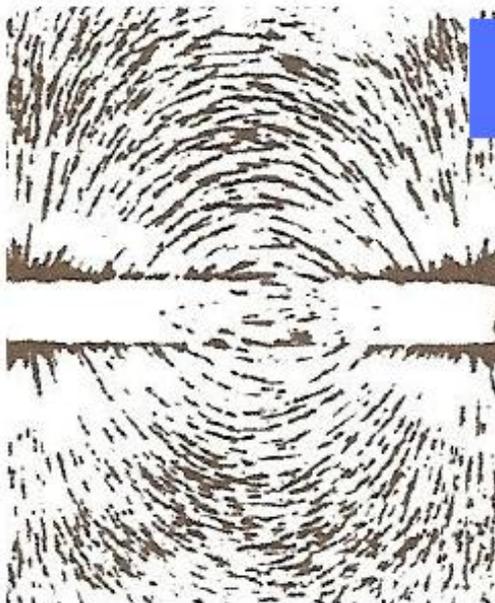
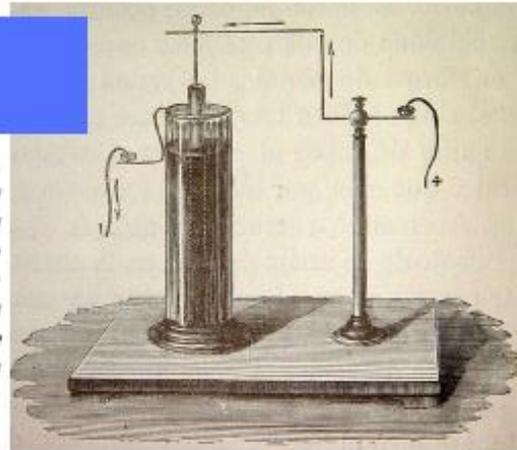


## OERSTED

*Oersted realizou um experimento, onde por um fio suspenso próximo à uma agulha de bússola, percebe-se que a mesma se move ao se passar corrente pelo fio. As consequências deste trabalho são maiores do que aparentam neste momento. Mas aqui se encontra uma das primeiras relações entre efeitos elétricos e efeitos magnéticos. Nota-se que é uma característica própria da construção do Eletromagnetismo, a presença de experimentos prévios à teorização dos fenômenos, esta mudança de paradigma é o que torna possível o rápido desenvolvimento deste campo científico.*

## AMPÈRE

Ampère deu continuidade ao trabalho de Oersted, realizando diversos experimentos com a finalidade de descrever uma relação entre a corrente elétrica passando por um fio e o efeito magnético observado na agulha da bússola. Ele mostra a relação matemática que determina a intensidade magnética gerada por uma corrente elétrica, e posteriormente esta lei ganharia seu nome.

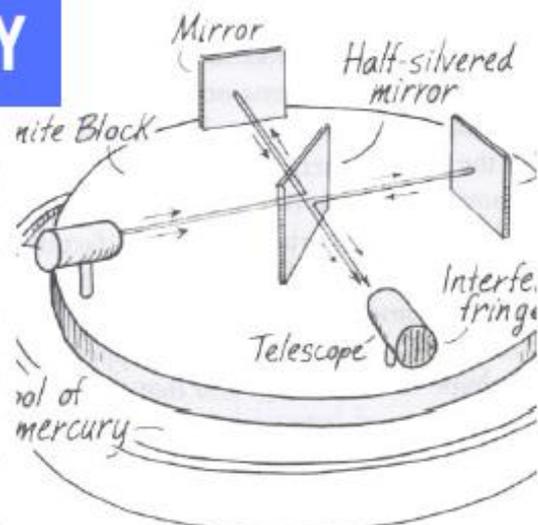


## FARADAY

Faraday foi um dos maiores experimentais já conhecidos, o seu interesse por Eletromagnetismo se deu após a observação do fenômeno de Oersted. Ele então realizou vários experimentos, que resultaram na construção dos primeiros dinamos e a descrição da indução eletromagnética quando se aproximava um ímã de um solenoide. No entanto é interessante notar outra característica observada durante os experimentos de Faraday, onde utilizando limalha de ferro ele percebeu que o efeito magnético atuava de maneira circular nos arredores de um ímã, ou de um fio pelo qual se passasse uma corrente. Este efeito observado chamou a atenção de Maxwell, que buscava entender a possibilidade de ocorrerem interações à distância.

## MICHELSON-MORLEY

O experimento de Michelson-Morley, ou interferômetro de Michelson-Morley tinha como objetivo medir a variação da velocidade da luz no Éter luminífero por conta do movimento de translação da Terra em diferentes posições em sua órbita. Assim como os experimentos anteriores, este experimento possibilitou, através de seu resultado negativo, a mudança do paradigma em que a física se encontrava. Utilizando-se como base o trabalho de Maxwell e Lorentz, Einstein então propôs uma das maiores mudanças conceituais conhecidas até o momento. A pergunta que ficava era: "Por quê os fenômenos eletromagnéticos não se conciliavam com a mecânica clássica Newtoniana?"



