

PUCRS

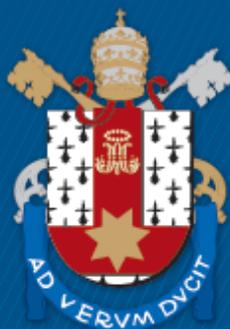
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E  
MATEMÁTICA

GABRIEL ABREU MUSSATO

**ONTOLOGIA E EPISTEMOLOGIA NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA**

Porto Alegre  
2018

PÓS-GRADUAÇÃO - *STRICTO SENSU*



Pontifícia Universidade Católica  
do Rio Grande do Sul

**GABRIEL ABREU MUSSATO**

**ONTOLOGIA E EPISTEMOLOGIA NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação, Ciência e Matemática, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Educação em Ciências e Matemática

Orientador: Prof. Dr. João Batista Siqueira Harres

**PORTO ALEGRE**

**2018**

## Ficha Catalográfica

M989o Mussato, Gabriel Abreu

Ontologia e Epistemologia na Educação Científica / Gabriel  
Abreu Mussato . – 2018.

156 f.

Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Educação  
em Ciências e Matemática, PUCRS.

Orientador: Prof. Dr. João Batista Siqueira Harres.

1. Educação Científica. 2. Ontologia e Epistemologia. 3. Caminho do  
Meio (Madhyamaka). 4. Ensino de Mecânica Quântica. I. Harres, João  
Batista Siqueira. II. Título.

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

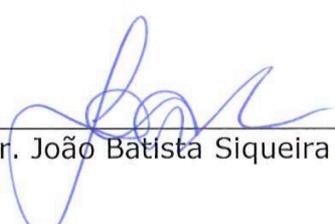
Bibliotecária responsável: Salete Maria Sartori CRB-10/1363

GABRIEL ABREU MUSSATO

**"ONTOLOGIA E EPISTEMOLOGIA NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA"**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Educação em Ciências e Matemática.

Aprovada em 23 de agosto de 2018, pela Banca Examinadora.



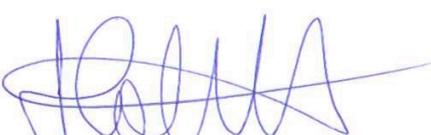
---

Dr. João Batista Siqueira Harres (Orientador - PUCRS)



---

Dr. Eduardo Luft (PUCRS)



---

Dr. Francisco Catelli (UCS)



---

Dr. João Bernardes da Rocha Filho (PUCRS)

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi escrito entre os meses de janeiro e julho de 2018, período em que tive que contar com a paciência e contribuição de algumas pessoas.

Agradeço ao meu professor orientador Dr. João Batista Siqueira Harres, que priorizou acima de tudo a liberdade e autonomia no rumo do trabalho e por, pacientemente, tê-lo aguardado a tomar sua forma.

Agradeço aos professores integrantes da banca examinadora, pelas contribuições, disponibilidade e interesse na leitura deste trabalho. Aos professores Dr. João Bernardes Rocha Filho, Dr. Eduardo Luft e Dr. Francisco Catelli. Este último, em especial, por partilhar diversas experiências desde o mestrado, ocasião em que foi meu orientador.

Agradeço à Vania Morales Rowell, por mais uma vez se disponibilizar a ajudar na revisão e nos detalhes técnicos da finalização do trabalho.

Agradeço aos meus filhos Bento e Olívia mais que tudo. À minha companheira de vida Julia. À minha família, mãe, pai e irmã, com os quais eu sempre conto e sempre contarei, pelo incentivo e paciência. Ao Joaquim, meu primeiro sobrinho, que está na barriga da mãe. Amo-os muito!

Grato!

## RESUMO

O objetivo desta pesquisa é analisar as implicações de diferentes pressupostos ontológicos e epistemológicos na educação científica. A análise como um todo foi orientada por quatro *Questões Fundamentais*. No âmbito da ontologia, são analisadas possíveis respostas para a questão de *se há uma fundação para a natureza*. No âmbito da epistemologia, são analisadas três questões: a *questão ontológica de se existe um mundo independente da mente*; a *questão epistêmica que aborda o que pode ser conhecido*; e a *questão semântica que aborda a relação entre linguagem e realidade*. A pesquisa divide-se em três etapas, cada qual correspondendo a um capítulo do trabalho. No Capítulo 1, são analisadas e classificadas, em um espectro filosófico, possíveis respostas às Questões Fundamentais. No que se refere à ontologia, foram analisadas posições que *afirmam* fundações da natureza (fundacionistas), que as *negam* (niilistas) e que se *abstêm* na resposta, que, neste contexto, são representadas pela abordagem filosófica budista do *Caminho do Meio* (Madhyamaka). No âmbito da epistemologia, são analisadas as posições *realistas*, *idealistas* e do *Caminho do Meio*. No Capítulo 2, são avaliadas as possíveis implicações e contribuições que tais pressupostos produzem na educação científica. São abordados temas como: conflitos entre visões de mundo dos estudantes e as visões de mundo científicas; a função dos pressupostos na argumentação e educação científicas; as dificuldades de mudança conceitual dos estudantes; e o papel do conceito de verdade em uma era de pós-verdade. No Capítulo 3, é apresentada uma possível contribuição desta pesquisa para o ensino de Mecânica Quântica, em que se destacam algumas questões passíveis de serem abordadas no decorrer do estudo da teoria.

**Palavras-chave:** Educação científica. Ontologia. Epistemologia. Mecânica Quântica. Fundacionismo. Realismo. Idealismo. Caminho do Meio.

## ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the implications of different ontological and epistemological premises in science education. The analysis, as a whole, is guided by four *Fundamental Questions*. Within the scope of ontology, some possible answers have been considered concerning the question of whether nature has a foundation. Within the scope of epistemology, three issues are examined: the *ontological perspective* questions whether a world exists independently of the mind; the *epistemic approach* questions what can be known; and the *semantic question* considers the relations between language and reality. The research is divided into three parts, each of which corresponding to a chapter of this study. In Chapter 1, potential responses to the Fundamental Questions are analyzed and classified according to their philosophical stance. Regarding the ontological thought, we examined the position *affirming* nature's foundations (foundationalists), the one *denying* it (nihilists), and the one which refrains from answering the question, which in this context is represented by the Buddhist philosophical approach of the Middle Way (*Madhyamaka*). With respect to epistemology, the realist, the idealist and the Middle Way perspectives are analyzed. In Chapter 2, we assess the possible implication and contribution which these premises produce in science education. Various topics are addressed, such as: conflicting world views from the perspective of students and of science, the role of presuppositions in scientific argumentation and education, the students' difficulties regarding conceptual changes and the role of the concept of truth in the post-truth era. Finally, in Chapter 3 we present a way in which this research may contribute to the teaching of Quantum Mechanics, where we emphasize some questions that can be addressed in the course of the study of theory.

**Keywords:** Science education. Ontology. Epistemology. Quantum Mechanics. Foundationalism. Realism. Idealism. Middle Way.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Resumo da análise da Ontologia.....	32
Figura 2: Resumo da questão ontológica.....	45
Figura 3: Resumo da questão epistêmica.....	52
Figura 4: Resumo da questão semântica.....	59

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação de ontologias.....	15
Quadro 2: Questões fundamentais da pesquisa.....	18
Quadro 3: Estrutura do Capítulo 1.....	21
Quadro 4: Realismo Direto <i>versus</i> Realismo Indireto.....	48
Quadro 5: Estrutura do Capítulo 2.....	64
Quadro 6: Estrutura do Capítulo 3.....	112

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
CONSIDERAÇÕES FILOSÓFICAS SOBRE OS PRESSUPOSTOS CIENTÍFICOS....	12
CONSIDERAÇÕES EDUCACIONAIS SOBRE OS PRESSUPOSTOS CIENTÍFICOS	16
SOBRE A PESQUISA.....	17
PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	19
<b>1 PERSPECTIVAS ONTOLÓGICAS E EPISTEMOLÓGICAS NA CIÊNCIA</b> .....	<b>21</b>
1.1 ONTOLOGIA.....	22
1.1.1 <b>Fundacionismo</b> .....	<b>23</b>
1.1.2 <b>Nilismo</b> .....	<b>26</b>
1.1.3 <b>Caminho do Meio</b> .....	<b>27</b>
1.2 EPISTEMOLOGIA.....	32
1.2.1 <b>Nível ontológico</b> .....	<b>32</b>
1.2.1.1 <i>Realismo ontológico</i> .....	33
1.2.1.2 <i>Idealismo ontológico</i> .....	38
1.2.1.3 <i>Caminho do Meio</i> .....	42
1.2.2 <b>Nível epistêmico</b> .....	<b>45</b>
1.2.2.1 <i>Realismo epistemológico</i> .....	46
1.2.2.2 <i>Idealismo epistemológico</i> .....	48
1.2.2.3 <i>Caminho do Meio</i> .....	51
1.2.3 <b>Nível semântico</b> .....	<b>52</b>
1.2.3.1 <i>Realismo semântico</i> .....	53
1.2.3.2 <i>Idealismo semântico</i> .....	54
1.2.3.3 <i>Caminho do Meio</i> .....	56
<b>2 IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS</b> .....	<b>61</b>
2.1 ONTOLOGIA NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA.....	65
2.2 EPISTEMOLOGIA NA EDUCAÇÃO.....	74
2.2.1 <b>Implicações educacionais do nível ontológico</b> .....	<b>74</b>
2.2.2 <b>Implicações educacionais do nível epistêmico</b> .....	<b>83</b>
2.2.3 <b>Implicações educacionais do nível semântico</b> .....	<b>92</b>
<b>3 APLICABILIDADE DA ONTOLOGIA E EPISTEMOLOGIA NO ENSINO DE MECÂNICA QUÂNTICA</b> .....	<b>112</b>
3.1 ASPECTOS HISTÓRICOS DA MECÂNICA QUÂNTICA.....	112

3.2	ONTOLOGIA NO ENSINO DE MECÂNICA QUÂNTICA.....	119
<b>3.2.1</b>	<b>Ontologia da Mecânica Quântica.....</b>	<b>120</b>
3.2.1.1	<i>Implicações no ensino de MQ.....</i>	<i>123</i>
3.3	EPSITEMOLOGIA NO ENSINO DE MECÂNICA QUÂNTICA.....	125
<b>3.3.1</b>	<b>Nível ontológico.....</b>	<b>125</b>
3.3.1.1	<i>Implicações no ensino.....</i>	<i>126</i>
<b>3.3.2</b>	<b>Nível epistêmico.....</b>	<b>128</b>
3.3.2.1	<i>Implicações no ensino.....</i>	<i>131</i>
<b>3.3.3</b>	<b>Nível semântico.....</b>	<b>133</b>
3.3.3.1	<i>Implicações no ensino.....</i>	<i>135</i>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>138</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>148</b>

## INTRODUÇÃO

Seria a ciência uma atividade livre de pressupostos? Ao se investigar algum fenômeno cientificamente, deve-se abster-se de toda e qualquer suposição, crença ou ideia prévias sobre o mundo? Se forem levadas em consideração as reflexões relativas ao debate em torno da filosofia da ciência promovidas no século XX, a resposta deve ser um contundente “não”. Há várias proposições filosóficas sobre o que de fato é – e o que deveria ser – presumido pela ciência. Mas o que parece ser um consenso, é que a ciência não está livre de pressupostos. Contrariamente, toda tentativa de desatar a *ciência de ideias presumidas* falhou irremediavelmente. Apesar dessa constatação filosófica, a ideia de que a ciência é neutra, no que se refere a pressuposições, é um tanto quanto popular. No âmbito educacional, particularmente, embora haja toda uma mobilização de teóricos da educação no sentido de desfazer essa impressão, uma parcela significativa do currículo do ensino de ciências, bem como de professores, estudantes e livros didáticos contribuem para a permanência dessa concepção.

Esta pesquisa trata justamente deste tema: as implicações dos pressupostos científicos no âmbito educacional. Antes, porém, de serem apresentados o problema de pesquisa e os objetivos deste trabalho, faz-se necessário expor algumas considerações sobre a matéria, com o intuito de melhor contextualizar o cenário em que esta pesquisa se insere. Nessa contextualização, pretende-se mostrar alguns elementos históricos do debate filosófico em torno de alguns pressupostos científicos e delimitar quais são de interesse para este estudo. Da mesma forma, é feito um apanhado histórico de como o debate filosófico afetou a educação científica.

## CONSIDERAÇÕES FILOSÓFICAS SOBRE OS PRESSUPOSTOS CIENTÍFICOS

O reconhecimento do papel das pressuposições na ciência é um dos aspectos mais marcantes da filosofia da ciência do século XX. A história recente da filosofia da ciência apresenta uma crescente ênfase em pressupostos. No começo deste século, porém, autores do movimento filosófico denominado *positivismo lógico* estavam determinados a eliminar da ciência todas as ideias que não pudessem ser reduzidas a dados do sentido. De modo geral, pretendiam exaurir tudo o que fosse presumido e que não tivesse correlações observacionais. No entanto, o que se seguiu historicamente foi uma série de críticas e pensamentos filosóficos

alternativos que acabaram minando o projeto positivista e produzindo um debate mais amplo sobre os pressupostos da ciência.

Um autor que se destacou nesse processo foi Karl Popper. Uma possível leitura da posição popperiana quanto a pressupostos é a que os distingue em dois tipos. Por um lado, há crenças de que um cientista precisa aceitar, para conceder o progresso da ciência, e permitir a prática científica em si, como, por exemplo, a fé no poder da discussão crítica. (POPPER, *apud* COLETTTO, 2007). Da perspectiva do filósofo, algumas ideias prévias são inegociáveis e devem ser mantidas em comum por todos os cientistas.

Por outro lado, há uma série de pressupostos teóricos que guiam a atividade científica. Para Popper (COLETTTO, 2007), os cientistas aproximam tudo à luz de uma teoria preconcebida. No entanto, na visão popperiana, esses pressupostos teóricos podem ser abandonados a qualquer momento e não representam uma estrutura que exija comprometimento ou que imponha resistência a novos pressupostos.

A posição de Popper, em relação aos pressupostos, representa uma ruptura quando comparada com a posição positivista, uma vez que não os julga como algo que deva ser eliminado do fazer científico. Isso arruinou a ideia de observação neutra e ressaltou a função da criatividade e imaginação no fazer científico. No entanto, o papel atribuído pelo autor aos pressupostos é ainda bastante modesto quando comparado a algumas posições que se seguiram historicamente.

Uma dessas posições foi apresentada na obra *As Estruturas das Revoluções Científicas* de Thomas Kuhn, de 1962, na qual os pressupostos científicos passaram a ser considerados elementos basais da prática e do progresso científico. Por meio de seu conceito de paradigma, o autor atribuiu aos pressupostos um papel mais amplo e determinante na atividade científica. Para ele, *paradigma* consiste em um conjunto de leis, suposições teóricas, técnicas de aplicação a variadas situações, instrumentação, princípios metafísicos e metodológicos (KUHN, 1970). Esse conjunto de elementos é implícito à história da ciência, e um cientista, individualmente, teria sérias dificuldades de caracterizá-lo por ter sido educado cientificamente nessas concepções gerais.

Um paradigma orienta a atividade de um grupo de cientistas. Embora o paradigma não contenha apenas pressupostos, a noção kuhniana atribui uma função de destaque aos pressupostos na filosofia da ciência. Para Kuhn (1970), os paradigmas, incluindo os pressupostos, não são apenas guias teóricos. Eles constituem o modo como os fenômenos serão entendidos pela comunidade científica, e neste sentido são constitutivos da natureza.

Há vários tipos de pressupostos analisados pela filosofia da ciência. Há os *ontológicos* ou *metafísicos*, isto é, pressupostos que substanciam como o mundo é. Há também os *epistemológicos*, que são pressuposições sobre a possibilidade de se investigar o mundo. E há ainda os *pressupostos sociais* ou *normativos*, os quais são pressuposições sobre o que deve e o que não deve ser feito, e sobre o que é bom e o que é ruim ao fazer ciência. Os pressupostos de interesse nesta pesquisa são os dois primeiros, de modo que *ontologia* e *epistemologia* são as disciplinas predominantes neste trabalho.

Ontologia, de modo bastante aproximado, é o estudo da constituição do mundo. Nessa área, são abordadas questões tais como: *De que a realidade é feita? Quais elementos fundamentam a natureza? Quantos tipos de elementos existem? Como eles se relacionam entre si?*

Há diversas perspectivas ontológicas e diversas abordagens de classificação das ontologias. Geralmente, elas são analisadas de acordo com dois aspectos: *item ontológico* e *elemento*<sup>1</sup> (SCHAFFER, 2016). O item ontológico refere-se à *categoria de coisas* que são presumidas como existentes. Os dois tipos de item ontológico mais recorrente são *propriedade* e *substância*. Os defensores de *ontologia de propriedade* assumem que o aspecto fundamental da realidade é sua qualidade. Por sua vez, os defensores de *ontologia de substância* assumem que objetos concretos constituem a realidade. Nessa visão, substância não é o conjunto de suas propriedades, mas sim a coisa que as possui.

Por sua vez, o elemento preconizado pela ontologia refere-se aos constituintes – ou unidades – que formam a coisa considerada como existente. Algumas ontologias especificam apenas o tipo geral – ou natureza – do elemento; por exemplo, se ele é material, mental ou neutro. Por outro lado, há ontologias que especificam a *instância* do elemento, ou seja, qual é a *entidade concreta*<sup>2</sup> que compõe a realidade (SCHAFFER, 2016).

As ontologias são classificadas de acordo com o tipo de item ontológico e quanto ao número de diferentes tipos de elementos. Em relação ao tipo de item, nesta pesquisa, serão priorizadas as *ontologias de substância*. Quanto ao número de diferentes tipos de elemento, as ontologias mais recorrentes são as *monistas*, que postulam a existência de apenas um elemento fundamental, e as *dualistas*, que postulam a existência de dois elementos fundamentais. Ainda há as *ontologias pluralistas*, menos comuns, que preconizam a existência

---

<sup>1</sup> Os termos *item ontológico* e *elemento* são traduções livres dos termos *target* e *unit*, respectivamente, conforme

<sup>2</sup> Os termos *tipo geral* e *entidade concreta* são traduções livres dos termos *highest type* e *token*, respectivamente, conforme aparecem no texto original de Schaffer (2016).

de mais de dois elementos, e as nihilistas que negam qualquer tipo de elemento. O Quadro 1 destaca algumas combinações possíveis dessa categorização:

Quadro 1: Classificação de ontologias

CLASSIFICAÇÃO	ITEM ONTOLÓGICO	Nº DE ELEMENTOS	TIPO DE ELEMENTO
<b>Monismo Materialista</b>	Substância	um	material
<b>Monismo Idealista</b>	Substância	um	mental
<b>Monismo Neutral</b>	Substância	um	neutro
<b>Monismo de Propriedade</b>	Propriedade	um	propriedades físicas
<b>Dualismo de Substância</b>	Substância	dois	matéria e mente
<b>Dualismo de Propriedade</b>	Propriedade	dois	propriedades físicas e mentais

Fonte: Autor

No que diz respeito à epistemologia, área que estuda o conhecimento, seu foco direciona-se a questões como: *O que caracteriza o conhecimento? Como ele é obtido e justificado? O que pode ser conhecido?* De forma bastante geral, pode-se dizer que as diferentes posições epistemológicas oscilam entre dois extremos: o *realismo* e o *antirrealismo*.

Há uma série de pressupostos e compromissos que caracterizam o realismo. Nesta pesquisa são analisados os três mais fundamentais: os pressupostos *ontológico*, *epistêmico* e *semântico*. O *pressuposto ontológico* compromete-se com a existência de um mundo externo, independentemente da mente e do conhecimento humano. O *pressuposto epistêmico* compromete-se com a possibilidade de se investigar e conhecer o mundo externo. E o *pressuposto semântico* entende que as teorias científicas referem-se ao mundo externo.

Em oposição às concepções realistas estão as posições antirrealistas, que negam um ou mais compromissos realistas. Há diversas formas de antirrealismo, cada qual podendo ser distinguida por sua posição em relação a cada um destes compromissos. Há por exemplo, as posições antirrealistas, quanto ao pressuposto ontológico, que negam a existência de um mundo independente da mente, tal como o idealismo de Berkeley. Ou ainda posições que

negam apenas o pressuposto epistêmico, isto é, que não negam a existência objetiva do mundo, mas apenas que este seja acessível, como na filosofia de Kant.

## CONSIDERAÇÕES EDUCACIONAIS SOBRE OS PRESSUPOSTOS CIENTÍFICOS

O debate filosófico ocorrido no século XX influenciou diretamente a pesquisa educacional. Apesar de não haver um consenso sobre quais posições filosóficas são as mais adequadas para o contexto educacional, há um conjunto de concepções sobre ciência que são consideradas hoje, de forma incontroversa, como inadequadas. Dentre elas, as principais são as concepções de que ciência seja um empreendimento livre de pressupostos, imparcial, baseado em observações neutras e livres de influências socioculturais. Grupos de teóricos da educação com diferentes posições filosóficas, algumas incompatíveis entre si, tendem a oporem-se a essas visões e propõem métodos para combatê-las. Apesar de haver muitos movimentos teórico-educacionais tentando inibir essas visões consideradas equivocadas, deve-se reconhecer que elas estão ainda muito presentes no âmbito educacional. Essas visões, que apresentam a ciência como um conjunto de observações generalizadas e neutras, ocorrem no currículo de ciências (HODSON, 1985), nas concepções de professores (HARRES, 1999) ou em livros didáticos (HARRES, 2000; SILVEIRA, 1992).

Este é o aspecto incontroverso da pesquisa educacional: deve-se evitar a disseminação de visões de ciência associadas a concepções filosóficas reconhecidamente em declínio, como o projeto positivista de eliminar os pressupostos da ciência. Não há, contudo, um consenso sobre qual seria a visão de ciência mais adequada ao contexto educacional. No âmbito ontológico, há uma série de discussões sobre qual seria a visão científica de mundo que deveria ser promovida no ensino e sobre como abordá-la em ocasiões de conflito com as visões de mundo dos estudantes. No âmbito epistemológico, há um paralelo com o que ocorre no âmbito filosófico: há uma disputa entre posições realistas e antirrealistas, sendo que estas últimas, no âmbito educacional, são representadas de forma predominante pelos movimentos construtivistas.

De uma perspectiva ainda mais ampla, embates de ordem ontológica e epistemológica desenvolvem-se no âmbito da cultura científica, quer dizer, na forma como a ciência dissemina-se na sociedade não só por meio da instrução formal, mas também por meio de recursos culturais diversos, tais como a mídia, a literatura, o cinema e a internet. Por exemplo, há séries de televisão que apresentam a ciência como uma forma de descobrir o mundo exatamente como o ele é. Por outro lado, há filmes relatando que a ciência descobriu que o

mundo só é o que é em relação ao que a mente é. Com isso quer-se dizer que diferentes abordagens ontológicas e epistemológicas estão presentes na pesquisa educacional, na sala de aula e na cultura de modo geral, trazendo consequências para a educação científica.

De modo geral, uma análise sobre Educação Científica envolve diversos níveis de discussão, como, por exemplo, os aspectos filosóficos do discurso científico, os cognitivos da aprendizagem do estudante e os sociológicos, éticos e culturais das relações entre ciência e outras dimensões da atividade humana. Aqui, entende-se que tais aspectos, embora sejam conectados entre si, podem ser distinguidos e analisados de forma independente uns dos outros. Nesta pesquisa, prioriza-se a análise dos aspectos ontológicos e epistemológicos da ciência no âmbito educacional. Mais precisamente, busca-se analisar diferentes abordagens quanto aos pressupostos científicos. Assim, o objeto de estudo do presente trabalho é o *discurso educacional sobre ciência*. Trata-se de uma discussão que se relaciona com aspectos cognitivos, mas que não tem como objeto de análise a aprendizagem do aluno, particularmente. Do mesmo modo, relaciona-se com aspectos sociológicos, mas não investiga de forma direta a relação entre sociedade e ciência, embora ambos os aspectos surjam de forma periférica e complementar na análise .

## SOBRE A PESQUISA

Tendo em vista o contexto apresentado, este trabalho aborda a seguinte questão de pesquisa: *Quais são e como se apresentam as implicações de diferentes posições em ontologia e epistemologia na educação científica?*

Nesse sentido, este estudo está estruturado em quatro questões orientadoras. No âmbito da ontologia, serão analisadas possíveis respostas à questão de haver uma fundação para a natureza, isto é, se há entidades elementares na constituição da natureza e quais seriam elas. Já no âmbito da epistemologia, serão analisadas três questões: a ontológica, ou seja, se há um mundo independente da mente; a epistêmica, que aborda o que pode ser conhecido; e, por fim, a questão semântica, que aborda a relação entre linguagem e realidade. Todas elas são consideradas *questões fundamentais* em ontologia e epistemologia e, nesta pesquisa, serão utilizadas como categorias de análise. Assim, é a partir delas que distintas abordagens filosóficas se diferenciarão. Essas questões estão apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2: Questões fundamentais da pesquisa

ONTOLOGIA	EPISTEMOLOGIA
Há uma fundação para a natureza?	1) Questão ontológica: há um mundo independente da mente? 2) Questão epistêmica: o que pode ser conhecido? 3) Questão semântica: qual a relação entre linguagem e realidade?

Fonte: Autor

A pesquisa tem como objetivos:

- analisar e categorizar possíveis respostas provindas de diferentes posições filosóficas quanto às Questões Fundamentais em ontologia e epistemologia da ciência;
- avaliar suas implicações no âmbito da educação científica; e
- avaliar a aplicabilidade de propostas pedagógicas que enfatizem aspectos ontológicos e epistemológicos da ciência.

Cada um desses objetivos corresponde a um capítulo deste estudo, compondo o texto em três partes, descritas na sequência.

O Capítulo 1 consiste na análise e categorização de possíveis respostas para quatro *questões fundamentais* na filosofia da ciência, e está dividido em duas seções: uma referente à ontologia, outra à epistemologia. Esta última está dividida em três subseções, cada qual correspondendo a uma das questões fundamentais da epistemologia.

O Capítulo 2 avalia as possíveis implicações das respostas às *questões fundamentais* analisadas no capítulo anterior. Isso é feito de duas formas, tanto derivando-se diretamente das implicações dos resultados obtidos na análise filosófica do primeiro capítulo quanto da análise de textos provindos de pesquisas na área da educação que fazem referência às questões abordadas.

E o Capítulo 3 analisa a aplicabilidade de abordagens pedagógicas pautadas nas *questões fundamentais* de ontologia e epistemologia do ensino de ciências. O contexto especificado para compor essas reflexões foi o ensino de Mecânica Quântica.

No que diz respeito à estruturação desta pesquisa, três estágios distintos foram realizados. O primeiro deles, referente ao Capítulo 1, constitui-se em uma análise de textos que versam sobre aspectos ontológicos e epistemológicos da ciência. Foram analisados vários autores com o intuito de identificar pressupostos, conceitos e concepções sobre o tema e de classificar os diferentes posicionamentos quanto a questões fundamentais em ontologia e

epistemologia. O segundo estágio, referente ao Capítulo 2, está composto por uma reflexão sobre as possíveis implicações educacionais das concepções ontológicas e epistemológicas emergidas da etapa anterior da pesquisa. Já o terceiro estágio, presente no Capítulo 3, compõe-se de uma avaliação da aplicabilidade pedagógica concreta dos resultados da análise no âmbito do ensino de ciências, particularmente do ensino de Física Quântica. O procedimento metodológico de cada etapa é descrito a seguir.

## PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O procedimento metodológico adotado no Capítulo 1 pode ser dividido em *pré-análise* e *análise de conteúdo* (MORAES, 1999). Na pré-análise, foram definidas as Questões Fundamentais da pesquisa. Primeiro, foi selecionada uma série de textos cujo tema remetesse, direta ou indiretamente, aos pressupostos metafísicos da ciência. Já a partir das primeiras leituras, ficou evidente que tais pressupostos consistiam em respostas a questões de ordem ontológica e epistemológica. Uma vez reconhecida essa característica, pôde-se definir o que nesta pesquisa denomina-se *questões fundamentais* (apresentadas no Quadro 2), bem como seus domínios de análise (ontologia e epistemologia).

Uma vez formuladas essas *questões fundamentais*, iniciou-se a análise propriamente dita. A análise feita apoiou-se na Análise de Conteúdo (MORAES, 1999) e está dividida nas seguintes etapas: *unitarização*, *categorização* e *descrição/interpretação*. A *unitarização* consistiu na desmontagem dos textos em elementos cujo sentido referenciasse algumas das *questões fundamentais*. De maneira bastante direta, a unitarização, nesta pesquisa, funcionou como uma estratégia de busca a diferentes respostas às *questões fundamentais*. Identificado um conjunto de possíveis respostas, iniciou-se sua *categorização*.

Nesta etapa, as unidades dos textos, isto é, as respostas às *questões fundamentais*, foram confrontadas umas com as outras e separadas em grupos de acordo com suas semelhanças. Para todas as questões, três tendências de respostas foram categorizadas, cada qual com suas subdivisões. Na questão da ontologia, as respostas foram divididas em *fundacionistas*, *nilistas* e *Caminho do Meio*. Nas questões de epistemologia, para todas as questões, foram categorizadas as respostas *realistas*, *idealistas* e *Caminho do Meio*.

Por fim, a *descrição/interpretação* consistiu na produção de um texto que expressasse os significados das respostas às questões fundamentais analisadas (descrição) e que produzisse novas compreensões sobre o fenômeno estudado (interpretação). Foram

produzidos textos parciais referentes a cada uma das *questões fundamentais* e estabelecidas inter-relações.

Nos demais capítulos, o procedimento de análise foi semelhante, exceto que o *corpus* de análise e os objetivos alteram-se de acordo com o capítulo. No Capítulo 2, o objetivo central foi analisar possíveis implicações das diferentes posições ontológicas e epistemológicas analisadas no Capítulo 1. Os textos que serviram de análise nesta etapa foram de dois tipos. O primeiro texto analisado foi o próprio metatexto obtido no Capítulo 1, isto é, os resultados da análise do primeiro capítulo serviram como *corpus* de análise para o segundo capítulo. Além deste, uma série de artigos de revistas especializadas na pesquisa em educação científica foram selecionados conforme suas correlações com as questões abordadas no Capítulo 1. Para essa análise, também foram adotados os procedimentos de unitarização, categorização e *descrição/interpretação*.

Por fim, no Capítulo 3, o objetivo foi o de avaliar a aplicabilidade pedagógica dos resultados dos dois primeiros capítulos em algum contexto de ensino de ciências, particularmente no ensino de Física Quântica. Para tanto, fez-se a Análise de Conteúdo de textos sobre o ensino de Mecânica Quântica, aplicando os mesmos procedimentos de unitarização, categorização e *descrição/interpretação*.

## 1 PERSPECTIVAS ONTOLÓGICAS E EPISTEMOLÓGICAS NA CIÊNCIA

Neste capítulo, serão apresentadas diferentes perspectivas filosóficas da ciência no que diz respeito a dois aspectos: *ontológico* e *epistemológico*. A Ontologia é uma área da metafísica destinada ao estudo do ser, ou das coisas que existem. A questão fundamental da Ontologia é a que avalia se *há uma fundação para a natureza*, isto é, se há um elemento fundamental a partir do qual toda realidade é composta. No caso das perspectivas que alegam a existência de tal fundação, há de questionar-se *quais entidades são reais*.

Por sua vez, epistemologia é o termo utilizado para designar *teoria do conhecimento*. Destina-se à investigação filosófica da natureza, fonte e limites do conhecimento. Aqui, a análise epistemológica será orientada em três níveis de discussão, cada qual correspondendo a uma das seguintes questões: *questão ontológica* – Há um mundo independente da mente?; *questão epistêmica* – O que pode ser conhecido?; *questão semântica* – Qual a relação entre linguagem e realidade? Essas questões são consideradas *questões fundamentais* em Ontologia e Epistemologia, e, aqui, são utilizadas como categorias de análise. Ou seja, a partir dessas questões, as perspectivas filosóficas da ciência serão diferenciadas.

Este capítulo está dividido em duas seções, *1.1 ONTOLOGIA* e *1.2 EPISTEMOLOGIA*, nas quais possíveis respostas às *questões fundamentais* serão analisadas e categorizadas. A estrutura do capítulo é apresentada no Quadro 3.

Quadro 3: Estrutura do Capítulo 1

1.1 ONTOLOGIA	1.2 EPISTEMOLOGIA
<p>Respostas são classificadas de acordo com a questão <i>Há uma fundação para a natureza?</i></p> <p>No caso de respostas afirmativas, classificam-se os tipos de entidade considerados reais.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) <b>Nível ontológico:</b> classificam-se as respostas quanto à questão <i>Há um mundo independente da mente?</i></li> <li>2) <b>Nível epistêmico:</b> classificam-se as respostas quanto à questão referente a <i>o que pode ser conhecido</i>.</li> <li>3) <b>Nível semântico:</b> classificam-se as respostas quanto à questão referente à <i>relação linguagem e realidade</i>.</li> </ol>

Fonte: Autor

## 1.1 ONTOLOGIA

A Ontologia é uma área da metafísica que trata da constituição do ser. Tratam-se de concepções fundamentais decorrentes de uma visão de mundo sobre tudo o que existe.

Etimologicamente, a palavra é derivada dos termos gregos *onto* (ser) e *logos* (estudo ou discurso). Portanto, como primeira aproximação, Ontologia é o estudo das coisas que existem (HOFWEBER, 2017). Essa disciplina aborda questões como: *Quais são as coisas que existem? Do que a realidade é feita? Quantos tipos de coisa existem?*, dentre outras. Também são consideradas ontológicas questões sobre a natureza das coisas existentes e suas relações umas com as outras, isto é, *Quais são as características mais gerais da realidade e como se relacionam?*

Existem diferentes formas de tais questões serem abordadas. Dentre elas, uma solução particularmente relevante nesta análise é a abordagem que assume um compromisso ontológico em relação a entidades contidas em uma teoria. A partir desse enfoque, aceita-se o *status* ontológico das entidades teoricamente presumidas, desde que, com base nelas, possa-se apresentar uma resposta racional às questões ontológicas, como as referidas. Estudar o que é comprometido em crenças e teorias faz parte da ontologia (HOFWEBER, 2017). Além destas, outra investigação típica da disciplina é a que pretende caracterizar o que é uma questão ontológica em si e o que a Ontologia deve realizar. Essa reflexão sobre as próprias finalidades da disciplina é denominada de *metaontologia*.

Dessa forma, a Ontologia pode ser sumarizada como o estudo:

- do que existe;
- de como as coisas são e como se relacionam entre si;
- dos compromissos ontológicos das teorias; e
- sobre o que é *ontologia* em si.

A questão orientadora da análise que segue logo a diante é: *Há uma fundação para o mundo?* Ou, em outros termos, há alguma substância, propriedade ou entidade que exista por si mesma e que seja o componente de tudo o mais que existe? Caso haja essa fundação, qual é a sua natureza? Ou ainda, alternativamente, quais são as entidades reais na natureza? Desse modo, as visões serão classificadas de acordo com seus posicionamentos em relação à possibilidade de estabelecer entidades últimas da realidade.

Neste estudo, são apresentadas três possibilidades de resposta à questão orientadora proposta: a que afirma a existência de tais fundações (posições *fundacionistas*), a que a nega (posições *niilistas*) e a que pretende superar a questão (*Caminho do Meio*). Nos próximos subtópicos, cada uma delas é analisada.

### 1.1.1 Fundacionismo

A primeira possibilidade de resposta é a de *afirmar* algum tipo de fundamento da natureza. No contexto aqui atribuído, significa reivindicar existência inerente de algum elemento fundamental, a partir do qual tudo o mais é constituído. Essas posições, em seu conjunto, serão aqui denominadas *fundacionistas*, visto que consubstanciam uma fundação da natureza. Da alegada existência de uma fundação decorre o questionamento de quais entidades são reais, pois, se existe algo, o que exatamente esse algo é? Essas formas de ontologia, geralmente, afirmam a existência de algum tipo de substância, de entidade ou de propriedade. Aqui distinguem-se quatro tipos de ontologia que preconizam a ideia de fundação: o *materialismo*, o *idealismo*, o *monismo neutral* e o *dualismo*.

*Materialismo* tem a ver com a ideia de que só há uma coisa no universo: *matéria*. E aqui vale enfatizar que materialismo não se refere à ideia de que a matéria existe, entre outras coisas, mas sim à ideia de que *tudo* o que existe é *material*. Mas o que se entende por *matéria*? Esse conceito possui uma longa e complexa história, que remete aos primórdios da reflexão filosófica (MCMULLIN, 2010). Uma concepção geral de matéria, de uma perspectiva materialista, é a de que ela consiste no substrato subjacente a todas propriedades e relações (SPIRKIN, 1983), o constituinte fundamental de todo mundo natural (CLAYTON, 2010). Matéria é a única realidade objetiva existente, dessa forma, é a causa, fundamento, conteúdo e substância de toda a diversidade do mundo (SPIRKIN, 1983).

Mas o que é essa substância? Entre a variedade de respostas, duas tendências de conceptualização de matéria são de maior interesse nesta pesquisa. Uma perspectiva pretende estabelecer a materialidade do mundo em termos de objetos elementares. Nesta visão, todo fenômeno material é, em última instância, determinado pelo comportamento de *partículas* sujeitas à ação de *campos*. Por outro lado, há perspectivas que rejeitam a possibilidade de explicar a materialidade do mundo recorrendo-se apenas aos menores objetos conhecidos e incluem, na definição de matéria, a totalidade de todos objetos concretos, que se referem não somente a partículas, mas a objetos mais complexos, tais como moléculas, organismos e sociedades. Uma forma de caracterizar um objeto concreto é sua *capacidade de mudar*. Um

objeto só é material se for mutável e só é mutável se for material. Objetos abstratos (números, conceitos e funções) não são mutáveis, por exemplo. A matéria, portanto, é o *ser* e o *vir a ser* (BUNGE, 2010).

Estas concepções de matéria estão associadas a diferentes tipos de materialismo. As tendências apresentadas relacionam-se com dois deles: o *materialismo fisicalista* e *materialismo emergentista*.

O *materialismo fisicalista*, ou apenas *fisicalismo*, é a tese de que *tudo* o que existe é *físico*, ou, de que tudo *sobrevém* ao físico. De forma geral, nessa posição, presume-se que o universo – e tudo o que nele há – conforma-se à condição de ser físico. Para os fisicalistas, por mais que haja coisas dispostas no mundo que aparentem não ser físicas, tais como os itens de natureza biológica, psicológica, moral ou social, tudo isso é, em última instância, físico (STOLJAR, 2017).

Segundo Settle (1990), essa forma de ontologia é composta por seis teses. São elas:

- 1) Apenas qualidades primárias são qualidades reais dos corpos físicos.
- 2) O espaço e o tempo reais são o espaço-tempo da teoria física.
- 3) O comportamento de um todo é um efeito do comportamento de suas partes.
- 4) As leis do comportamento das totalidades físicas em qualquer nível são redutíveis, em princípio, às leis do comportamento de suas partes.
- 5) Apenas objetos físicos podem ser efetivos em termos causais.
- 6) Apenas coisas físicas, portadoras de qualidades primárias, existem: corpos materiais e campos físicos.

A primeira tese refere-se à distinção entre propriedades primárias e secundárias. As qualidades primárias são entendidas como as propriedades que existem no mundo externo, enquanto as secundárias ocorrem apenas na experiência. Nessa visão, por exemplo, ondas sonoras existem no mundo físico, enquanto o som só ocorre na experiência. Na segunda tese, entende-se que tempo e espaço são entidades reais, que existem no mundo físico. Estes correspondem ao tempo e espaço descritos pelas teorias físicas, especialmente a teoria da relatividade, mas não correspondem ao espaço e tempo da experiência cotidiana. A terceira e a quarta teses referem-se à tendência reducionista do fisicalismo. Isto é, à ideia de que qualquer fenômeno possa e deva ser explicado por meio da atividade de seus componentes. Já a quinta tese alega que apenas objetos físicos são capazes de causar efeitos. Experiências subjetivas, por exemplo, não participam da causalidade. Por fim, a sexta e última tese requer

que apenas as entidades preconizadas pela física sejam reais: em última instância, só há campos e partículas.

O fisicalismo é, possivelmente, a visão ontológica mais comum entre os cientistas, particularmente entre os físicos, embora seja alvo de uma série de questionamentos filosóficos e metodológicos que destaca suas limitações e dificuldades de explicar fenômenos complexos, tais como a *consciência* ou *sistemas sociais*, em termos físicos. No entanto, as dificuldades do fisicalismo não implicam necessariamente abandono do materialismo, uma vez que há outras formas de concebê-lo. Dentre elas, o *materialismo emergentista* destaca-se como uma possível alternativa. Esse formato de materialismo apresenta diferenças notáveis em relação ao fisicalismo, embora ambos sejam classificados como formas de materialismo. O que essas duas posturas possuem em comum é justamente o *monismo materialista*, isto é, a ideia de que tudo o que há é *material*. No entanto, enquanto o fisicalismo define *material* como sendo *equivalente à físico*, o materialismo emergentista *amplia a concepção de matéria*, de modo que se possa incluir objetos em diversos níveis, além do físico, tais como os níveis *químicos*, *biológicos* e *sociais*. Assim, não apenas partículas e campos são materiais, mas também seres vivos, sociedades, civilização etc. (BUNGE, 2010). Nessa visão, objetos supra-físicos são tão reais quanto os físicos.