## O TRABALHO DE MAXWELL

Após observar o trabalho de Faraday com as limalhas de Ferro, Maxwell demonstrou devido interesse em questões relativas às formas como as interações ocorriam e as possibilidades destas interações ocorrerem à distância, sem mediação.

Ao observar os padrões obtidos, foi natural que o mesmo tentasse descrever o fenômeno através de deformações causadas no meio. A natureza então desta deformação fez com que o mesmo descrevesse um novo conceito físico, o conceito de campo.

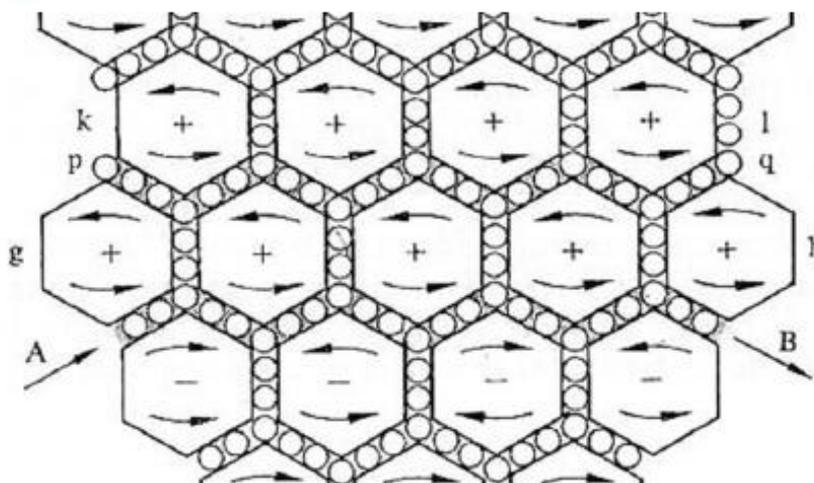
Através desta nova formulação, Maxwell foi capaz de unificar os fenômenos observados nos experimentos de Oersted, Ampère, Faraday e Gauss, em quatro equações e então estabelecendo a fundação do eletromagnetismo como conhecemos hoje.

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = q / \epsilon_0$$

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$$

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = -d\Phi_{\mathbf{B}} / dt$$

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = \mu_0 i + \mu_0 \epsilon_0 d\Phi_{\mathbf{E}} / dt$$



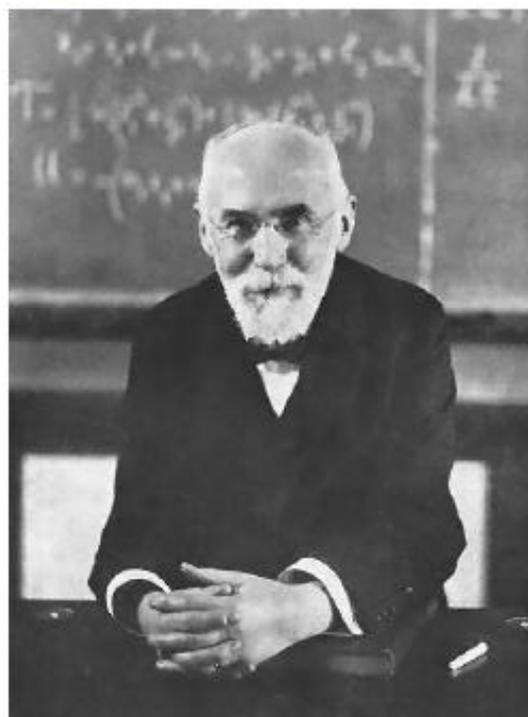
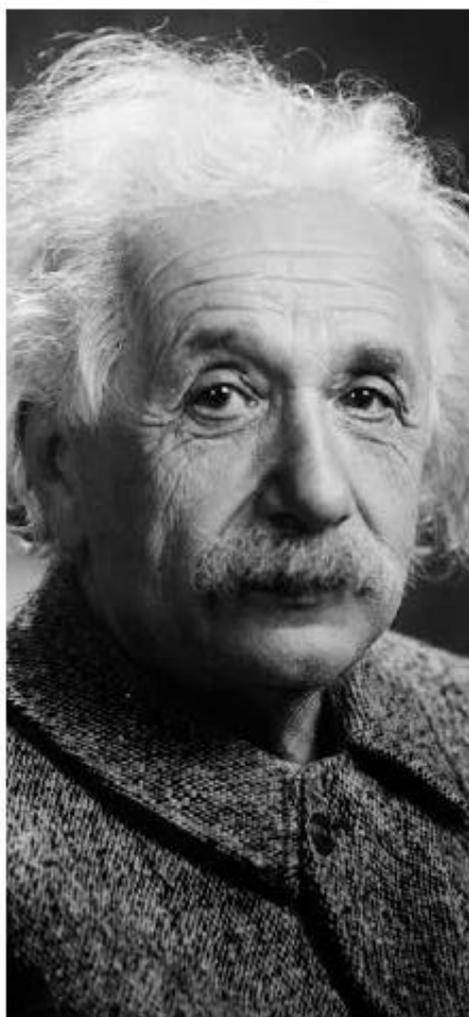
No entanto, Maxwell percebeu que através destas equações era possível obter uma equação de onda, esta onda com características transversais e que tinha uma velocidade constante bem estabelecida dependentes da permissividade elétrica e permeabilidade magnética do meio eletro-magnético.