Outra diferença a ser considerada, e que está associada às diferentes formas de conceber a matéria, é a de que enquanto o *materialismo fisicalista*, ou fisicalismo, caracteriza-se por ser reducionista – no sentido de considerar o comportamento de qualquer sistema redutível ao comportamento de suas partes –, o *materialismo emergentista* é não-reducionista, pois supõe que cada nível, apesar de conter seus correspondentes níveis inferiores, ultrapassa-os ontologicamente, de modo que um nível superior não é redutível aos níveis inferiores. Assim, na interação entre as partes de um sistema, surgem propriedades emergentes, isto é, propriedades que não correspondem às propriedades individuais dos componentes, mas que colaboram tanto para o comportamento do sistema como um todo quanto para o comportamento das partes, de tal forma que inviabiliza a redução do todo às partes.

Há, porém, posições fundacionistas que não somente evitam a tese de que tudo é redutível ao nível físico, mas também contradizem a ideia de que a matéria seja a única entidade substancial. Ou, ainda, como no caso do *idealismo*, contradizem a ideia de que a matéria seja de fato uma substância fundamental. A *ontologia idealista*, contrariamente, é a tese de que tudo o que existe é, ou é composto por, *consciência* ou *mente*. De forma geral, em uma ontologia idealista, a matéria é considerada uma manifestação de uma substância mais fundamental – a consciência ou a mente. O estatuto do que é essa consciência varia de acordo

com as muitas formas de ontologia idealista. Nesse sentido, ela pode ser considerada como a mente privada de cada sujeito ou como uma mente universal, a qual inclui e está além da mente humana.

Outra alternativa ao materialismo é o *monismo neutral*, o qual, como a denominação sugere, é uma ontologia monista, logo, sustenta que a realidade é composta por apenas um tipo de elemento. Nesse quesito, está de acordo com o materialismo e o idealismo, que também preconizam a existência de apenas uma substância: matéria e mente, respectivamente. No entanto, o monismo neutral difere dessas formas de monismo por entender que a natureza intrínseca da realidade não é nem mental nem material, mas sim de outro tipo. A ideia básica é a de que entidades não-neutras, tais como matéria e mente, são derivadas de entidades neutras, mais elementares. Agora, do que se tratam tais entidades neutras e como estas são capazes de produzir matéria e mente? Do ponto de vista do monismo neutral clássico do século XIX, relativo a nomes como Ernst Mach, William James e Bertrand Russell, a base neutra da realidade está de alguma forma associada à *experiência* (STUBENBERG, 2018). Em tempos mais recentes, o monismo neutral tem sido revisitado, mas, em algumas de suas novas versões, a experiência dá lugar a alguma outra forma de substância neutra. Sayre (*apud* STUBENBERG, 2018), por exemplo, apresenta a reivindicação ontológica de que a natureza última da realidade consiste em *estados informacionais*.

Existem ainda a *ontologia dualista*, ou dualismo, que entende que o mundo seja composto tanto por matéria quanto por mente. As variações de dualismo podem ser classificadas de acordo com a forma que a relação entre matéria e mente é concebida. O *dualismo interacionista cartesiano* entende que matéria e mente tenham interações causais uma em relação a outra. Já Spinoza (*apud*, NIINILUOTO, 1999) propõe um paralelismo em que mente e matéria não interagem. E, ainda, existem posições epifenomenológicas que entendem os eventos mentais como sendo causados por eventos físicos no cérebro, mas que não produzem processos causais no mundo físico (ROBSINSON, 2015).

Uma vez que se tenha apresentado algumas formas de fundacionismo, passa-se a discutir as posições que alegam a inexistência de qualquer fundação.

### 1.1.2 Nihilismo

A segunda resposta possível à questão orientadora – *Há uma fundação para o mundo?* – é a de negar qualquer fundamento para a natureza. Aqui, essa atitude será chamada de *nihilismo*. Do latim, *nihil* significa *nada*. Geralmente, essa postura é considerada um fenômeno

moderno de origem europeia, mas o niilismo tem sido discutido por tradições orientais há muitos séculos (VARELA; THOMPSON; ROSCH, 2003).

No sentido aqui atribuído, niilismo é o posicionamento que declara a inexistência de uma fundação para a natureza. Ou seja, é a ausência de qualquer substância, propriedade ou entidade que sirva como alicerce para mundo. De certa forma, o niilismo é um tipo sutil de fundacionismo, pois, ao considerar como certa a inexistência de fundações, acaba por apresentar uma tese ontológica na qual a ausência de elementos fundamentais torna-se um ponto de referência último e, portanto, uma fundação. Por isso, diz-se que *fundacionismo* e *niilismo* são extremos opostos de um mesmo tipo de resposta para questão da possibilidade de fundação da realidade (VARELA; THOMPSON; ROSCH, 2003). Em ambos os casos, há uma reificação da resposta, seja ela afirmativa ou negativa.

Existem, no entanto, abordagens filosóficas que visam a superar esses extremos ontológicos. Aqui, esse tipo de abordagem será discutido a partir da posição do *Caminho do Meio*, analisada a seguir.

### 1.1.3 Caminho do Meio

Há, ainda, uma terceira via de posicionamento no que se refere à questão sobre a existência de uma fundação para a natureza. Essa possibilidade será aqui representada pela filosofia budista denominada *Madhyamaka*, cuja tradução do sânscrito é “caminho do meio”. A *Madhyamaka* (que a partir de agora será referenciada apenas pelo termo *Caminho do Meio*) é uma abordagem filosófica, fundada no século II pelo filósofo indiano Nāgārjuna, cuja posição visa superar as visões dos *fundacionistas* e *niilistas*.

Por um lado, o *fundacionismo* preconiza a existência de uma fundação universal, de elementos fundamentais da natureza, a partir da qual todos fenômenos seriam compostos. Como discutido anteriormente, há posições que preconizam a existência de matéria (materialismo), da consciência (idealismo) de ambos (dualismo cartesiano), ou de outro tipo (neutral). Por outro lado, o *niilismo* nega a existência de tal fundação. Por sua vez, o *Caminho do Meio* representa uma visão que não implica nem na afirmação nem na negação de aspectos últimos da natureza. Segundo essa visão, a natureza última das coisas não pode ser postulada. Assim, o *status* ontológico da realidade é indeterminável, tanto no que se refere à afirmação quanto à negação de fundações. De modo que, o Caminho do Meio propõe uma *isenção ontológica*, antes de uma ontologia propriamente dita.

Em *Mūlamadhyamakakārikā* (versos fundamentais do Caminho do Meio), um de seus principais textos, Nāgārjuna expõe o conceito de *vacuidade*, concepção central na abordagem filosófica do Caminho do Meio. Essa noção pode ser expressa como: qualquer coisa que existe é vazia de *svabhāva*. *Svabhāva* é um termo em sânscrito que, segundo Westerhoff (2009), aparece na obra de Nāgārjuna com três significados distintos. Primeiro, “*svabhāva*” significa *propriedade essencial* ou aquilo que provê a identidade de um objeto. Trata-se de algo que um objeto não pode perder sem que isso o torne outra coisa. Por exemplo, a propriedade essencial do fogo é o calor, sem o qual o fogo não seria caracterizado como tal. Segundo, “*svabhāva*” pode significar *independência*. Nesse sentido, *svabhāva* é tudo aquilo que existe independentemente de todo resto. Isto é, um objeto com *svabhāva* não depende da existência de qualquer outra coisa. Para dizer que existe um objeto independentemente de tudo o mais, esse objeto não deve ser composto de outros elementos. Então, *svabhāva*, no sentido aqui atribuído, requer que o objeto independente não seja constituído por coisas mais básicas. E, por fim, para o terceiro sentido identificado por Westerhoff, *svabhāva* é tudo aquilo que resiste a uma análise lógica. Portanto, se em uma análise pode-se fragmentar o objeto em aspectos mais fundamentais, esse objeto não possui *svabhāva*. Logo, o objeto com *svabhāva* é aquele que não pode mais ser decomposto e, portanto, é o ponto final de uma análise minuciosa.

Dessa forma, a noção de *vacuidade* – de que tudo é vazio de *svabhāva* – pode ser entendida como:

- tudo que há é vazio de propriedade essencial;
- nada existe por si mesmo; e
- nada resiste à análise.

Ora, se todas as coisas carecem de substância, essência ou natureza própria, faz-se necessário compreender de que forma ocorre uma experiência tão nítida e consistente de um mundo dotado de coisas com individualidade e identidade próprias. Ou, em outras palavras, como é possível identificar algo no mundo sem que o seja por sua própria natureza? Na perspectiva do *Caminho do Meio*, em geral, e na obra de Nāgārjuna, particularmente, essa indagação é explicada através do conceito de *cooriginação dependente*. De forma bastante direta, esse conceito corresponde à ideia de que as coisas existem apenas *umas em relação às outras*. Ou, conforme indica Ferraro (2012), como todas as coisas são entendidas como sendo desprovidas de natureza própria, ou de qualquer autonomia ontológica, sua *existência* não passa de um conceito condicionado, que se origina em dependência recíproca da sua

contraparte conceitual. Por exemplo, a ideia de *Ser* só existe em relação à ideia de *Não-Ser*, e vice-versa. As coisas, portanto, são apenas o que podem ser em uma relação de dependência mútua com outras coisas, e não por direito próprio. *Vacuidade* e *cooriginação dependente* são aspectos complementares de uma mesma abordagem, uma vez que, justamente pela condição de uma coisa só poder existir em correlação com outras e não poder existir por si mesma.

Além dos conceitos de vacuidade e cooriginação dependente, há outra distinção fundamental no entendimento da abordagem filosófica do Caminho do Meio: a doutrina das *duas verdades*. A palavra sânscrita que é traduzida como “verdade” é *satya*, que em certas circunstâncias também pode ser traduzida como “realidade” (NEWLAND; TILLEMANS, 2011). Nessa tradição filosófica, considera-se dois aspectos de realidade ou verdade: *samvṛti-satya*, a verdade convencional e *paramārtha-satya*, a verdade última. A distinção entre as duas verdades é imprescindível para compreender os desdobramentos filosóficos do Caminho do Meio. A perspectiva abordada aqui sobre as duas verdades refere-se a interpretações da obra de Nāgārjuna feita por comentaristas contemporâneos. De fato, são várias as possíveis interpretações, sendo que aqui serão abordadas duas delas: a abordagem *antimetáfisica*, de Ferraro, e a *semântica*, de Siderits e Garfield (2013).

Na interpretação de Ferraro (2012), as duas verdades consistem em dois “planos epistêmicos”, ou duas diferentes maneiras de ver e conceber a realidade. A *verdade convencional* é a abordagem cognitiva que “concebe as coisas como uma pluralidade de entes substanciais (objetos e pessoas) dotados de uma essência ou de uma ‘natureza própria’ (*svabhāva*) que os identifica” (FERRARO, 2016, p. 45). Por sua vez, a verdade última, só pode ser caracterizada analiticamente, ou *a priori* (FERRARO, 2012). Segundo o autor, o que pode ser dito por essa via é que a *verdade última* é (a) uma dimensão epistêmica ou um plano de conhecimento, (b) experienciável ou passível de ser atingida cognitivamente e (c) cuja experiência epistêmica é transcendente com relação à verdade convencional. Além desses predicados, nada pode ser dito a respeito da verdade última, quer dizer, essa experiência cognitiva é, por definição, indescritível *a posteriori*. Ou seja, a verdade última é um modo de conceber e experienciar a realidade que não está baseada em nenhuma descrição particular e definitiva das coisas, sendo que qualquer tentativa de descrevê-la descaracteriza-a como tal.

A segunda interpretação, denominada *semântica*, é defendida por Siderits e Garfield (2013). É dita semântica por preconizar que a *verdade última* não é uma tese sobre a metafísica das coisas, mas sobre como as coisas podem ser vistas. Segundo Siderits (*apud* FERRARO, 2012), a *verdade última* é o reconhecimento de que a realidade é vazia ou desprovida de uma identidade objetiva. Porém, ser vazia, nesse sentido, não se refere a uma

dimensão ontológica, ou aos modos de existência e inexistência de um objeto. Contrariamente, refere-se a um tipo de *visão* que reconhece todos os entes como sendo reciprocamente dependentes e, portanto, intrinsecamente vazios. Segundo Garfield (*apud* FERRARO, 2012), esse vazio refere-se também às noções de vacuidade e realidade última, o que implicaria que a própria noção de *verdade última* é vazia e, portanto, convencional. Quer dizer, se a *verdade última* também é convencional, decorre que “não há verdade última”. (SIDERITS, *apud* FERRARO, 2012, p. 127).

Ao longo desta pesquisa, tanto uma quanto outra interpretação da doutrina das duas verdades será utilizada na análise. No entanto, quando não for mencionada a perspectiva usada, estará implícita a interpretação *semântica*. Apesar das diferenças, ambas interpretações concordam que a vacuidade não representa uma tese ontológica, isto é, não é uma tese sobre a inexistência da realidade. A despeito disso, uma imputação recorrente dirigida à posição do *Caminho do Meio* – como as feitas por Mayeda (*apud* FERRARO, 2016) por exemplo – é a de que a tese da vacuidade implicaria em uma espécie de *niilismo*, uma vez que se refere às coisas como sendo “vazias” ou desprovidas de existência inerente. A respeito dessa acusação, os defensores do *Caminho do Meio* afirmam ser um entendimento equivocado, uma vez que essa abordagem propõe-se a evitar tanto o extremo da reificação (visão da existência) quanto a do niilismo (visão da inexistência). É dito que o *Caminho do Meio* evita o extremo do *niilismo*, pois aceita a realidade convencional das coisas; e evita o extremo da reificação, pois nega a natureza própria das mesmas. Ser vazio, nesse sentido, é originar-se de forma dependente – existir em dependência de causas e condições, em relação com outras coisas, e ter uma identidade dependente da designação conceitual. Portanto, existir dessa maneira não é ser inexistente. Em vez disso, para o *Caminho do Meio*, é a única maneira de ser real: é assim que tudo existe. O vazio, então, não é inexistência (GARFIELD; COLLEGE, 2012).

Convém ressaltar que o vazio, nessa perspectiva, não é mais real do que qualquer outra coisa convencionalmente real. Tanto o vazio quanto a cooriginação dependente são designações conceituais, apenas fórmulas verbais, uma maneira de ver as coisas. Portanto, tudo é vazio de identidade intrínseca, inclusive o próprio vazio das coisas. O vazio não é um universal autossustentado, o que significa dizer que o vazio também é apenas convencionalmente real. O *Caminho do Meio*, portanto, não deve ser entendido como *niilismo*, justamente, porque não preconiza uma distinção ontológica entre o vazio das coisas e o modo como estas originam-se de forma dependente. Não se deve tomar o vazio como propriedade real das coisas e tudo o mais como apenas convencionalmente real. Se assim fosse, o *Caminho do Meio* implicaria em um dos extremos que pretende evitar. O vazio seria

reificado como um fenômeno existente e a realidade convencional seria depreciada como uma existência de segunda classe, meramente ilusória. Isso implicaria na existência de um mundo real inacessível e de um mundo ilusório em que todos estão condenados a habitar.

Por fim, ressalta-se que *Caminho do Meio* tem sua origem e aplicação no contexto de tradições espirituais budistas. No entanto, nas últimas décadas, essa abordagem filosófica tem sido alvo de interesse de cientistas e filósofos ocidentais. Já há uma literatura considerável de implicações das concepções do *Caminho do Meio* no que diz respeito a problemas filosóficos da ciência. Wallace (2003, 2009a, 2009b), Varela, Thompson e Rosch (2003) são alguns exemplos de autores que fizeram contribuições nesse sentido.

Para encerrar, apresenta-se, na Figura 1, um quadro esquemático sobre as diversas ontologias abordadas nesta análise.

Figura 1: Resumo da análise da Ontologia



Fonte: Autor

## 1.2 EPISTEMOLOGIA

Epistemologia é o termo corrente para designar *teoria do conhecimento*. A palavra é, etimologicamente, derivada de dois termos gregos, *epistême* (conhecimento) e *logos* (discurso). Em um sentido mais amplo, epistemologia é a investigação filosófica da natureza (*o que é conhecimento*), fonte (*o que provê conhecimento*) e limites do conhecimento (*o que pode ser conhecido*) (MOSER; MULDER; TROUT, 2011).

Nesta pesquisa, a análise das diferentes posições epistemológicas será orientada em três níveis de discussão referentes a três questões fundamentais: *questão ontológica* – Há um mundo independente da mente?; *questão epistêmica* – O que pode ser conhecido?; e *questão semântica*: Qual é a relação entre linguagem e realidade?

A seguir, as possíveis respostas a essas questões são distinguidas e analisadas.

### 1.2.1 Nível ontológico

O nível ontológico de uma concepção epistemológica refere-se à seguinte questão: Existe um mundo independente da mente? Há na literatura uma grande variedade de respostas a essa questão as quais podem ser categorizadas em três tendências: responder positivamente, negativamente ou questionar a validade da questão. Aqui, essas tendências de respostas

correspondem, respectivamente, às respostas referentes às posições do *realismo ontológico*, *idealismo ontológico* e *Caminho do Meio*.

### 1.2.1.1 Realismo ontológico

A primeira resposta possível à questão sobre a existência de um mundo independente da mente, é respondê-la positivamente. A tese que sustenta a independência do mundo e da mente é denominada *realismo ontológico* (RO). Apesar de intuitiva, RO é uma tese bastante controversa no âmbito filosófico. Para diversos cientistas e filósofos, a ideia de uma realidade independente da mente é algo que “não vale a pena lutar”<sup>3</sup> (GOODMAN, 1978, p. 20) ou que está “totalmente perdido”<sup>4</sup> (RORTY, 1972). Há, em contrapartida, autores que não só defendem a plausibilidade de RO, mas também a consideram uma condição de inteligibilidade (SEARLE, 1995) dos enunciados científicos, ou, menos modestamente, há os que consideram esta uma tese devidamente provada (MOORE, *apud* NIINILUOTO, 1999). A seguir, são apresentados alguns detalhes dessa controvérsia.

Há diversas formas de enunciar o realismo ontológico. Segundo Bunge (2010), o RO considera a ideia de que o mundo (universo ou realidade) existe por si mesmo. Isso significa dizer que o mundo não depende de nada, além dele mesmo, para existir. Em uma formulação ainda mais conhecida, enuncia-se o RO em termos do conceito de mente. Nesse caso, defende-se que há uma realidade independente da mente. Niiniluoto (1999) destaca que essa tese pode ser reformulada em duas vertentes. Na primeira, coloca-se o ser humano como parâmetro e afirma-se que o mundo existe independente da mente humana. Nessa visão, reconhece-se que os humanos afetam uma pequena parte do mundo, mas que o mundo preexiste independentemente da possibilidade de poder ser tomado pela consciência de alguém. A outra reformulação, mais forte, afirma que há uma realidade independente de qualquer tipo de mente, seja ela subjetiva – como a de um indivíduo, seja ela objetiva – como a de uma mente universal ou uma mente de Deus. John Searle (1995) substitui a ênfase na mente pelo seu *realismo externo*, segundo o qual existe um mundo que independe das representações humanas.

Nem todas essas formulações têm as mesmas implicações, no entanto há uma série destas que são comuns a todas aquelas. No âmbito das implicações comuns, essas formulações serão entendidas como intercambiáveis. Quando se estiver analisando um

<sup>3</sup> Tradução do autor. Texto original: “not worth fighting for”.

<sup>4</sup> Tradução do autor. Texto original: “well lost”.

contexto em que as diferentes formulações implicarem consequências diferentes, será explicitado o sentido abordado. Caso contrário, sempre que for mencionado o RO, sem especificações adicionais, estará sendo utilizado o seguinte sentido: *há uma realidade independente da mente* na qual *mundo* é sinônimo de realidade ou universo e *mente* é sinônimo de percepção, experiência de indivíduos. *Realismo ontológico*, portanto, apenas, preconiza a existência de um aspecto objetivo da realidade, precedida por qualquer forma de cognição e linguagem.

Vale ressaltar que, por si mesmo, RO não implica nenhuma visão epistêmica ou semântica em particular, ou seja, reconhecer a existência independente do mundo não implica, por exemplo, que este seja acessível cognitivamente nem que se possa construir enunciados que correspondam a suas características. Para esse tipo de sugestão, deve-se associar RO a outras teses que estabeleçam as relações entre conhecimento e linguagem com o mundo. Tampouco RO faz afirmações sobre os tipos de entidades que existem no mundo. Isso fica a cargo da ontologia, anteriormente discutida. RO, por exemplo, não implica materialismo, uma vez que algumas posições dualistas podem ser considerados realistas, pois aceitam, além da mente, a existência de um mundo material independente da mente (NIINILUOTO, 1999). Assim que, realismo ontológico é compatível com uma variedade de posições epistemológicas.

A questão ontológica apresentada dessa forma pode parecer algo trivial para as pessoas não ambientadas com o debate filosófico em torno dela. Apesar de ser uma tese bastante intuitiva, ou até mesmo uma obviedade, sob certa perspectiva, os argumentos de defesa do realismo ontológico apresentam dificuldades do ponto de vista filosófico. Algumas possíveis defesas de RO são analisadas a seguir.

Bunge (2010) utiliza argumentos provindos da física, biologia, neurociência e história para defender RO. O autor observa que as leis da física são invariantes em relação a certas mudanças de sistema de referências. Especialmente, elas não variam de observador para observador, portanto deve haver um mundo físico que exista independentemente de qualquer observador. O argumento biológico ressalta que animais extraem energia do ambiente e são dotados de sensores capazes de captar sinais do mundo externo. O argumento da neurociência, ressalta que o cérebro não pode se desenvolver sem a energia e os estímulos de um mundo externo, isto é, se o cérebro for privado de determinados estímulos, ele deixa de funcionar normalmente. Por exemplo, uma pessoa que nasce cega desenvolve uma audição diferenciada por sofrer estímulos diferentes dos recebidos por uma pessoa dotada de visão. Além disso, experimentos relacionados à percepção indicam que diferentes pessoas percebem

simultaneamente o mesmo fato, como o estouro de um fogo de artifício, por exemplo, o que seria um indício de que os fatos existem para todos observadores e independentemente deles. A visão da história, por sua vez, indica que toda ciência histórica trata o passado como certo e não como uma construção humana, e que o entendimento que se tem do passado pode mudar, mas o passado em si, não. Na visão de Bunge (2010), essas áreas científicas representam fortes indícios da objetividade da realidade.

A defesa de RO feita por Bunge resume-se a tomar alguns resultados de diferentes áreas do conhecimento como evidência da existência de uma realidade objetiva. Esse tipo de argumento, no entanto, apresenta dificuldades filosóficas. Isso, porque os resultados que Bunge utiliza como evidência de RO pressupõem, eles mesmos, a existência de uma realidade objetiva. Logo, o autor utiliza argumentos que pressupõem RO como evidência para RO. As teorias citadas por Bunge não são construídas a partir de uma *neutralidade epistemológica* (sem nenhuma suposição sobre a objetividade do mundo). Contrariamente, a conclusão de que o mundo independe da mente não decorre de procedimentos metodológicos, pois essa ideia já estava presente nas teorias desde o princípio.

As considerações sobre a independência entre leis físicas e observadores pressupõem, elas mesmas, a existência de observadores e de um mundo onde os próprios estão inseridos. A ideia de que animais necessitam de um ambiente externo para sobreviver pressupõe que tanto o animal quanto o ambiente externo existem por si mesmos, independentemente de alguém estar lá, distinguindo o animal e o ambiente e estabelecendo que a relação entre eles é, por exemplo, uma prova de que a realidade é objetiva. Da mesma forma, para os demais argumentos. A ideia de que o cérebro necessita de estímulo pressupõe a existência objetiva do cérebro e do estímulo, e a ideia de que o passado é mais do que uma construção social também.

Essa dificuldade é reconhecida por outros autores que, mesmo defendendo a utilização de RO, discordam sobre uma tese poder ser provada a partir de evidências empíricas, pelo simples fato de que as evidências já pressupõem RO. Nesse sentido, destacam-se os argumentos de dois autores, Searle (1995) e Rescher (1987).

Searle (1995) ressalta que um argumento típico a favor de RO é a convergência de resultados científicos. Quer dizer, diferentes cientistas em diferentes contextos podem chegar aos mesmos resultados, ou similares. Uma explicação realista para tal fato é a de que há um mundo externo que causa a convergência. A dificuldade desse argumento, destaca o autor, consiste em sua circularidade. A própria alegação de que a convergência de resultados serve como evidência para RO, já está pressupondo a existência de uma comunidade de cientistas

que pode ou não produzir investigações compatíveis. Portanto, o RO está sendo utilizado como evidência de RO. Esse parece ser o tipo de argumentação feito por Bunge (2010) na tentativa de defender RO. Searle, no entanto, afirma que o fato de haver, ou não, convergência não é uma evidência nem a favor nem contra o RO, pois o argumento assume previamente o elemento que quer provar.

O autor defende que o RO não é uma tese empírica, mas, sim, uma *condição de inteligibilidade* (SEARLE, 1995). Ou seja, RO é um pressuposto necessário para que uma grande gama de enunciados, pensamentos e linguagens sejam compreensíveis. Isso quer dizer que RO não é uma verdade necessária, mas algo que é admitido previamente para se poder compreender certos tipos de enunciado. Em última instância, Searle afirma que RO é uma condição para a comunicação.

Para se poder comunicar, desde essa perspectiva, a linguagem usada deve ser constituída por enunciados publicamente compreensíveis, ou seja, enunciados inteligíveis para todos os envolvidos na comunicação. Segundo o autor (1995), a condição de inteligibilidade é a pressuposição de uma realidade externa e comum a todos os interlocutores. E, para que esses interlocutores possam compreender uns aos outros, os enunciados devem fazer referência a uma realidade publicamente acessível, algo que não dependa de nenhuma representação particular. Assim, ainda que não se possa provar o RO, ele pode ser engajado em assuntos que o pressupõem.

Searle não é o único a defender o aspecto não empírico de RO. Nicholas Rescher (1987) destaca que o RO não é um fato aprendido pela investigação científica, mas um pressuposto regulatório que a torna possível desde o princípio. Ou seja, o compromisso com um mundo independente da mente não é produto da ciência, mas antes disto, é um ponto de partida indispensável para tal empreendimento. Não se trata de uma descrição factual ou algo que possa ser descoberto mediante qualquer observação. Afinal, como alguém poderia inferir por observação que a observação em si é um produto causal de um mundo externo? A experiência, por si só, não garante a existência de mundo externo.

Um dos propósitos da ciência, no entanto, é poder utilizar a experiência como fonte de informação. Nesse sentido, é necessário fazer a aposta de que o mundo externo existe independentemente para se poder utilizar dados empíricos como evidência. É o RO que legitima o uso de dados observacionais como fonte de informação objetiva e, portanto, é uma precondição para a investigação científica. A motivação para se pressupor tal mundo é garantir que se possa aprender algo pela experiência. Dessa forma, a base de RO é *funcional* antes de *evidencial*. Ela funciona como um conveniente princípio regulatório, um instrumento

funcionalmente útil que permite o uso da experiência cognitiva como fonte de conhecimento. Rescher (1987) recomenda: a menos que se encontrem boas razões contrárias, os objetos de investigação devem ser tratados como reais.

De acordo com o autor, o compromisso com o mundo real traz duas implicações indispensáveis, garantia para investigação racional e para comunicação. A primeira implicação refere-se à ideia de que sem RO não há como tratar dados empíricos como fonte de evidências. Seria inútil, nessa visão, conceber caracterizações da realidade se não há o compromisso com a proposição de que existe uma realidade a ser caracterizada. Para se fazer ciência, necessita-se de informações objetivas sobre "o mundo real", e, para tanto, trata-se certos dados como evidência. A utilidade do RO é tornar a experiência objetiva. Sem a noção de uma realidade objetiva também, não há distinção entre verdadeiro e falso, nem entre aparência e realidade. Se não se presume uma referência objetiva, não há como enunciados corresponderem a nada verdadeiro sobre a realidade e nem como distinguir o que parece ser do que realmente é. Parece que o autor tenta justificar a crença em um mundo externo para poder-se evitar o relativismo e o solipsismo.

A segunda implicação é a de que não é possível estabelecer contato comunicativo sobre um assunto de discussão caso o discurso seja centrado em concepções idiossincráticas individuais. A condição para o intercâmbio de informação é fornecida, *a priori*, pela convenção de que a conversa é sobre o "mundo real". A objetivação, a intenção de discutir o próprio mundo, pode ser uma condição para a própria possibilidade de comunicação. O que liga os discursos de diferentes interlocutores é a presunção de que todos estão falando sobre a mesma coisa, mesmo que suas interpretações sobre ela sejam diferentes. Esse compromisso estabelece a necessidade de se reconhecer uma possível discrepância entre concepções potencialmente idiossincráticas (individual) das coisas e o caráter objetivo das mesmas (pressuposto *a priori*). Rescher (1987) destaca que o contraste entre "a coisa como é vista" e "a coisa como é" consiste no mecanismo indispensável para não se adotar uma concepção particular como sendo uma visão completa e incorrigível da presumida realidade. Quando isso ocorre, ou seja, quando a "realidade para si" é confundida com a "realidade objetiva", a última é removida forçosamente do cenário de discussão, implicando em um solipsismo cognitivo que impediria a referência a um mundo intersubjetivo e, assim, bloquearia a possibilidade de comunicação interpessoal e a investigação comunitária.

Segundo o autor, os motivos anteriormente citados são justificativas pragmáticas para o uso de RO, pois possibilitam a implementação das atividades de investigação e comunicação. No entanto, em sua visão, há um outro nível de justificação, além da

pragmática. Se as atividades científicas forem bem sucedidas, ocorre uma revalidação do uso de dados empíricos como fatos objetivos. Nessa circunstância, a visão de mundo produzida pela ciência torna-se uma explicação do que deve ser presumido para a atividade ser bem sucedida. Em outras palavras, elas indicam como foi apropriado considerar certos dados como evidência. Essa justificação é denominada cognitiva pelo autor. Tanto a justificação pragmática quanto a cognitiva ocorrem retrospectivamente, isto é, a validação de RO não pode ser pré-estabelecida através de evidências, mas só pode ser fornecida *ex post facto* por meio do ímpeto justificativo da implementação bem-sucedida, tanto pragmática quanto cognitiva.

Nessa visão, o compromisso com o mundo real é mais do que uma garantia para a investigação e a comunicação, trata-se de um *imperativo racional* a partir do qual o ser humano atende suas demandas de animal racional. Para sobreviver, deve-se ter ação efetiva. Não há como agir de forma eficaz sem confiança racionalmente garantida em alguma forma de conhecimento. Rescher (1987) afirma que a utilidade da concepção de realidade é tal que, mesmo ela não existindo, tal como preconizada pela tese realista, ela deve ser inventada.

### 1.2.1.2 Idealismo ontológico

A segunda tendência de resposta à questão da possibilidade de uma realidade independente da mente é negativa. A realidade depende, de alguma maneira, da mente. A concepção de que a realidade depende da mente é denominada *idealismo ontológico*. Há, porém, várias formas de se considerar a realidade como sendo dependente da mente. Aqui, destacam-se três variações: (a) a realidade depende de uma mente universal (idealismo objetivista); (b) a realidade depende da percepção humana (idealismo subjetivista); e (3) a realidade depende da linguagem (idealismo conceitual). Atualmente, as duas primeiras variações do idealismo ontológico são defendidas por proponentes do dito *misticismo quântico*, conjunto de interpretações da física quântica influenciado por metafísicas idealistas, aspectos religiosos, misticismo oriental e ciências cognitivas. A terceira variação é bastante corrente em autores pós-modernos.

Uma perspectiva que pode ser categorizada como *idealista objetivista* e que se tornou relativamente popular no âmbito cultural, embora seja muito criticada ou ignorada no meio acadêmico, é a interpretação *mística* de Amit Goswami (1998). Nessa perspectiva, a realidade depende de uma consciência universal, denominada *Consciência Una*. Toda realidade é considerada uma manifestação desse ente e é dele dependente. Por aferir uma dependência

entre realidade e consciência, Goswami pode ser considerado um idealista ontológico. No entanto, deve-se ressaltar que, para que esse tipo de concepção seja assim considerado, a questão ontológica deve ser formulada de modo bastante específico: a independência entre mente e realidade deve ser estabelecida em relação a qualquer tipo de mente, incluindo uma suposta mente universal, supra-humana. É somente nesse sentido particular que Goswami seria considerado um idealista ontológico. Caso seja especificado que a mente em relação à qual se avalia a possibilidade de autonomia da realidade for a mente humana, sua posição implicaria realismo ontológico, tendo em vista o autor defender a possibilidade de haver uma realidade que transcende a percepção humana. Desde essa perspectiva, sua posição se afasta da ideia idealista subjetivista de que só existe o que pode ser percebido.

O *idealismo subjetivista*, por sua vez, é a posição filosófica baseada na premissa ontológica de que nada existe exceto mentes e suas percepções ou ideias. A realidade do mundo exterior não é independente da mente, portanto, depende de um conhecedor. Objetos são, portanto, meras percepções. Um dos defensores do idealismo subjetivista foi o filósofo irlandês do século XVIII, George Berkeley. Em uma das mais conhecidas sínteses da filosofia (MENDES, 2007), o autor propõe que *esse est percipi* ("existir é ser percebido"). O que Berkeley propõe não é a rejeição de objetos comuns, como pedras, árvores, livros e maçãs, mas que em seu sentido tais objetos são pacotes ou coleções de ideias. Uma maçã, por exemplo, é uma combinação de percepções visuais, tácteis, de gosto, cheiro etc. (DOWNING, 2013). Para o filósofo, os denominados objetos externos dependem da mente, pois se alguém percebe objetos ordinários, tais como árvores e pedras, esse alguém só percebe ideias dos objetos. Por sua vez, essas ideias não podem existir sem serem percebidas, portanto, árvores e pedras são ideias e impressões desses objetos, e não podem existir sem serem percebidos (idealismo ontológico) (LADYMAN, 2002).

Vale ressaltar que o *idealismo subjetivista* não implica, necessariamente, *solipsismo*, a ideia de que só há uma única mente, a de si mesmo. Berkeley, por exemplo, evita o solipsismo estabelecendo que todas as percepções individuais têm uma causa comum, que na visão do autor é a *mente de Deus* (DOWNING, 2013).

Atualmente, alguns autores vinculados ao que se denomina *misticismo quântico* podem ser considerados defensores de uma espécie de idealismo subjetivo. Nessa perspectiva, o mundo não somente depende do observador, como também seus desejos, emoções e sentimentos poderiam influenciar os acontecimentos. Esse tipo de concepção teve relativo alcance no âmbito cultural (não no acadêmico) nos meados dos anos 2000, com os lançamentos do filme e livro *O Segredo* (BYRNE, 2006). De acordo com Byrne, o mero fato

de projetar expectativas em pensamento e desejá-las intensamente as tornariam fatos consumados. E mais do que isso, que o indivíduo teria ingerência sobre a causalidade da realidade, podendo determinar o rumo da história de acordo com sua vontade. Nessa visão, a realidade é uma espécie de sonho do indivíduo.

A terceira variação do idealismo ontológico é o *idealismo conceitual* ou *linguístico*, que nega a existência de uma realidade ontologicamente independente da linguagem. O princípio que sustenta essa tese será aqui denominado *argumento da relatividade conceitual* (SEARLE, 1995). Searle afirma que o mundo pode ser dividido de variadas formas mediante o uso de diferentes sistemas de classificação. Não há limites para a quantidade de conceitos que podem ser criados e as descrições que podem ser feitas para qualquer fragmento da realidade. No entanto, qualquer sistema de representação é convencional e, em um certo sentido, arbitrário. Isso significa dizer que qualquer descrição que possa ser feita sobre a realidade é relativa a algum tipo de sistema de classificação, o qual é, de alguma forma, arbitrariamente selecionado. Esse é um argumento que, além de até mesmo um realista poder considerá-lo válido, indica apenas a possibilidade de haver muitas formas de se falar sobre a realidade e que a maneira como é dito depende dos conceitos utilizados e dos objetos delimitados. Assim, mesmo argumentando-se que há maneiras corretas e incorretas de descrever a realidade – ou seja, mesmo atribuindo um valor de verdade às descrições –, a constituição do sistema conceitual inicia-se com escolhas arbitrárias. Por si mesma, a relatividade conceitual não implica nem realismo nem idealismo ontológicos, mas é possível associá-la tanto a um quanto a outro. A interpretação idealista da relatividade conceitual envolve, por exemplo, a possibilidade da existência de muitos mundos, enquanto a interpretação realista envolve a diversidade de descrições possíveis de um mesmo mundo.

De modo que, o idealismo conceitual nega a existência de uma realidade ontologicamente independente da linguagem, ou seja, a realidade depende do sistema conceitual que está sendo utilizado. Há muitas variações do idealismo conceitual. Para Jacques Derrida (1971), por exemplo, não há nada fora do texto. Já em uma interpretação idealista da epistemologia de Thomas Kuhn (1970), o mundo muda na medida em que mudam os paradigmas que o descrevem. Muito do pós-estruturalismo, do pensamento francês e do pós-modernismo é baseado na ideia de que ontologicamente tudo depende da linguagem (NIINILUOTO, 1999). Cada uma dessas posições tem suas peculiaridades, mas elas têm em comum a ideia de que relatividade conceitual implica idealismo.

Searle (1995) discorda e defende que a relatividade conceitual não envolve rejeição de um mundo, independentemente das representações que dele sejam feitas. Há como ser

realista, em termos ontológicos, e, ainda assim, defender que esse mundo possa ser descrito em diferentes sistemas de classificação. Consoante o autor, o argumento da relatividade conceitual apenas mostra que diferentes sistemas conceituais geram diferentes e eventualmente contraditórias descrições da realidade. Contudo, nessa perspectiva, possíveis contradições são ilusórias, uma vez que podem ser removidas referenciando o sistema conceitual ao qual a descrição pertence. Por exemplo, a aparente contradição entre duas descrições pode ser solucionada apontando que a *descrição 1* é referente ao *sistema conceitual 1* e a *descrição 2* é referente ao *sistema conceitual 2*. Entretanto, o autor reitera que o fato de serem utilizados diferentes sistemas conceituais para descrever o mundo não quer dizer que o mundo descrito não seja o mesmo. Tampouco implica que o mundo dependa da representação dele feita. O mundo externo, o objeto da descrição, existe antes da representação, não é afetado pela descrição e continuará existindo, mesmo que não seja feita nenhuma descrição a seu respeito. A tese de que há um mundo externo, por si mesma não impede que se façam múltiplas descrições desse mundo nem delimita a quantidade e qualidade dessas descrições, as quais, em princípio, podem ser tantas quantas forem possíveis.

Conforme Searle (1995), a relatividade conceitual (RC) em nada prejudica o realismo ontológico (RO). Antes disso, a RC pressupõe o RO, no sentido de que, para se poder admitir uma variedade de descrições, é preciso pressupor que haja algo para ser descrito. Ou utilizando-se uma metáfora do autor, para se fazer um mapa é necessário se ter um terreno. Sem a realidade, os conceitos não têm ao que se referir.

O fato de descrições serem relativas a um conjunto de categorias linguísticas não requer que fatos ou objetos descritos existam apenas relativamente a esse conjunto. Apesar da escolha do sistema ser arbitrária, uma vez que o sistema conceitual é fixado, a arbitrariedade acaba e a descrição vai ser bem ou mal sucedida se satisfizer ou não as características intrínsecas do objeto. Nesse sentido, a linguagem não faz o mundo, ela apenas pode ser ou não compatível com ele.

Ainda há como utilizar o argumento da relatividade conceitual sem implicar realismo nem idealismo ontológicos. Essa posição é identificada como a terceira tendência da questão ontológica, na qual a resposta sobre a independência entre realidade e mente não é nem afirmativa e nem negativa. A posição mencionada é o *Caminho do Meio*, o qual é discutido a seguir.

### 1.2.1.3 Caminho do Meio

A terceira possibilidade de resposta para a questão da existência de uma realidade independente da mente é a de abster-se de respondê-la ou, de algum modo, considerá-la sem sentido. Wallace (2009b) entende que os defensores do Caminho do Meio considerariam sem sentido a pergunta sobre a possibilidade de existir uma realidade independente da mente. Esse tipo de posição não envolveria uma resposta afirmativa sobre tal realidade existir, conforme preconizada pelo realismo ontológico, mas também não negaria a existência dessa realidade, tal como no idealismo ontológico. O principal argumento do autor é a ideia de que todo predicado atribuído à realidade depende do esquema conceitual (relatividade conceitual).

Anteriormente, foi discutida a proposição *de que modo a relatividade conceitual pode ser compatível tanto com o realismo quanto com o idealismo*, mas não foi mencionado de que forma o argumento poderia ser utilizado sem implicar nenhum deles. Em outras palavras, como uma postura pode negar a existência autônoma do mundo a partir do argumento de que tudo depende de um esquema conceitual, inclusive a ideia de um *mundo preexistente*, sem implicar, concomitantemente, a postura idealista de que o mundo seria fabricado pela mente a partir da conceitualização?

Uma das possíveis leituras dessa posição intermediária é a de não apenas a ideia de mundo depender de um esquema conceitual, mas também a ideia de mente. Assim, as ideias de um mundo externo e de um mundo mental só existem na relação de uma com a outra (GOODMAN, 2016). Isto é, se a ideia de que *todo atributo só existe em relação à sua contraparte conceitual* for considerada até a última consequência, não se pode falar em um mundo existindo por si só e nem de uma mente existindo por si mesma. Dessa forma, não faria sentido estabelecer uma base ontológica da realidade, seja ela realista ou idealista; não ao menos a partir da pergunta tal como foi formulada. Vale lembrar que, no *realismo*, há uma independência entre mundo e mente; no *idealismo*, o mundo depende da mente; e na visão do *Caminho do Meio*, segundo Goodman (2016), a interdependência entre mundo e mente é simétrica, assim, mundo e mente dependem um do outro.