Neste momento descrito existiam dois fenômenos, a luz que se propagava com uma velocidade definida no éter luminífero, que apresentava características ondulatórias como visto nos experimentos de Fresnel, Huygens e Young, e as ondas eletromagnéticas que se propagavam através de propriedades muito semelhantes à da luz, até mesmo com a mesma velocidade. O que nos trás então à uma última unificação nesta seção: a luz é uma onda eletromagnética.

# A INVARIÂNCIA DA VELOCIDADE DA LUZ

Para terminar este trabalho trago aqui esta última seção, ela tem a função de tentar criar uma ordem e juntar os conceitos aparentemente desconexos discutidos anteriormente.

Ao estabelecermos a luz e as Onda eletromagnéticas como um fenômeno único dá-se um grande passo em direção à quebra dos conceitos básicos da Mecânica Clássica. O grande problema estabelecido nesta unificação foi chamado de "A invariância da velocidade da luz".



O resultado negativo do experimento de Michelson-Morley impediu com que fosse possível conciliar a relatividade galileana com os fenômenos eletromagnéticos. Desta forma, juntamente com o valor constante para a velocidade da luz obtida por Maxwell em sua equação de onda, o eletromagnetismo aparentava ser incompatível com a Mecânica Newtoniana.

Isto levou a comunidade científica à um embate de grandes nomes, sendo os principais personagens Albert Einstein e Hendrik Lorentz. Com visões opostas, Lorentz defendia que deviam ser realizadas correções na teoria eletromagnética para se ajustar a teoria Newtoniana, descrevendo uma série de transformações que visavam tornar a relatividade galileana compatível ao observado. Einstein no entanto teve uma ideia um quanto mais radical.

## O TRABALHO DE EINSTEIN



Einstein, em 1905, publicou um artigo nomeado "A eletrodinâmica dos corpos em movimento". Neste artigo trazia um postulado com potencial de alterar bases conceituais tomadas como absolutas por toda a física clássica. Este postulado era: a constância da velocidade da luz independentemente do referencial inercial considerado.

Este postulado tem como base o experimento de Michelson-Morley e a teoria eletroagnética, as consequências, no entanto, desta suposição desfazem os conceitos de Espaço absoluto e tempo absoluto.

Utilizando as transformações que Lorentz tinha descrito visando "salvar" a mecânica clássica newtoniana. Einstein aplica-as à dois fenômenos em sua teoria: a dilatação temporal e a contração espacial.

Esta teoria foi chamada então de "Relatividade Restrita", e previa além destes fenômenos à relação entre matéria e energia. Após foi generalizada e incorporada à geometria espacial recebendo o nome de "Relatividade Geral". Estabelecendo uma nova mecânica: A mecânica Relativística, alterando as descrições dinâmicas, cinemáticas e até mesmo a natureza da gravitação.

A ideia não teve grande aceitação no momento de sua publicação, pois ia totalmente contra o paradigma da época. No entanto, ela vem obtendo cada vez mais suporte experimental, sendo atualmente amplamente aceita pela comunidade científica.

Este período marca o surgimento da era moderna na física, com o surgimento da mecânica relativística e os primórdios da mecânica quântica. Uma nova maneira de se fazer ciência surgiu com estes resultados, tornando uma física puramente fenomenológica, em uma física baseada também nos resultados matemáticos obtidos, mesmo que não haja no momento observações naturais que deem suporte aos argumentos.

É dito que nem mesmo Einstein teria certeza do momento em que imaginou que o tempo poderia mudar de um referencial para o outro. A mudança de paradigma de espaço e tempo absolutos, para um espaço-tempo absoluto parecia inimaginável no período em que vivia. É interessante então notar que Einstein trabalhava no escritório de patentes de Zurique, cidade conhecida pela quantidade de relógios em suas torres, além do mais de que Einstein foi responsável por analisar a patentes de diversos aparelhos que tinham objetivo de sincronizar os relógios. Não seria estranho pensar que Einstein poderia ter uma fixação pelo tempo.



**THE END**