O Caminho do Meio, geralmente, é entendido como uma posição filosófica que não defende nenhuma tese metafísica. Ou, talvez, mais precisamente, não se trataria de uma posição e, sim, de uma *não posição filosófica*, que pode ser considerada um processo dialético a partir do qual toda posição metafísica, toda descrição da natureza da realidade, é refutada. Nesse sentido, alguns autores (SIDERTIS; GARFIELD, 2013; GOODMAN, 2016; WESTERHOFF, 2017a) defendem que o Caminho do Meio não garante nenhuma base

ontológica para a realidade, nem mesmo a mera constatação de que ela exista independentemente da mente. Embora essa seja uma das maneiras correntes de se interpretar a questão ontológica a partir do Caminho do Meio, nem todos estudiosos dessa filosofia concordam com ela. Giuseppe Ferraro (2014), por exemplo, propõe uma interpretação da obra de Nāgārjuna, fundador da filosofia do Caminho do Meio, como sendo realista antimetafísica. Em sua avaliação, ela seria realista, pois admite a existência de uma realidade independente da mente e é antimetafísica porque não descreve essa realidade. De modo que, para o autor, a mera suposição de existência da realidade não implicaria um posicionamento metafísico, ou ao menos não o seria em uma definição mais forte de metafísica, como descrições sobre a natureza do mundo. Na opinião de Ferraro, o entendimento de que tudo é convencional e desprovido de natureza última não exclui o real, apenas atribui a ele uma qualificação antissubstancialista peculiar.

A posição ontológica do Caminho do Meio é, algumas vezes, comparada com posições filosóficas modernas da tradição ocidental. Ainda que se possam destacar algumas similaridades, aqui se defende que o Caminho do Meio tem particularidades que não estão presentes em nenhuma tradição ocidental. De qualquer modo, sua comparação com filosofias modernas é bastante útil para seu entendimento por parte de pessoas alheias a suas características.

Uma dessas posições, às quais a comparação parece válida, é o *Realismo Interno* de Hilary Putnam. A semelhança pode ser apreciada em sua conhecida afirmação de que “a mente e o mundo juntos fazem a mente e o mundo<sup>5</sup>” (PUTNAM, 1981, p. xi). Segundo Putnam, os objetos não existem independentemente de um esquema conceitual. Em *Reason, Truth and History* (1981), o autor faz uma crítica ao que denomina *realismo metafísico*, definido por ele próprio como um conjunto de teses, dentre as quais está presente a de que *o mundo consiste em uma totalidade fixa de objetos independentemente da mente*. O autor nega a ideia de um mundo predeterminado e afirma que toda estrutura que se possa reconhecer no mundo é criada através da conceitualização (PUTNAM, 1983).

De acordo com Westerhoff (2017a), esse tipo de posição está pautada no argumento metafórico conhecido como *cookie-cutter* (cortador de biscoitos), segundo o qual os esquemas conceituais funcionam, metaforicamente, como cortadores de biscoitos que moldam a “massa do mundo” em pedaços na forma de conceitos. A massa, representando o mundo, não tem uma forma determinada e há uma infinidade de formas possíveis de cortá-la. Essa imagem

---

<sup>5</sup> Tradução do autor. Texto original: “the mind and the world jointly make the mind and the world”.

representa a ideia de que, da mesma forma que biscoitos não existem sem o corte da massa, as coisas do mundo não existem objetivamente, mas apenas em relação às construções conceitualmente elaboradas. No entanto, a posição de Putnam parece não evitar, em última instância, o realismo ontológico. Westerhoff (2017a) destaca que mesmo sendo possível moldar diversas formas de biscoitos, é preciso ter uma massa antes de tudo. Se assim for interpretado, o antirrealismo de Putnam não é levado às últimas consequências e parece não evitar os extremos filosóficos do realismo e do idealismo. Caso sua posição seja interpretada como uma negação de estruturas fixas do mundo, mas não como uma negação da possibilidade de um mundo sem forma específica, sua posição implicaria uma espécie de *realismo nominalista*, na qual se preconiza a existência de uma realidade em que não se pode reconhecer estruturas. E caso seja interpretada como negação da existência do mundo, sua posição envolve um *idealismo conceitual*, no qual tudo o que há depende da linguagem.

Essa análise evidencia a dificuldade de se estabelecer uma visão ontológica intermediária, em que nem o realismo nem o idealismo estejam inclusos. Apesar dessa aparente cilada filosófica, alguns autores defendem que o Caminho do Meio consegue evitar esses extremos.

Para Westerhoff (2017a), não é apenas a alegação de que as coisas existem de forma relacional umas com as outras que garante essa tarefa. Esse tipo de posição já está presente em várias formas de antirrealismo na filosofia ocidental. Até mesmo alguns realistas estariam susceptíveis a acreditar que algumas coisas sobre as quais se fala não estão realmente em um determinado lugar, mas seriam apenas criações artificiais dos modos de pensar e falar sobre o mundo. No entanto, o autor ressalta que a maioria das teorias antirrealistas que a filosofia atual contempla são *antirrealismos locais*. Isto é, elas negam a existência autônoma de algumas coisas, mas não todas. Pode-se, por exemplo, ser antirrealista em relação aos objetos matemáticos, objetos abstratos, estados mentais, para citar alguns.

Há, porém, na filosofia ocidental, alguns exemplos do que Westerhoff (2017a) denomina *antirrealismo globalizado*, no qual se preconiza a inexistência de todas as entidades possíveis. O autor destaca Nelson Goodman e Richard Rorty como exemplos dessas posições. Não obstante, mesmo considerando esses casos, o Caminho do Meio, segundo Westerhoff, tem uma etapa a mais em relação a todas as formas de antirrealismos da filosofia. Desde essa perspectiva, a interdependência do Caminho do Meio é completa, o que significa dizer que, além de considerar a dependência entre as coisas, afirma que essa interdependência não expressa uma teoria sobre a realidade última, destacando que o Caminho do Meio adiciona “uma

última volta ao parafuso”, considerando a possibilidade de antirrealismo dirigido contra a própria teoria global antirrealista.

As teorias antirrealistas em relação a todos os tipos de coisas no mundo ainda mantêm uma concepção realista da verdade da posição global antirrealista. Em oposição, o Caminho do Meio defende um antirrealismo global em relação à própria verdade do antirrealismo.

Até aqui, foi abordada a questão ontológica referente à ideia de *haver ou não uma realidade independente da mente*. Três tendências foram classificadas, sendo que na Figura 2 são representadas as posições abordadas. Na próxima seção, será discutida a questão epistêmica.

Figura 2: Resumo da questão ontológica



Fonte: autor

### 1.2.2 Nível epistêmico

Nesta seção, são analisadas as possíveis respostas dadas por diversas posições filosóficas quanto à questão epistêmica do *que pode ser conhecido*. Aqui, as possíveis respostas serão classificadas em três tipos. A primeira possibilidade discutida é a posição epistêmica do realismo. De modo geral, essa resposta afirma que a realidade externa pode ser

conhecida, isto é, além de conceber a existência de um mundo externo, afirma que ele pode ser conhecido. A segunda possibilidade discutida é a versão idealista para o problema epistêmico. Essa resposta tende a negar o acesso ao mundo externo e afirma que a única coisa que pode ser conhecida é o que é produzido pela mente. Já a terceira possibilidade é a posição do Caminho do Meio para a questão. Esta é uma espécie de via intermediária, na qual, tanto o mundo externo, na qualidade de objeto do conhecimento, quanto a mente, na qualidade de fonte de conhecimento, constituem-se mutuamente. De modo que, o que pode ser conhecido não é nem apenas uma realidade externa e nem apenas uma mente.

### 1.2.2.1 Realismo epistemológico

Uma das possíveis respostas à questão epistêmica é a que afirma que a realidade externa pode ser conhecida. Isso significa dizer que, além de existir um mundo externo, independente do observador, de algum modo, esse mundo é *escrutável*, passível de ser investigado e conhecido. Esse é um pressuposto fundamental da posição epistêmica realista, denominado *Realismo Epistemológico*. Embora unânime entre os realistas, esse pressuposto, sozinho, não caracteriza completamente essa posição epistêmica. Geralmente, a cognoscibilidade do mundo está associada a uma série de outras questões, entre as quais, a discussão sobre o mecanismo de acesso ao mundo, o *status* das percepções, a completude do conhecimento e a interpretação das teorias científicas são as mais comuns. Não há, porém, apenas uma resposta para essas questões, mesmo entre os realistas. Dessa forma, o realismo epistemológico, além de não ser uma tese única, é compatível com uma variedade de teorias epistemológicas. Aqui, essas variações serão classificadas em dois grupos: o *realismo direto* e *realismo indireto*. Na sequência, serão discutidas as semelhanças e diferenças entre eles.

Propõe-se que o fator que unifica todas as formas de realismo epistemológico é o comprometimento com a possibilidade de conhecimento sobre *mundo externo*. Esse pressuposto é constituído a partir da relação sujeito-objeto, na qual o objeto do conhecimento (o mundo objetivo) e o sujeito cognoscente (o observador) são diferenciados. É notório que, a fim de se poder defender a ideia de que o mundo seja conhecível, deve-se, antes, defender a ideia de que o mundo existe. Portanto, na defesa do realismo epistemológico está implicado o realismo ontológico. De acordo com as posições realistas, só existe conhecimento quando há algo para ser conhecido e alguém para conhecer. Não há conhecimento por si mesmo. Só há conhecimento quando alguém conhece algo. No entanto, a epistemologia realista não enfatiza o conhecimento de cada indivíduo, mas, sim, a possibilidade de se produzir conhecimento

sobre o mundo e tratá-lo de forma impessoal (BUNGE, 1974). O que difere as várias formas de realismo epistemológico é o mecanismo através do qual o conhecimento do mundo é constituído.

A primeira forma de realismo epistemológico aqui discutida é o *realismo ingênuo* ou *realismo direto*. Nessa visão, muitas vezes associada ao senso comum, entende-se que os seres humanos estão em contato direto com a realidade, isto é, que os objetos da percepção são os próprios objetos externos (LADYMAN, 2002; BUNGE, 1974).

Todo objeto é percebido tal como existe no mundo exterior. Não há, por exemplo, uma distinção entre propriedades primárias (presente no mundo externo) e secundárias (presentes apenas na experiência do observador). Sendo assim, sons, cores e cheiros, para citar algumas propriedades, pertencem ao mundo tanto quanto as ondas sonoras, a luz e as moléculas no ar. Em tese, tudo pode ser conhecido, já que o mundo está completamente disponível ao observador.

A segunda forma de realismo epistemológico é o *realismo indireto* ou *realismo crítico*. Essa posição opõe-se ao realismo direto em vários aspectos. Primeiro, entende-se que a realidade do mundo exterior é percebida sob a influência de preconceções do observador e são concebidos conforme um corpo de conhecimento anterior. Ao contrário da visão do *realismo direto*, segundo a qual os objetos da percepção são os próprios objetos do mundo externo, no *realismo indireto* entende-se que os objetos da percepção são representações dos objetos externos. Essas concepções cognitivas (oriundas dos mecanismos da percepção) implicam concepções epistemológicas (sobre a formação do conhecimento) bastante diversas do realismo direto. O conhecimento sobre o mundo perfeito e completo do realismo direto dá lugar à possibilidade de um conhecimento parcial, imperfeito, falível e sempre perfectível. Assim, essa posição pode ser vista como um intermédio entre o dogmatismo do realismo direto (visão de que o conhecimento é acabado) e o ceticismo total de algumas posições antirrealistas (visão de que nada pode ser conhecido). Esse intermédio é denominado falibilismo e é defendido por diversos autores (BUNGE, 2010; NIINILUOTO, 1999).

Niiniluoto (1999) destaca que o fato de não ser possível conhecer o mundo completamente, não implica que nada possa ser conhecido. Isso configura o que o autor chama de *falácia do tudo ou nada*. Junto com o falibilismo está associada a ideia de que o conhecimento pode ser melhorado, princípio denominado *melhorismo* (BUNGE, 2010). No Quadro 4, faz-se uma síntese das diferenças entre realismo direto e indireto.

Quadro 4: Realismo Direto *versus* Realismo Indireto

REALISMO DIRETO	REALISMO INDIRETO
Toda realidade é cognoscível.	Alguns fatos são cognoscíveis, outros não.
Os objetos são percebidos diretamente.	Percepção dos objetos é influenciada por preconceções.
Objetos são concebidos de forma direta.	Objetos são concebidos dentro de um corpo de conhecimento.
Sensações e concepções são espelhos dos objetos reais.	Concepções são representações, podendo em muitos casos serem puras ficções.
O conhecimento pode ser completo e perfeito.	Conhecimento é sempre incompleto e imperfeito, mas sempre perfectível

Fonte: Autor

Mesmo considerando que o conhecimento do mundo seja falível e perfectível, a posição realista epistêmica sugere que a ciência constitui conhecimento sobre o mundo e, como tal, os aspectos teóricos da ciência devem ser interpretados como descrições da realidade independente da mente (LADYMAN, 2002).

#### 1.2.2.2 *Idealismo epistemológico*

A segunda tendência de resposta à questão epistêmica é a de afirmar que o que pode ser conhecido é apenas o que é produzido pela mente. Essa posição é denominada *Idealismo Epistemológico* (IE). Da mesma forma que para o caso realista, existem variadas posições epistêmicas dentro do idealismo. Aqui, serão discutidas duas possibilidades de IE.

O primeiro tipo de IE está associado ao realismo ontológico e, portanto, admite a existência de uma realidade autônoma, mas não admite que esta possa ser conhecida. Autores como o filósofo Immanuel Kant e os biólogos chilenos Humberto Maturana e Francisco Varela podem ser categorizados nesse tipo de concepção epistemológica. O segundo, está associado ao idealismo subjetivo, admitindo que o mundo é uma manifestação mental e, consequentemente, tudo o que pode ser conhecido é produzido pela mente. Essa postura é defendida, por exemplo, por Berkeley.

A primeira forma de *idealismo epistemológico* é aquela que admite a existência de uma realidade independente da mente, mas que está, simplesmente, inacessível. Essa ideia ganhou grande notoriedade e adeptos a partir das ideias de Immanuel Kant, filósofo prussiano

do século XVIII. Kant (*apud* NIINIULUTO, 1999) faz a distinção entre *númeno* (a coisa-em-si) e *fenômeno* (a coisa-para-nós). O mundo das coisas-em-si seria o mundo tal como ele é, independentemente da mente humana. O autor, portanto, não rejeita a realidade externa. No entanto, Kant trabalha com o *princípio de não-cognoscibilidade* através do qual a coisa-em-si é considerada inacessível à cognição humana. A única coisa que pode ser conhecida do mundo externo é que ele existe e afeta os sentidos. O conhecimento, portanto, na perspectiva kantiana, não se refere ao mundo dos *númenos*, mas, sim, ao mundo dos *fenômenos*.

Na concepção epistêmica de Kant, só pode ser conhecido o que se conforma a certas estruturas cognitivas humanas, que, nessa perspectiva, são três: o espaço, o tempo e a causalidade. Não se pode perceber nada que não possa ser localizado no espaço e tempo, e não se pode conceber objetos sem que se possa estabelecer relações causais entre eles (NIINILUOTO, 1999). Para Kant, essas estruturas são compatíveis com as leis da geometria euclidiana e da mecânica newtoniana. Contudo, com o advento da geometria não-euclidiana e da mecânica relativística e quântica no século XX, as estruturas cognitivas de Kant foram postas em xeque. Muito embora se possa sugerir que o filósofo prussiano tenha se enganado quanto aos tipos de estrutura, não se pode dizer o mesmo quanto à existência das mesmas.

Outra teoria, mais recente, que postula a impossibilidade de se acessar o mundo objetivo é a teoria biológica de Humberto Maturana e Francisco Varela (2001). Consoante esses autores, o meio e o organismo especificam-se mutuamente. Ao interagirem, mediante a troca de energia e matéria, o meio desencadeia mudanças na estrutura do organismo e vice-versa. Ressalta-se que esse “desencadear” não caracteriza uma instrução. Ou seja, as mudanças de estado (mudanças da estrutura) que ocorrem no organismo dependem, apenas, da estrutura do próprio organismo e não do meio. Um sistema – como, nesse caso, o organismo – funciona em *clausura operacional* (MATURANA; VARELA, 2001), pois a interação com o meio produz mudanças no organismo sem determinar o que nele ocorre. Ou, dito de outro modo, o meio *modula* ou *orienta*, mas não *designa*, *impõe* ou *instrui* as mudanças do organismo e vice-versa. Esse fenômeno de mútuo desencadear de mudanças na estrutura de sistemas em interação é denominado de *acoplamento estrutural* (MATURANA; VARELA, 2001).

Das muitas possibilidades de interação que ocorrem no *acoplamento*, algumas produzem mudanças de estado no sistema, enquanto outras não. Consequentemente, há interações que passam despercebidas na perspectiva do mesmo. Para este, só é distinguível o que lhe causa mudança de estado. Pode-se, então, especificar um *domínio de distinções* (VARELA et al., 2003) realizadas pelo sistema, que pode ser entendido como a seleção de

interações que desencadeiam mudanças estruturais. Desse modo, o sistema *atua* apenas em domínios cuja interação é significativa ou relevante para ele. *Atuação* é o domínio das distinções de estados do sistema produzido pela seleção de perturbações relevantes no acoplamento estrutural. Cada distinção é uma “interpretação” de um mundo não pré-determinado, e as regularidades com que as variações de estado ocorrem constituem “o mundo do sistema”. Ou seja, nessa perspectiva, o mundo não é *dado, processado e reconstruído*, mas, sim, *atuado* no domínio de distinções.

Há nessa visão um imbricamento entre *percepção, ação e cognição*. A noção de *percepção* mais difundida refere-se à suposta capacidade de um organismo de capturar informações do meio, mediante células sensoriais, e reconstruir suas características a partir de uma representação. Quando a *cognição* produz representações adequadas, ela possibilita *ações* pertinentes no meio. Nesse sentido, a visão *atuacionista* dos biólogos chilenos contraria esses pressupostos. A *percepção* estaria relacionada, do mesmo modo, com as células sensoriais, e a *ação*, com as células motoras; no entanto, essa visão pressupõe que não há um mecanismo através do qual as informações do meio possam ser capturadas pelas células sensoriais e encaminhadas para as motoras. Desde essa perspectiva, a percepção não decorre de nenhuma espécie de apreensão, mas, sim, de distinção de estados. Mesmo sem apreensão, as mudanças de estado desencadeadas pelas interações com o meio implicam em reconfiguração sensorio-motora, que levam a novas configurações das superfícies motoras e consequente *ação* do organismo no meio, colocando-o em ambientes diferentes e, portanto, selecionando as interações em que o organismo é exposto.

Apesar de serem teorias com contextos bastante diversos, tanto o idealismo transcendental de Kant quanto a teoria biológica de Maturana e Varela não admitem uma maneira de conhecer a realidade externa, por tal motivo foram classificados no primeiro tipo de idealismo epistemológico.

O segundo tipo de idealismo, por sua vez, concilia a ideia de que só a mente pode ser conhecida, com o argumento de que a realidade é a própria mente. Ou seja, essa visão concilia idealismo ontológico e epistemológico. O idealismo epistemológico não implica necessariamente em idealismo ontológico, mas, uma vez que se admita o idealismo ontológico, o idealismo epistemológico é inevitável. A razão disso é simples: dado que toda realidade é de alguma forma mental, ao preconizar que algo possa ser conhecido, este algo deve ser igualmente mental. Berkeley é um dos defensores dessa concepção, para o qual somente ideias podem ser percebidas. Somando-se a essa premissa a condição de que para se conhecer algo, este deve ser real, só há duas possibilidades: o *ceticismo* ou o *idealismo*

*ontológico*. Se as ideias não são reais, não há conhecimento e, portanto, não há como evitar a “estrada real de ceticismo” (MUSGRAVE, 1993, p. 126). Por outro lado, pode-se evitar o ceticismo eliminando a distinção entre coisas reais e ideias, mas, nesse caso, tudo que há é mental. Os realistas evitam essa cilada, admitindo que as coisas percebidas são objetos externos ao invés de meras ideias.

Uma vez categorizadas as respostas idealistas à questão epistêmica, agora será discutida a visão epistêmica do Caminho do Meio.

### *1.2.2.3 Caminho do Meio*

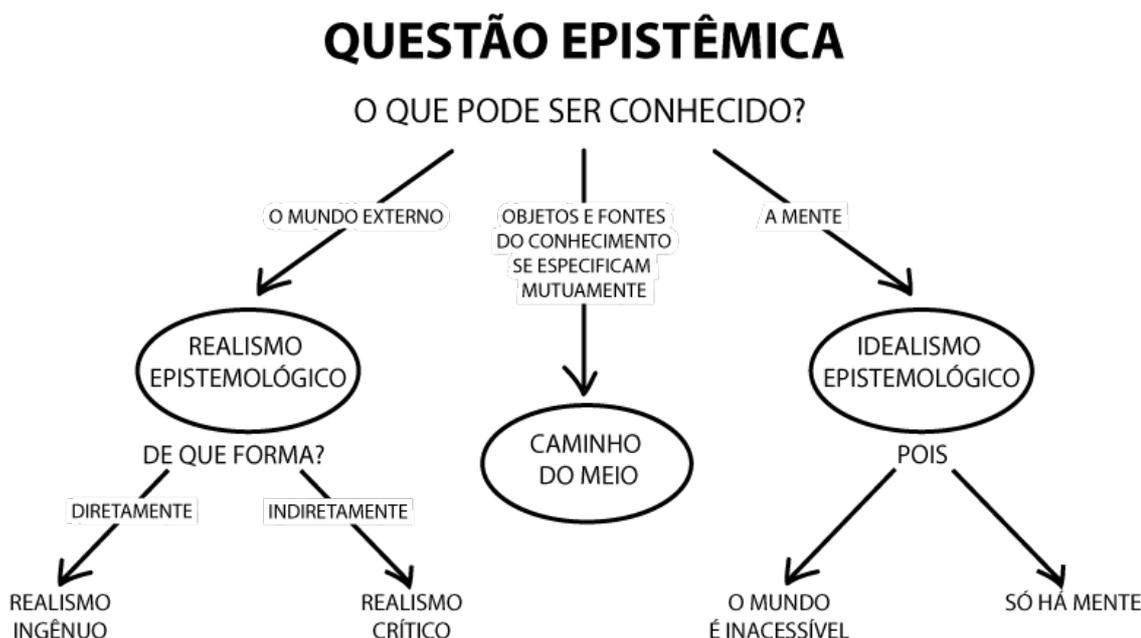
A resposta do Caminho do Meio para a questão epistêmica não implica nem realismo e nem idealismo epistemológicos, em nenhum dos sentidos anteriormente discutidos. Primeiramente, essa perspectiva não rejeita a possibilidade de um mundo a ser conhecido (objetos de conhecimento) nem a de uma cognição que possa acessar esse mundo de algum modo (fontes de conhecimento). Westerhoff (2009), por exemplo, destaca que o objetivo de Nāgārjuna em sua discussão sobre epistemologia não é argumentar que não há fontes de conhecimento nem que objetos do conhecimento não são possíveis. Nesse sentido, o Caminho do Meio discorda do idealismo epistemológico, que nega o acesso epistêmico ao mundo. Além disso, essa posição não caracteriza um apoio ao realismo epistemológico. O que Nāgārjuna pretende, segundo Westerhoff (2009), é refutar a existência de qualquer fonte ou objeto de conhecimento como entidades com natureza própria, isto é, ele quer demonstrar que, mesmo havendo possibilidade de serem identificados procedimentos de produção do conhecimento e objetos que deles são alvo, estes não existem intrinsecamente.

Os meios de conhecimento e seus objetos são essencialmente interdependentes: os objetos do conhecimento só existem na medida em que existam meios de conhecê-lo, da mesma forma que os procedimentos cognitivos só são considerados fontes de conhecimento na medida em que dão acesso a objetos do conhecimento. A existência de certos objetos do conhecimento é o que permite distinguir certos tipos de procedimento cognitivo, tais como percepção, inferência, testemunho, e então classificá-los como fontes de conhecimento. Nessa visão, as fontes de conhecimento não existem previamente, e a experiência do sujeito só se caracteriza como fonte de conhecimento em sua interação com o objeto do conhecimento. De modo que, se o objeto do conhecimento for identificado como uma representação mental, é evidente que serão as fontes de conhecimento que darão existência a esse objeto ao unificar a

informação recebida através das diferentes modalidades sensoriais. As fontes de conhecimento e seus objetos, portanto, não podem ser considerados entidades distintas.

Enfim, nesta seção foram analisadas as possíveis respostas referentes à questão do que pode ser conhecido, as quais foram classificadas em realistas, idealistas e do Caminho do Meio. Esses resultados são apresentados no esquema representado da Figura 3.

Figura 3: Resumo da questão epistêmica



Fonte: Autor

### 1.2.3 Nível semântico

O nível semântico refere-se à relação entre *linguagem* e *realidade*. Mais especificamente, neste nível, investiga-se a capacidade das expressões linguísticas, em geral, e dos enunciados científicos, em particular, de representar estados da realidade. Essa questão pode ser abordada enfatizando-se diferentes aspectos. Aqui, destacam-se duas possibilidades de abordagens bastante recorrentes na filosofia da ciência: a questão da *referência* e a questão da *verdade*. A primeira delas pode ser formulada da seguinte forma: *A linguagem referencia uma realidade externa?* Para responder a essa pergunta, foram classificadas três tendências de resposta, as quais consistem em posições semânticas do realismo, idealismo e Caminho do meio. A resposta que defende a relação entre linguagem e a realidade extralinguística é

classificada como *realismo semântico*. A resposta que nega a possibilidade de referência à realidade externa e que, concomitantemente, defende que a linguagem apenas referencia a si mesma é o *idealismo semântico*. O terceiro tipo de resposta é composto pelas possíveis interpretações semânticas do *Caminho do Meio*.

A questão da referência, geralmente, está associada a uma segunda discussão, a questão da verdade, na qual se abordam diferentes concepções de verdade. Serão analisadas quais são as concepções de verdade compatíveis ou tipicamente associadas ao realismo, ao idealismo e ao Caminho do Meio. A seção apresenta as possíveis respostas para as duas questões, classificando-as em *realismo semântico*, *idealismo semântico* e *Caminho do Meio*, respectivamente.

### 1.2.3.1 Realismo semântico

A primeira resposta possível para a questão semântica é o denominado *realismo semântico*. Como mencionado, podem ser distinguidos dois aspectos da questão semântica, a *referência* e a *verdade*. A questão da referência consiste na indagação relacionada a *se a linguagem referencia uma realidade extralinguística*, ou seja, se a linguagem é capaz de expressar atributos de um mundo externo. Essa posição responde afirmativamente à questão. Assim, preconiza que, além de haver um mundo externo, a estrutura da linguagem é tal que possibilita a representação de coisas presentes no mundo. Por si mesma, a questão da referência não caracteriza satisfatoriamente uma posição semântica. Para compreender como ocorre essa correlação entre linguagem e mundo, é preciso explicar antes como o conceito de verdade é compreendido nessa perspectiva. Geralmente, quem defende a ideia de uma referência externa da linguagem defende, também, a possibilidade de haver uma correspondência entre enunciado e a realidade tal como ela é. Ou seja, defende *a concepção de verdade por correspondência*.

Essa concepção é, provavelmente, a mais intuitiva e difundida maneira de compreender a natureza da *verdade*. Em uma definição bastante simples, essa teoria estabelece que a "verdade" é um enunciado que corresponde a um fato ou à realidade em si. Se um enunciado corresponder às coisas como elas são, ele é verdadeiro; caso contrário, é falso. Ampliando um pouco mais, a concepção de verdade por correspondência é a visão que aceita explicitamente que a verdade é uma propriedade relacional entre as características de um enunciado e alguma parte da realidade.

Para expressar essa ideia, um tanto intuitiva, de forma mais técnica, faz-se geralmente a distinção entre *portador de verdade* e *gerador de verdade* (DAVID, 2016). O *portador de verdade* é a construção linguística em relação a qual se julga a possibilidade de ser verdade. Não há um consenso sobre quais candidatos a serem portadores de verdade são os mais apropriados, contudo, os principais são: crenças, pensamentos, ideias, julgamentos, declarações, afirmações, enunciados, frases e proposições (DAVID, 2016). Já o *gerador de verdade* é o elemento que torna o *portador de verdade* em uma verdade propriamente dita. Trata-se da parte constituída pela realidade. Os candidatos a *geradores de verdade* variam bastante de acordo com a versão da teoria considerada, sendo os principais: fatos, estados de coisas, condições, situações, eventos, objetos e propriedades (DAVID, 2016).

A teoria pressupõe que se possa estabelecer uma *relação* entre o *portador de verdade* e o *gerador de verdade*. O que se entende por relação, nessa teoria, também pode ser expressa de diversas formas. Algumas delas são: correspondência, conformidade, congruência, acordo, concordância, cópia, representação, significação, referência e satisfação (DAVID, 2016). A mais comum é a relação de correspondência, na qual, para ser verdadeiro, o portador de verdade deve corresponder ao gerador de verdade.

### 1.2.3.2 Idealismo semântico

A questão da referência no nível semântico pode ser respondida de forma negativa, assim, a linguagem pode ser entendida como um sistema incapaz de referenciar uma realidade externa. Aqui, a posição que nega a possibilidade de referenciar a realidade é denominada *idealismo semântico*<sup>6</sup>. Nesse caso, *ao que a linguagem faz referência?* A resposta mais típica é a de que os signos da linguagem referenciam outros signos da linguagem. Ou seja, a linguagem só referencia uma realidade intralinguística, uma realidade produzida pela própria linguagem. Essa posição está associada aos trabalhos de idealistas, pós-estruturalistas e pós-modernos, entre os quais podem ser destacados Jacques Derrida e Richard Rorty.

---

<sup>6</sup> Vale ressaltar que o termo “idealismo semântico”, aplicado com esse sentido aqui, não é tão recorrente na literatura. Ao menos não o foi nos textos analisados. No entanto, como o realismo semântico foi definido como a possibilidade de referenciar uma realidade extralinguística, faz sentido, na terminologia adotada nesta análise, denominar a oposição a esta como sendo uma espécie de idealismo semântico. Talvez, um dos motivos pelos quais o termo “idealismo semântico” não seja tão utilizado deva-se ao fato de muitos autores, realistas em um nível ontológico, rejeitarem a possibilidade de referência externa ou negarem a noção de verdade por correspondência. Esse fato não os faz idealistas em um sentido metafísico, assim, o termo “idealismo semântico” talvez seja evitado para não se associar o termo idealista a autores metafisicamente realistas. Mas, como aqui os níveis epistemológicos, apesar de conectados, são logicamente separados, não há razão para não se adotar o termo referido.

Uma vez que se rejeite a possibilidade de referência extralinguística, não é possível manter a relação de correspondência entre enunciado e realidade externa como critério de verdade. Sendo assim, como é possível distinguir enunciados falsos de verdadeiros? A referência intralinguística, geralmente, está associada a duas concepções de verdade: a concepção de verdade por coerência e a concepção relativista de verdade. Na primeira, a verdade de um enunciado é estabelecida por sua relação com outras proposições. Na segunda concepção, assume-se que não existem condições de se estabelecer a verdade de um enunciado a não ser por um consenso ou um acordo, histórica e culturalmente, definido. A seguir, essas posições são abordadas com maior detalhe.

A primeira concepção abordada é a *verdade por coerência*. Segundo Haak (1978), a teoria desenvolveu-se vinculada à metafísica idealista, porém, posteriormente, desvincilhou-se dela. A teoria da verdade, por coerência, afirma que a verdade de qualquer proposição consiste em sua coerência com algum conjunto específico de outras proposições. Ao contrário da *teoria da verdade por correspondência*, sua concorrente principal, que estabelece que as condições de verdade dependem das relações entre as proposições e as características objetivas do mundo, a *teoria da verdade por coerência* lida apenas com relações entre proposições. Ou, em termos técnicos, enquanto a primeira estabelece relações entre portadores e geradores de verdade, a segunda preocupa-se apenas com as relações entre diferentes portadores de verdade.

A principal motivação dos idealistas para apoiarem a teoria da coerência é a metafísica. Enquanto os realistas semânticos defendem, ao menos em parte, a possibilidade de distinguir-se uma crença das condições objetivas que a tornam verdadeira, os idealistas não fazem tal distinção. Da perspectiva idealista, a realidade é uma coleção de crenças e, conseqüentemente, uma crença não pode ser verdadeira por corresponder a algo que não seja também uma crença. Em lugar disso, a verdade de uma crença consiste na sua coerência com outras crenças (YOUNG, 2016).

Por sua vez, a *concepção relativista de verdade* confere ao conceito de *verdade* o estatuto de construção social e cultural, temporalmente situada. Assim, cada cultura específica, por si mesma, os critérios do que deve ou não ser considerado como verdade (LISBÔA; PESSOA Jr., 2015). Esses critérios podem variar de acordo com a comunidade e o período histórico, característica esta que vale para todas as áreas, incluindo as verdades científicas. Um dos argumentos em favor dessa posição baseia-se no fato de a ciência, eventualmente, redefinir o que considera ser verdadeiro. Em última instância, o que determina o que é ou não verdade é o consenso da comunidade científica.

Essa postura é adotada predominantemente por pós-modernos, relativistas e construtivistas de diversas sortes. Lisbôa e Pessoa Jr. (2015) destacam alguns nomes relevantes no processo de disseminação dessa concepção. Segundo os autores, Giambattista Vico, ainda no século XVIII, afirmava que a verdade é ela mesma construída; Friedrich Nietzsche, século XIX, apresentava a ideia de que verdades são metáforas construídas para certas finalidades. Michel Foucault, nos anos 60, propunha que fatos deviam ser considerados construções humanas, submetidas a relações de poder. Nessa perspectiva, a verdade baseia-se em significados arbitrários e mutáveis, e corresponde ao discurso dos grupos que têm poder. A partir dos anos de 1980, a concepção foi adotada por pós-modernos, tais como Jean Baudrillard, para quem a verdade é uma pretensa cópia de uma realidade. Mas apenas a cópia existe: a realidade. No próximo capítulo, será visto que essa concepção foi largamente adotada por teóricos da educação construtivista.

A seguir são analisadas as possíveis orientações semânticas do Caminho do Meio.

### *1.2.3.3 Caminho do Meio*

O primeiro aspecto analisado diz respeito à questão da referência. Quais são as possíveis respostas que os estudiosos do Caminho do Meio fornecem para a possibilidade da linguagem referenciar uma realidade extralinguística? Segundo Garfield (2014), se a realidade última é o modo como as coisas são, independentes de conceituação, e a linguagem utiliza necessariamente categorias conceituais, esta seria inadequada para expressar o aspecto último. Daí decorre que praticamente todas as escolas budistas consideram a linguagem enganosa (GARFIELD, 2014). De modo geral, nessa perspectiva, a realidade última é inexprimível, de modo que, não há como afirmar que a linguagem referencia um mundo externo. Tanto a estrutura da linguagem quanto as propriedades da realidade são ficções convencionais.

No que se refere à questão da verdade, não há um consenso sobre qual concepção proveniente da filosofia contemporânea mais se aproxima das concepções do Caminho do Meio. Aqui, serão analisadas algumas possíveis interpretações. Apesar das diferentes opiniões, parece haver alguma convergência entre alguns comentaristas do Caminho do Meio em relação a um aspecto: a verdade última, que é quase universalmente afirmada como sendo indescritível, inconcebível e além de todas as categorias discursivas (GARFIELD, 2014). Isso significa que não pode haver tal coisa como a verdade final, isto é, enunciado ou teoria que descreva como as coisas realmente são independentes dos recursos conceituais empregados para descrevê-las (WESTERHOFF, 2017b). Muitos teóricos budistas são críticos em relação à

possibilidade de linguagem como veículo da verdade (GARFIELD, 2014). Assim, a discussão sobre qual concepção de verdade melhor representa a abordagem do Caminho do Meio é feita apenas em nível convencional, isto é, em relação à aparente substancialidade e individualidade das coisas.

Enfim, não há um consenso para a questão da verdade. O que se pode afirmar com menor hesitação é que dentre as concepções contemporâneas de verdade, a *verdade por correspondência* é entendida como a menos apropriada para se associar à abordagem do Caminho do Meio.

Uma série de autores (PRIEST; SIDERITS; TILLEMANS, 2011; WESTERHOFF, 2017b) afirmam que a *teoria da verdade por correspondência* não é compatível com essa filosofia. Westerhoff (2017b) enfatiza que, nessa perspectiva, não há um mundo predeterminado, existindo por si mesmo, por isso não há como conciliá-la com a teoria da verdade por correspondência, segundo a qual, a verdade de uma afirmação baseia-se em uma semelhança de estrutura entre uma declaração e a parte do mundo a que se refere. Isso também implica numa rejeição da *visão correspondencial* de como a linguagem funciona, a saber, que enunciados podem se conectar com o mundo através de um conjunto de semelhanças estruturais objetivamente existentes. Uma alternativa à noção de verdade como correspondência com uma realidade exterior, segundo o autor, é assumir a *verdade* como uma *condição de assertibilidade* (WESTERHOFF, 2017b). Nesse caso, uma afirmação é considerada verdadeira se contiver condições suficientes que a justifiquem, tais como apoio empírico, coerência com outras crenças e sucesso pragmático, para citar algumas.

Priest, Siderits e Tillemans (2011) também destacam duas associações possíveis entre concepções de verdade contemporâneas e a visão do Caminho do Meio: a concepção pragmática de verdade e a concepção deflacionária de verdade. As teorias pragmáticas da *Verdade* misturam elementos tanto da teoria por correspondência quanto da teoria de coerência. Charles Peirce, Willian James e John Dewey são alguns dos principais defensores dessa posição. Nesse sentido, o significado de um conceito é determinado de acordo com o efeito prático e experimental de sua aplicação (HAACK, 1978). Os portadores de verdades são considerados verdadeiros na medida em que são úteis para alguma finalidade específica. Nessa abordagem, exige-se o questionamento sobre a utilidade que a verdade teria sendo assim considerada. Agora, o que deve ser considerado útil a ponto de ser considerado verdade segundo a visão pragmática? De acordo com Peirce (*apud* HAACK, 1978), a utilidade de uma verdade é substituir uma crença instável, acometida pela dúvida, por uma crença estável que

não será posta em dúvida. Isso é útil no sentido de que a dúvida é um estágio desagradável da investigação, para o qual se busca uma crença estabilizada.

Por sua vez, a teoria deflacionária da *Verdade* foi proposta inicialmente por Ramsey em 1927. Uma versão mais moderna foi apresentada por Horwich (1998). De acordo com ela, declarar a verdade de uma proposição equivale a afirmar o conteúdo da própria proposição. O exemplo mais típico dessa abordagem é a proposição "a neve é branca". Afirar que é verdade que a neve é branca, equivale a dizer simplesmente que a neve é branca, e isso, de acordo com a teoria deflacionária, é tudo o que pode ser dito significativamente sobre essa verdade (afirmar a verdade de uma proposição não acrescenta nada a ela). Para o deflacionista, a verdade não tem nenhuma natureza além do que é capturado em reivindicações comuns, como aquela "neve é branca" é verdade apenas no caso de a neve ser branca (STOLJAR; DAMNJANOVIC, 2014).

Em 1936, Tarski enuncia o que ficou conhecido como esquema T (PRIEST; SIDERITS; TILLEMANS, 2011):  $\langle p \rangle$  é verdade *sse*  $p$ ; onde  $p$  é uma proposição,  $\langle p \rangle$  é o portador de verdade que a expressa e *sse* significa "se e somente se". Assim, "a neve é branca" é verdadeiro se e somente se a neve é branca. De modo geral, a teoria deflacionária defende que não há nada que se possa atribuir ao conceito de verdade além do esquema T, isto é, toda funcionalidade da verdade pode ser explicada em termos do esquema T (PRIEST; SIDERITS; TILLEMANS, 2011).

Nesta seção, foram analisadas as respostas para a questão da relação entre linguagem e realidade. O realismo semântico defende que a linguagem referencia a realidade e a verdade é uma correspondência entre o enunciado e o estado da realidade. O idealismo semântico defende que a linguagem apenas referencia a si mesma e a verdade é uma relação de coerência entre enunciados ou o consenso de uma comunidade. Por fim, no Caminho do Meio é entendido que a linguagem não pode expressar a realidade última das coisas e que a verdade é julgada de acordo com sua utilidade. A Figura 4 apresenta o esquema que resume a seção.

Figura 4: Resumo da questão semântica



Fonte: Autor

Neste primeiro capítulo, foram abordadas quatro questões fundamentais em Ontologia e Epistemologia. No âmbito da Ontologia, foram abordadas diferentes posições no que se refere à possibilidade de se estabelecer fundações da natureza. Classificaram-se posições que afirmam essa possibilidade (fundacionistas), que as negam (niilistas) e que se abstêm de responder (Caminho do Meio). Já no âmbito da Epistemologia, foram abordadas questões sobre as possibilidades de: (a) objetividade da realidade; (b) estabelecimento do conhecimento; e (c) expressão da realidade através da linguagem. Foram classificadas ainda as respostas realistas, idealistas e do Caminho do Meio.

Vale ressaltar que as teorias aqui analisadas representam apenas um pequeno recorte das possíveis formas de abordar tais questões. Diversas teorias não foram contempladas por falta de espaço, mas estão presentes no contexto do debate ontológico e epistemológico da ciência. Entre tantas posições ausentes, pode-se destacar o *pampsiquismo* de David Chalmers, a *fenomenologia* de Ernest Mach, a *atitude ontológica natural* (NOA) de Arthur Fine, além de outros nomes, como Bas van Fraassen, Lary Laudan, Paul Feyerabend, Nelson Goodman, para citar alguns poucos.

De qualquer forma, entende-se que, independentemente das particularidades de cada teoria, a categorização aqui apresentada poderia contemplar outras abordagens teóricas. De modo geral, elas poderiam ser dispostas em algum ponto do espectro apresentado, estando em algum dos extremos (fundacionista/niilista e realista/antirrealista) ou aproximando-se de

posições intermediárias, tais como a do Caminho do Meio. No próximo capítulo, são analisadas as implicações das posições analisadas no âmbito educacional.

## 2 IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS

No capítulo anterior, foram analisadas as possíveis respostas para quatro questões fundamentais em Ontologia e Epistemologia. Essa análise gerou uma pequena amostra do largo espectro do debate filosófico sobre a natureza dos pressupostos científicos. Contudo, esse debate não tem relevância apenas no âmbito científico e filosófico. Muito do que nele é abordado influencia diretamente, e de tal forma, os teóricos da educação, que é possível afirmar que há um paralelo entre o debate filosófico apresentado e as ramificações da pesquisa educacional.

No presente capítulo, pretende-se analisar possíveis implicações dos aspectos ontológicos e epistemológicos, emergidos na análise, na educação científica. Isso será feito por meio de duas abordagens: derivando-se as implicações dos dados obtidos a partir (a) da análise filosófica do Capítulo 1 e (b) do debate correspondente no âmbito educacional. No que se refere à última abordagem, foi selecionado um conjunto de artigos de revistas especializadas em Educação Científica, nacionais e estrangeiras, nos quais são abordados assuntos que possuem alguma relação direta com os aspectos ontológicos e epistemológicos emergidos na análise do capítulo precedente. Com esse procedimento, pretende-se avaliar possíveis contribuições e implicações que as diferentes posições promovem na educação científica.

A estrutura da análise será semelhante à anterior. São avaliadas as implicações educacionais quanto à ontologia e epistemologia, sendo que esta última é subdividida em três níveis: ontológicos, epistêmicos e semânticos.

Quanto à ontologia, são abordadas questões como: Qual é a ontologia subjacente na ciência? Como abordá-la no contexto da educação científica? Antecipando algumas considerações, pode-se afirmar que, de forma predominante, o materialismo é a ontologia promovida pelo ensino de ciências, particularmente no ensino de Física e Química (SETTLE, 1990). No entanto, essa promoção gera duas indagações: (a) se a disseminação do materialismo é de fato necessária ou até mesmo desejável no ensino; e (b) como abordá-la frente às múltiplas visões de mundo pessoais dos estudantes, muitas das quais, de caráter religioso. Há soluções que tentam conciliar essas visões (LACEY, 1996) e algumas outras que pretendem subtrair qualquer procedimento que não resulte em uma visão de mundo científica (MAHNER; BUNGE, 1996).

No âmbito da epistemologia, diversas pesquisas indicam que o empirismo-indutivismo configura a visão predominante no ensino de ciências, tanto no que se refere ao currículo de

ciências (HODSON, 1985) quanto às concepções de professores (HARRES, 1999) ou livros didáticos (HARRES, 2000; SILVEIRA, 1992). Essa visão epistemológica caracteriza-se pelos seguintes aspectos:

1. A ciência dá acesso às verdades factuais sobre o mundo através da observação imparcial.
2. O conhecimento científico é derivado diretamente da observação dos fenômenos.
3. A ciência testa racionalmente suas proposições por meio de procedimentos experimentais objetivos e confiáveis.
4. A ciência é uma atividade neutra não influenciada por fatores sócio-históricos e econômicos, produzindo conhecimento livre de valores.<sup>7</sup> (HODSON, 1985, p. 27).

Não obstante, esse tipo de concepção, semelhante às defendidas por positivistas no começo do século XX, enfrentou dificuldades, em tal grau e irremediáveis no debate filosófico, que, atualmente, são consideradas insustentáveis e, portanto, inadequadas no processo educacional. Tendo isso em vista, nas décadas de 80 e 90 surgiram movimentos no contexto da pesquisa educacional que defendem a ideia da necessidade de contornar essas concepções no ensino. Embora haja uma concordância quanto à inadequação educacional das posições empiristas ingênuas, não é assim quanto às suas alternativas.

Dentre as opções, duas grandes tendências destacam-se: o *realismo* e o *construtivismo*. Tanto uma quanto a outra são movimentos heterogêneos, no sentido de que são constituídos por diversas vertentes dentro de cada gênero. Para viabilizar a análise, foi selecionado um recorte que pudesse representar cada movimento. Dentre as diversas formas de realismo, o *realismo crítico* é indispensável no contexto desta análise. No que diz respeito às questões fundamentais da epistemologia, ele apoia os realismos *ontológico* (há um mundo independente da mente), *epistêmico* (o mundo é cognoscível) e *semântico* (a verdade corresponde a fatos objetivos).

Por sua vez, “construtivismo” é uma denominação que se refere a uma ampla variedade de *tópicos* e *posições*. Isto é, as muitas formas de construtivismo não somente diferem quanto a suas *posições* particulares como também são teorias oriundas de *áreas* diferentes. Segundo Matthews (2002), o construtivismo pode assumir as seguintes dimensões:

---

<sup>7</sup> Tradução do autor. Texto original:

- “1. Science gives access to factual truths about the world through detached observation.
2. Scientific knowledge is derived directly from the observation of phenomena.
3. Science rationally tests its propositions by means of objective and reliable experimental procedures.
4. Science is a neutral activity untainted by socio-historical and economic factors, producing value-free knowledge”.

teoria da aprendizagem, teoria do ensino, teoria da educação, teoria da cognição, teoria do conhecimento pessoal, teoria do conhecimento científico, teoria da ética e política educacionais, e visão de mundo. O autor alega que o debate e a análise no ensino de ciências seriam mais produtivos se tais dimensões do construtivismo fossem distinguidas. Algumas dessas formas de construtivismo são o construtivismo contextual, o dialético, piagetiano, pragmático, sócio-histórico, radical, dentre outros.

Nesta pesquisa, a dimensão de interesse é tão somente a do construtivismo como *Teoria do Conhecimento*. Logo, são analisados os pressupostos e implicações apenas das teorias construtivistas que se referem, particularmente, às questões epistemológicas enfatizadas neste estudo, ou seja, a questão *ontológica* sobre a existência objetiva do mundo, a questão *epistêmica* sobre a possibilidade do conhecimento científico e a questão *semântica* sobre a relação entre linguagem e realidade. As demais formas de construtivismo não são analisadas.

Dentre as teorias construtivistas, o *construtivismo radical*, do qual um dos principais proponentes é Glaserfeld (1989), é da maior relevância no contexto desta análise. No que diz respeito às questões epistemológicas, essa forma de construtivismo admite pressupostos muito semelhantes aos idealistas discutidos no capítulo anterior. Quanto à questão ontológica, as opiniões se dividem, podendo haver tanto disposição para o *idealismo ontológico* (não há mundo fora da mente) quanto para o *realismo ontológico* (há mundo fora da mente). No entanto, o que os construtivistas concordam é que, independentemente de haver ou não a possibilidade de uma realidade objetiva, ela certamente não é cognoscível. Portanto, do ponto de vista epistêmico, o construtivismo está de acordo com o idealismo epistemológico (só a experiência pode ser conhecida). Quanto à questão semântica, o construtivismo nega a possibilidade de referência a uma realidade extralinguística e entende que a verdade é uma condição de coerência com um sistema de crenças (verdade por coerência) ou um mero acordo culturalmente estabelecido (verdade relativista).

Apesar da polarização epistemológica entre realismo e construtivismo ser bastante evidente no debate educacional, ainda assim, há autores que fazem proposições intermediárias, que também serão discutidas ao longo da análise. Quanto às posições baseadas no *Caminho de Meio*, apesar de serem frequentes (relativamente) no âmbito da filosofia da ciência, não foram encontrados autores que as apliquem propriamente no cenário educacional. Mesmo assim, julga-se possível avaliar suas implicações educacionais, baseados nas análises do *Caminho de Meio* feitas no capítulo anterior.

Vale ressaltar outra característica desta análise. Existem várias dimensões a partir das quais se pode analisar as implicações educacionais dos pressupostos científicos. Pode-se, por exemplo, enfatizar aspectos puramente *filosóficos* do próprio *discurso* científico no âmbito educacional, nos quais se prioriza a discussão sobre quais são as abordagens ontológicas/epistemológicas mais adequadas ao ensino de ciências. Pode-se também enfatizar aspectos *cognitivos*, que envolveria a perspectiva do aluno na construção dos conceitos e da formação de uma visão de mundo científica. Ou, ainda, pode-se priorizar aspectos sociológicos, nos quais são analisadas as relações entre o ensino de ciência e a cultura científica da sociedade de uma forma mais abrangente. Essas dimensões, embora estejam conectadas, são *distinguíveis* e analisáveis de forma independente.

Também vale lembrar que o objeto de análise desta pesquisa é o *discurso científico* na educação e não as *dificuldades cognitivas* dos estudantes na aprendizagem de ciência, nem a *relação entre ciência e sociedade*. Desse modo, prioriza-se o aspecto filosófico mencionado. No entanto, pelo fato dessas dimensões estarem correlacionadas, os aspectos cognitivos e sociológicos emergem no decorrer da análise, embora, em decorrência do corte metodológico adotado, sejam analisados de forma periférica. Ou seja, eles são analisados na medida em que são utilizados como argumentos em favor de uma ou outra abordagem filosófica. Para que pudessem ser avaliados com o mérito que lhes cabe, dever-se-ia expandir consideravelmente a abordagem teórica e o procedimento de análise.

Feitos os devidos esclarecimentos, são apresentadas no Quadro 5 duas seções que compõem o presente capítulo, a saber, *Ontologia na Educação Científica e Epistemologia na Educação Científica*.

Quadro 5: Estrutura do Capítulo 2

2.1 ONTOLOGIA NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA	2.2 EPISTEMOLOGIA NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA
Classificam-se implicações educacionais das respostas quanto à questão sobre haver uma fundação para a natureza.	<p>2.2.1 Implicações do Nível Ontológico - Classificam-se implicações educacionais das respostas quanto à questão sobre haver um mundo independentemente da mente.</p> <p>2.2.2 Implicações do Nível Epistêmico - Classificam-se implicações educacionais das respostas quanto à questão sobre o que pode ser conhecido.</p> <p>2.2.3 Implicações do Nível Semântico - Classificam-se implicações educacionais das respostas quanto à questão sobre a relação entre linguagem e realidade.</p>

Fonte: Autor



## 2.1 ONTOLOGIA NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

A análise sobre as diferentes posições em ontologia, feita no capítulo anterior, apresentou possíveis respostas quanto a duas questões: a da fundação da natureza e dos tipos de entidade existentes. A primeira refere-se à possibilidade de se estabelecer um fundamento para a natureza. As respostas a essa questão foram classificadas em três grupos, as concepções fundacionistas, que defendem a existência de uma fundação; as concepções niilistas, que a nega; e a concepção de Caminho do Meio, que se abstém na resposta. Em relação às respostas que alegam uma fundação faz-se, ainda, uma segunda questão, sobre quais entidades são reais. Foram abordadas as respostas que preconizam a existência de apenas matéria (materialismo), apenas mente (idealismo), ambos (dualismo) e uma substância neutra (monismo neutral).

Essas questões fundamentais em ontologia estão estreitamente relacionadas com questões adicionais que compartilham tanto o interesse popular quanto o erudito, tais como: existência de deus, de fenômenos sobrenaturais, de um propósito para vida. As respostas para essas questões, e outras, compõem o que em seu conjunto pode ser denominado de *visão de mundo*. Por visão de mundo entende-se “uma perspectiva global da vida que resume o que sabemos sobre o mundo, como o avaliamos emocionalmente e como respondê-lo volitivamente”<sup>8</sup> (MAKKREL, *apud* GAUCH, 2009, p. 668).

Há uma série de pesquisas educacionais que abordam a relação entre visão de mundo, ciência e educação científica. Matthews (2009) destaca as principais questões relacionadas à visão de mundo na educação, abordadas por cientistas, filósofos, teólogos, historiadores e educadores. Entre elas, destacam-se:

*O que constitui uma visão de mundo? Qual é a relação entre visões de mundo e compromissos ontológicos, epistemológicos, éticos e religiosos? Quais compromissos de visão de mundo são pressupostos na prática da ciência? Qual é o domínio legítimo do método científico? Até que ponto o aprendizado sobre a ontologia científica deve ser parte da instrução científica? A instrução científica deve alterar as visões de mundo dos estudantes ou deixá-las intocadas?*<sup>9</sup> (MATHEWS, 2009, p. 10)

<sup>8</sup> Tradução do autor. No texto original: overall perspective on life that sums up what we know about the world, how we evaluate it emotionally, and how we respond to it volitionally.

<sup>9</sup> Tradução do autor. No texto original: What constitutes a worldview? How do worldviews impinge upon and in turn be modified by ontological, epistemological, ethical and religious commitments? What worldview commitments, if any, are presupposed in the practice of science? What is the legitimate domain of the scientific method? To what extent should learning about the scientific worldview be a part of science instruction? Should science instruction inform student worldviews or leave them untouched?

Indiretamente, todas essas questões estão associadas com a análise que se seguirá. Contudo, pode-se reformulá-las em duas questões fundamentais: (a) *Qual é a visão de mundo incurso na educação científica?*; e (b) *Quais são as possíveis abordagens quando a visão de mundo científica proposta por instrução conflitua com as visões de mundo dos estudantes?*

Quanto à questão de visão de mundo científica, Settle (1990) destaca a dificuldade de se ensinar ciência sem que se promova, mesmo que de forma implícita, o fisicalismo. Como discutido no capítulo anterior, o fisicalismo segundo o autor é composto por seis teses, que de forma bastante resumidas são: (a) apenas qualidades primárias são reais; (b) o espaço e o tempo da Física são reais; (c) o comportamento do todo é efeito do comportamento das partes; (d) o todo é redutível às partes; (e) apenas objetos físicos são causais; e (f) apenas coisas físicas existem.

Para Settle (1990), a ciência não requer o fisicalismo e, portanto, este não deve ser promovido implicitamente nas salas de aula. Mesmo os fisicalistas não deveriam defender esse tipo de promoção subliminar. Os estudantes devem poder decidir sobre a pertinência ou não do fisicalismo com argumentos fundamentados, e não com uma dose diária de doutrinação velada. Na opinião do autor, o fisicalismo, apesar de amplamente difundido, não é a única visão de mundo nas adjacências do ensino. Antes disso, a ontologia na instrução científica é uma mensagem conflitante. Por um lado, há partes do ensino de ciências que promovem quase que exclusivamente o fisicalismo, especialmente nas matérias de física e química. Por outro lado, a biologia parece ser uma exceção nessa promoção, uma vez que recorre a uma linguagem fisicalista apenas no nível microscópico de descrição. Em outras abordagens, no entanto, a biologia compromete-se com a autonomia dos organismos, o que contraria a ideia fisicalista de que todo sistema possa ser reduzido à atividade de suas partes. O senso comum também se opõe ao fisicalismo com a ideia de que a subjetividade dos organismos pode ser causalmente efetiva. Settle (1990) crê que a física e a química favorecem o fisicalismo, a biologia hesita em fazê-lo e o senso comum lhe dissente por completo.

El-Hani e Sepúlveda (2001), em relação à proposição de Settle, destacam que em nenhum momento o autor cogita outras formas de materialismo a não ser o fisicalismo. Não menciona, especialmente, a possibilidade de um materialismo não-reducionista. Isso leva a uma falsa impressão de que o professor que não esteja inclinado a aceitar o reducionismo, só tenha como opção rejeitar o materialismo, o que não ocorre de fato (EL-HANI, SEPÚLVEDA, 2001). Por exemplo, o fisicalismo requer que todas as descrições e explicações de qualquer fenômeno possam ser reduzidas a uma explicação, em um nível microscópico, da atividade de entes físicos, de acordo com as leis da Física. Em contrapartida,

no materialismo emergente, apesar de se defender que só existem objetos materiais, não se exige – nem se considera possível fazê-lo – que todas as explicações sejam reduzidas a um nível físico, o que o torna uma alternativa não reducionista do materialismo.

Settle (1990) também aponta que evidências empíricas não apoiam necessariamente o fisicalismo. Assim, não há como as evidências decidirem sobre sua verdade ou falsidade, ainda mais quando há teorias metafísicas concorrentes e não refutadas. O que ele parece estar fazendo, mas não o faz explicitamente, é destacar que há aspectos da ontologia da ciência que são presumidos e não concluídos empiricamente. Desde o declínio do positivismo, em meados do século XX, é admitido que a argumentação científica requer pontos de partida com os quais hipóteses possam ser formuladas e evidências possam ser interpretadas. Na próxima seção, esse assunto será mais detalhadamente abordado. Neste momento, é necessário e suficiente destacar duas suposições: (I) muitos aspectos da ontologia presentes na ciência decorrem de pressuposições; e (II) há uma ontologia subjacente a qualquer discurso científico e educacional. Se essas suposições forem admitidas, a questão da ontologia no ensino envolveria três aspectos. Tendo em visto que a ontologia é presumida na argumentação científica, é pertinente questionar: (a) *qual ontologia presumir*; (b) *por qual motivo*; e (c) *com que tipo de comprometimento*.

Settle (1990) não sugere que uma ontologia específica deva ser adotada. O que ele recomenda é, primeiro, que o fisicalismo não deve ser implícito e, segundo, que ele não é necessário. Outros autores defendem que o fisicalismo pode ser evitado, mas o materialismo não (MAHNER; BUNGE, 1996). De acordo com estes últimos, não há nenhuma alternativa ao materialismo emergentista. Mahner e Bunge (1996) destacam que os cientistas têm crenças metafísicas diversas, mas que a ciência em si deve ser considerada estritamente materialista. Por essa razão, o materialismo é defendido como única alternativa pertinente no âmbito educacional.

El-Hani e Sepúlveda concordam com essa posição e afirmam que uma vez admitida a base materialista da ciência, não se pode promover um ensino de ciência “que não implique esta base, mas apenas um ensino de ciências que tenha consciência dos pressupostos metafísicos das ciências e possa colocá-los ao alcance da apreciação crítica dos alunos.” (EL-HANI, SEPÚLVEDA, 2001, n.p)<sup>10</sup>. Essa opinião contraria a de Settle (1990), para quem é possível evitar que ontologias sejam tomadas implicitamente como verdadeiras na prática educacional. No caso, seu artigo sugere como evitar que o fisicalismo seja implicitamente

---

<sup>10</sup> Disponível em: <http://abrapecnet.org.br/enpec/iii-enpec/o17.htm>. Acesso: maio de 2018.

posto como verdade. Não obstante, seus argumentos são suficientemente abrangentes para se considerar uma sugestão de como se evitar qualquer ontologia. O que o autor pretende não parece ser que ciência e instrução científica possam prescindir de aspectos ontológicos (como em uma perspectiva positivista), mas, em um sentido oposto, sugere que o fazer científico e educacional não deve promover uma visão unilateral de ontologia.

Na opinião de El-Hani e Sepúlveda (2001), no entanto, os argumentos de Settle servem apenas para se evitar o fisicalismo, sendo que o materialismo, em suas versões não reducionistas, não está sob o efeito dessas sugestões. Mais do que isto, afirma que não há como se evitar o materialismo no ensino de ciências, posto que a própria ciência é nele fundamentada. Nessa perspectiva, qualquer entidade não material que seja incluída em um discurso, o torna invariavelmente não científico. Contudo, para se poder afirmar que qualquer proposição não materialista implique em uma proposição não científica, deve-se trabalhar com uma demarcação científica bastante restritiva. De fato El-Hani e Sepúlveda utilizam a demarcação proposta por Bunge (2017), para quem a ciência é baseada severamente em uma ontologia materialista e uma epistemologia realista. Nesse entendimento, a ontologia materialista teria essa função de discernir proposições científicas de não científicas. Para El-Hani e Sepúlveda (2001, n.p) o “professor não deve perder de vista as fronteiras entre os diferentes discursos sobre o mundo, passando inadvertidamente de um a outro, sob pena de apoiar seu pensamento sobre fundações inconsistentes”. Assim, os autores alegam que qualquer discurso não materialista é, por princípio, não científico.

Aqui, destacam-se dois aspectos não desejáveis da postura de El-Hani e Sepúlveda (2001) na educação científica.

Em primeiro lugar, a crença de que todo e qualquer problema científico possa e deva ser resolvido com uma ontologia materialista é, ela mesma, uma crença presumida. O fato de essa ontologia ser bem sucedida em algumas áreas, não indica que o será em todas. Ao contrário, o materialismo vem apresentando muitas dificuldades em algumas áreas, tais como nos problemas científicos relacionados à consciência, e talvez exista a necessidade de abandoná-lo para se solucionar algum problema em específico. Afinal, faz parte do fazer científico repensar, questionar e eventualmente abandonar premissas equivocadas. Com isso, não se quer dizer que o materialismo esteja errado, mas que suas dificuldades são motivos suficientes para atribuir-lhe algum grau de desconfiança.

No âmbito da educação científica, ao invés de se recusar qualquer possibilidade de cientificidade a ontologias alternativas, pode-se destacar o modo como o materialismo tem

sido adotado como ontologia predominante da ciência, destacando tanto as áreas em que é bem sucedido quanto as áreas em que apresenta dificuldades.

Em segundo lugar, a estrita associação entre materialismo e cientificidade dá a falsa impressão de que outras ontologias não têm *funcionalidade* nem *historicidade* no empreendimento científico. Há de se convir que existam, ao menos, modelos parciais de interpretações científicas e linhas de pesquisa que não estão baseadas no materialismo. No âmbito das teorias científicas da consciência, por exemplo, as alternativas ao materialismo são abundantes, tais como, dualismo cartesiano, monismo neutral, pansiquismo e epifenomenalismo, para citar apenas algumas. Somente em uma visão bastante restritiva e normativa do que seja ciência, esses esforços seriam considerados, por princípio, não científicos. Afinal, é desejável promover no ensino uma visão de ciência em que qualquer alternativa ao materialismo seja firmada como não científica?

Por fim, resumindo a resposta para a primeira questão *Qual é a visão de mundo incurso na educação científica?*, pode-se concluir que, do ponto de vista da ontologia, o materialismo – seja fisicalista, seja emergentista – é predominante na prática e pesquisa educacionais. Na prática educacional, por exemplo, nas instruções feitas em sala de aula, o materialismo é promovido de forma implícita em grande parte. Os autores analisados defendem que o materialismo deve ser explicitado. No entanto, as opiniões dividem-se quanto à necessidade de promovê-lo. Por um lado, Settle (1990) defende a possibilidade de se evitar que o materialismo seja difundido como verdade; por outro lado, El-Hani e Sepúlveda (2001), Mahner e Bunge (1996) acreditam não haver como evitá-lo nem há alternativas a recorrer.

A segunda questão aqui discutida é a de *como lidar com as possíveis discrepâncias entre as visões de mundo dos estudantes com as ontologias científicas*. Estudantes apresentam toda sorte de visões de mundo, sejam elas ideológicas, religiosas, científicas ou oriundas do senso comum. Dentre elas, não raramente, as questões religiosas se destacam. Serão, afinal, as visões de mundo da ciência compatíveis com as religiosas? Essa é uma questão recorrente na pesquisa educacional. Há autores que entendem que são compatíveis (LACEY, 1996), outros, que são incompatíveis (EL-HANI; SEPÚLVEDA, 2001). Outros, ainda, alegam que, além dessas visões serem incompatíveis, a educação religiosa prejudica o entendimento científico e, por tal motivo, deve ser eliminada da educação de forma geral. Uma posição semelhante a essa foi expressa por Mahner e Bunge (1996). Segundo esses autores, ciência e religião entram em conflito em nível *doutrinal, metafísico e metodológico*.

O *conflito doutrinal* ocorre quando um indivíduo rejeita explicações científicas em razão de que estas contradizem os dogmas de sua religião. Isso é comum acontecer,

particularmente, em assuntos que há uma sobreposição de interesses entre as teorias científicas e as crenças religiosas, como nos casos de questões relativas à evolução do universo, evolução da vida, natureza da mente e existência de vida após a morte. O tipo de resposta a essas questões que o sujeito está disposto a aceitar determina se alguém tem uma visão de mundo científica ou não científica.

O *conflito metafísico* refere-se ao entendimento de que os conjuntos de pressupostos ontológicos da ciência e da religião são incompatíveis entre si. A discórdia não ocorre, particularmente, porque a ciência é materialista, mas, sim, porque ela é naturalista, enquanto a religião não é. O naturalismo se opõe ao sobrenaturalismo, no sentido de que não lida com entidades sobrenaturais, eventos miraculosos ou fenômenos cuja descrição, em princípio, não seja pautada por leis científicas. Pode-se, assim, acreditar na existência de objetos não materiais, sem implicar em uma visão de mundo sobrenatural. Por exemplo, pode-se afirmar que objetos matemáticos são imateriais, embora, certamente, não sejam sobrenaturais. Mahner e Bunge (1996) defendem, não somente, o naturalismo, mas também o materialismo e, particularmente, o materialismo emergentista.

A incompatibilidade metodológica refere-se às diferentes formas de se construir e validar crenças. Uma dessas diferenças é quanto à testabilidade. Para uma hipótese ser considerada científica, ela deve ser passível de ser apoiada ou refutada por evidências. Caso isso não ocorra, deve-se suspender o julgamento sobre ela. A testabilidade no sentido religioso é subjetiva, isto é, depende da experiência privada de cada indivíduo. Caso a testabilidade seja entendida em seu sentido corrente, associada a evidências empíricas, a ciência é considerada testável, enquanto a religião não é. A razão pela qual as crenças religiosas não são testáveis deve-se ao fato de as entidades por ela preconizadas serem inacessíveis por princípio.

Outra incompatibilidade metodológica entre ciência e religião é quanto aos tipos de método considerados válidos (MAHNER; BUNGE, 1996). A religião vale-se de métodos de cognição puramente subjetivos, tais como a intuição, revelação ou experiência religiosa. Poder-se-ia contestar que tais métodos subjetivos também estão presentes na ciência. Os autores, no entanto, alegam que os cientistas podem se valer de tais recursos no momento em que *criam* as hipóteses (*contexto da descoberta*), mas não servem para fins de *validar* as hipóteses (*contexto da justificação*). Do ponto de vista metodológico, tais experiências subjetivas não são métodos.

Ainda na opinião dos autores, da mesma forma que as perspectivas religiosas e científicas são mutuamente incompatíveis, a educação religiosa e a educação científica

também o são. Um dos argumentos dos autores é que a atitude e o sistema de valores religiosos têm efeitos prejudiciais tanto para a adoção de uma perspectiva científica abrangente quanto para uma atitude crítica, no que se refere a quatro pontos. Nesse sentido, a educação religiosa endossa (a) a atitude de ter fé em proposições mesmo sem evidências ou mesmo contrariadas por ela; (b) a suspensão do pensamento crítico sempre que for conveniente para salvar uma crença; (c) a indistinguibilidade entre mitos e hipóteses confirmadas; e (d) a aceitação de um sistema moral baseado no autoritarismo. Essas atitudes têm como consequência, pelo menos três fatos: (a) a sujeição a obscurantistas, charlatões, astrólogos, filósofos irracionistas e políticos; (b) a apatia em situações críticas decorrentes de problemas sociais econômicos, ambientais e morais sem precedentes; e (c) a promoção de autoritarismo, intolerância e perspectivas antidemocráticas. Por essas razões, a religião deve se manter sob o controle da ciência e do secularismo.

Mahner e Bunge (1996) prosseguem afirmando que a educação religiosa é um obstáculo eficaz para o desenvolvimento de uma mentalidade científica, pois promove um certo tipo de mentalidade – que inclui metafísica religiosa, sistema de valores e atitude – que deve ser superada para que o pensamento científico possa se desenvolver. Evidente que é possível contornar essa mentalidade, mas estatisticamente, segundo os autores, a maioria das pessoas não é capaz de superar a doutrinação da primeira infância. Não somente afirmam que a religião seja um impedimento para compreensão científica, como sugerem que é possível fazer progresso social e moral abandonando a educação religiosa. A propósito, defendem que o ensino religioso (sob uma perspectiva religiosa) deve ser banido das escolas e universidades públicas. Dentre as condições impostas por eles estão a rejeição de símbolos e atividades religiosas no contexto educacional e suspensão das faculdades de teologia ou qualquer ação institucional religiosamente comprometida.

Esta caracterização do embate entre ciência e religião no âmbito educacional, feita por Mahner e Bunge (1996), gerou uma série de reações em desacordo. Lacey (1996), por exemplo, revida de forma categórica essa posição e propõe uma alternativa na qual se pretende esboçar um diálogo construtivo entre ciência e religião. Destacam-se alguns de seus pontos de discórdia. Lacey considera que o relato de Mahner e Bunge (1996) confere uma fenomenologia inadequada à religião. Suas alegações são baseadas na visão de que todos os fenômenos religiosos podem ser explicados, cientificamente, por referência a leis sociológicas, biológicas, psicológicas e históricas. No entanto, atualmente, dispõem-se apenas de propostas especulativas para a maioria dos fenômenos religiosos. A eficiência científica na explicação da religião não é tal que se possa abandonar a própria explicação religiosa desses

fenômenos. Tampouco, pode-se afirmar, como o fazem Mahner e Bunge (1996), que a ciência apoia a visão de que a religião não possui qualquer potencial para abordar os problemas sociais, econômicos, ambientais e morais.

Particularmente, Lacey (1996) argumenta que a ideia de que todos os fenômenos, incluindo os religiosos, possam, em princípio, ser explicados por referência a generalizações cientificamente estabelecidas não é apoiada por evidências disponíveis. O que o autor propõe é uma ideia mais modesta, a de que há fenômenos que podem ser explicados em termos científicos e que a quantidade deles pode aumentar indefinidamente. Mas a possibilidade de todos serem explicáveis cientificamente é uma questão que deve permanecer permanentemente aberta. Essa proposta, sim, segundo o autor, coaduna com evidências disponíveis.

Outra questão abordada por Lacey (1996) é a de que há aspectos da argumentação científica que têm o mesmo estatuto que os religiosos, no que se refere à confirmação e testabilidade. Se por um lado, a ciência pode considerar que a fé religiosa representa a irracionalidade, por outro lado, a religião pode entender que os valores científicos representam uma idolatria, que delega à mente humana e a um conjunto particular de práticas humanas a ciência, a capacidade de sozinha dar significado a questões existenciais e prover o juízo necessário para resolver os grandes problemas do mundo. Nessa perspectiva, a proposta de Mahner e Bunge (1996) de extinguir a educação religiosa implica no monopólio de uma forma particular de prática religiosa, a idolatria científica.

Além das posições em relação à ontologia, já abordadas, ainda há as proposições decorrentes da análise do *Caminho do Meio*.

Foi discutido no capítulo anterior que essa filosofia visa superar as visões fundacionistas e niilistas, isto é, ela não pretende nem afirmar uma fundação para a natureza nem negar sua existência. No entanto, a intenção do Caminho do Meio não é propor uma ontologia diversa dessas citadas, mas, antes disso, pretende demonstrar a impossibilidade de se caracterizar a realidade através de uma visão de mundo definitiva. Portanto, diz-se que essa posição é antimetafísica ou não ontológica, no sentido de que não propõe uma visão de mundo ela mesma. Mas, em seu lugar, propõe uma atitude a partir da qual se possa aproveitar os recursos propiciados pelas ideias, teorias, explicações de mundo, ao mesmo tempo em que se possa reconhecer a limitação e parcialidade de qualquer teoria, e superá-la.

Vale ressaltar que a atitude antimetafísica do Caminho do Meio não tem uma correlação com a tentativa de eliminar concepções metafísicas das teorias científicas feitas pelos positivistas. Ao contrário destes, os proponentes do Caminho do Meio não pretendem

atribuir realidade ao que é observado e renegar tudo o que não possa ser reduzido a dados dos sentidos. No Caminho do Meio não há uma distinção entre teoria e metafísica. Quando fala em metafísica, refere-se a toda ideia, teoria ou visão que pretende referenciar a realidade. O que se pretende, nessa proposta, é superar toda e qualquer teoria. Mas qual seria a finalidade dessa posição antimetafísica?

Ferraro (2013) faz uma análise dessa finalidade na filosofia de Nāgārjuna, fundador do Caminho do Meio. Segundo o autor, a exclusão do *fundacionismo* e do *niilismo* na proposta nāgārjuniana é primeiramente soteriológica. Nessa posição, as teorias são entendidas como visões parciais das coisas, que impedem os sujeitos de terem uma experiência mais autenticamente real. Superar a dicotomia produzida pelas visões que preconizam o ser (fundacionista) e o não ser (niilistas) significa superar uma condição existencial ordinária e ter acesso à visão de realidade livre de abordagens teoréticas. Vale ressaltar que não há nenhum problema com teorias em si, mas, segundo essa posição, a identificação com uma determinada descrição de mundo, por parte de um sujeito, impede sua visão autêntica da realidade. O propósito dessa abordagem filosófica de Nāgārjuna, em específico, e a do Caminho do Meio, em geral, é a de libertar-se de qualquer descrição unilateral e definitiva da realidade. Por esse motivo, a concepção de vacuidade, a ideia de que nada existe intrinsecamente por seu próprio direito, presente na obra de Nāgārjuna, não deve ser entendida como uma teoria sobre a realidade, mas, sim, como uma ferramenta útil para abandonar qualquer ponto de vista. Isso é o que Ferraro (2013) denomina função pedagógico-soteriológica – ideias que ajudam a promover o desapego a qualquer posição, inclusive em relação a elas mesmas.

Porém, se toda ideia deve ser superada, qual é a serventia das teorias? Aqui, Ferraro (2013) destaca a noção budista do uso instrumental das ideias. Nessa perspectiva, as ideias, raciocínios e teorias são úteis na medida em que proporcionam a possibilidade de autossuperação. Ou seja, ao invés de entender as teorias como descrições definitivas da realidade, deve-se concebê-las como meios de alcançar algo que não pode estar contido nelas próprias. Quais seriam as implicações dessa concepção na educação científica? Não foram encontrados textos que abordassem esse assunto especificamente. Assim, aqui, tenta-se fazer algumas derivações a partir das análises.

Como já foi mencionado, o Caminho do Meio não propõe nenhuma ontologia em particular. Ao invés disso, propõe que se identifique seu valor instrumental ao mesmo tempo em que se reconheça a ausência de um valor intrínseco à própria teoria. Uma das possibilidades de aplicações decorre do que Wallace (2009b) denomina *relatividade ontológica*. Por meio desta, entende-se que ontologias emergem da tentativa de descrever o

mundo e, por isso mesmo, são aspectos presentes em qualquer teoria científica. Porém, seu caráter é completamente expediente, logo, uma vez que sejam cumpridas suas finalidades, elas devem ser superadas. Na educação científica, isso implicaria uma abordagem na qual as visões de mundo científicas fossem apresentadas de modo a que se reconhecesse sua capacidade de solucionar problemas. Mas isso não quer dizer que se deva declará-las como descrições finais da realidade. Assim, pode-se usufruir de uma liberdade teórica.

Evidente que nem toda ontologia possui o mesmo valor instrumental, e no contexto educacional dá-se que o professor abordará apenas ontologias que tenham valor científico instrumental e discutirá em que ponto sua aplicabilidade se esgota. Além disso, essas abordagens seriam utilizadas de acordo com as necessidades do estudante. Pode-se, por exemplo, destacar os tipos de problema que podem ser resolvidos assumindo-se de forma expediente o materialismo, destacando-se os problemas típicos em que seu uso é eficaz. Mas, um professor, valendo-se de abordagens apoiadas no Caminho do Meio, não promoveria a ideia de que a concepção de matéria esgota as possibilidades de descrição do mundo, tampouco que essa descrição em particular corresponda a uma realidade última. Assim, a aplicação de uma ideia vem acompanhada da possibilidade de superá-la. E isso valeria para qualquer forma de ontologia, seja ela fundacionista ou niilista.

Vale destacar, também, que a concepção de que as ideias não contêm valor em si mesmas não equivale à proposição de que qualquer ideia serve. A visão instrumentalista do Caminho do Meio orientaria, desde a perspectiva aqui exposta, a que ideais contra as finalidades estabelecidas pela ciência e pela educação devam ser evitados.

## 2.2 EPISTEMOLOGIA NA EDUCAÇÃO

Nesta seção, serão abordados aspectos decorrentes da discussão sobre a epistemologia da ciência apresentada no Capítulo 1. Assim como naquele capítulo, aqui a análise será dividida em três níveis de discussão, a saber, ontológico, epistêmico e semântico, cada qual baseado em sua respectiva questão epistemológica: (a) *há uma realidade objetiva?*; (b) *o que pode ser conhecido?*; e (c) *qual é a relação entre linguagem e realidade?*

### 2.2.1 Implicações educacionais do nível ontológico

No capítulo anterior, um dos temas que emergiu na análise da questão ontológica foi o de se a tese ontológica (a alegação sobre a possibilidade de uma realidade independente da

mente) é um pressuposto metafísico ou uma conclusão científica decorrente de procedimentos observacionais. Aqui, esse tema será abordado de forma mais geral, refletindo sobre a importância, para um entendimento adequado do processo científico, de distinguir-se o que é presumido em uma teoria científica do que é obtido como resultado de análise de evidências. Especialmente, serão avaliadas as possíveis implicações educacionais de não se diferenciar pressuposto de conclusão. Esse tema é relativamente pouco explorado no contexto do ensino ou, ao menos, não possui um destaque à altura das reflexões que produz sobre o funcionamento lógico, metodológico e epistemológico da ciência. Poucos aspectos do currículo de ciências abordam explicitamente essa distinção. Contrariamente, concepções de que ciência é um empreendimento neutro, livre de qualquer pressuposto são, ainda, bastante comuns.

A despeito dessa omissão, alguns autores defendem que a diferenciação entre uma conclusão científica e seus pressupostos é fundamental para um entendimento adequado do processo científico. Gauch (2009), por exemplo, defende que tudo o que é pressuposto não pode ser concluído, caso contrário, estar-se-ia recorrendo a um raciocínio circular. Já as crenças que não são pressupostas, essas sim, mantêm seu estatuto de hipóteses podendo, com o apoio de evidências, tornarem-se conclusões. Na opinião do autor (2009), três etapas são necessárias no contexto da educação científica no que se refere a pressupostos. Primeiro, deve-se explicitar os elementos do argumento científico, diferenciando pressupostos de conclusões e destacando o processo que leva de um ao outro. Segundo, deve-se legitimar os pressupostos, destacando os motivos pelos quais esses devem ser assegurados. E, na terceira etapa, deve-se destacar que os pressupostos não constituem uma visão de mundo, mas que, no decorrer do processo científico, visões de mundo científicas são apresentadas. Cada etapa será discutida a seguir.

O primeiro de seus argumentos é que para se poder chegar a entendimento apropriado do processo científico, deve-se apresentar o raciocínio científico por completo. Isso inclui a explicitação (a) dos pressupostos necessários para se apoiar uma conclusão; (b) da natureza das evidências; e (c) do argumento lógico por trás do raciocínio. Desde essa perspectiva, portanto, toda conclusão científica requer três aspectos: pressupostos, evidências e lógica.

Gauch (2009) destaca dois significados para o conceito de *pressuposto*. Primeiro, pode ser entendido como uma crença assumida como certa, que, embora esteja implícita, contribui para tornar uma posição sustentável. No segundo sentido, *pressuposto* é entendido como uma pré-condição para que outra proposição possa ser verdadeira ou falsa. Por exemplo, para que a proposição "o rei da França é careca" seja verdadeira ou falsa, o pressuposto de que "o rei da

França existe" deve ser assumido. Caso contrário, essa proposição carece de referente e, por conseguinte, não é nem verdadeira nem falsa. O autor, também, destaca que há casos em que pressupostos são absolutizados. Isso ocorre quando um sistema de pensamento é tão dependente de um conjunto de pressuposições que estes nunca são questionados. Em última instância, os pressupostos viabilizam que conclusões sobre uma investigação possam ser feitas. Isto é, sem algumas considerações iniciais, não haveria como estabelecerem-se hipóteses, nem como identificar seus indícios, logo, não haveria como tirar-se conclusões.

Gauch (2009) defende que as ideias de que o mundo existe (realismo ontológico) e de que pode ser conhecido (realismo epistemológico) são *pilares* da ciência. Para ilustrar de que forma esses pressupostos propiciam a possibilidade de se obter conclusões, será utilizada uma situação comum, ligeiramente adaptada de Gauch. Considera-se uma brincadeira banal em que uma pessoa esconde uma moeda na palma da mão fechada, a qual pode ser escondida tanto na mão esquerda quanto na direita. Na simples hipótese de que a moeda está em uma ou em outra mão, há pressupostos que a tornam possível de ser formulada. Deve-se pressupor, por exemplo, que a moeda e as mãos existem e que é possível saber em qual delas a moeda está escondida. Essas afirmações não são produto de uma investigação e em nenhum momento são questionadas. Mas, a partir delas, faz sentido afirmar que a moeda pode ser encontrada em uma ou outra mão. Com esse ponto de partida, observações simples permitem concluir em qual mão a moeda está. Portanto, a função dos pressupostos no raciocínio científico é garantir que observações possam ser usadas como evidência. Por sua vez, as evidências são o que tornam uma ou outra hipótese mais ou menos confiável. A função das evidências é permitir a escolha de qual conclusão é a mais plausível. Assim, os *pressupostos* autorizam que conclusões possam ser feitas, enquanto as *evidências* viabilizam a aceitação de uma ou outra conclusão específica. Dependendo da força da evidência em um determinado caso, a conclusão pode ser certa ou provável. Por fim, a lógica é o que conecta os pressupostos e as evidências para se poder chegar a uma conclusão.

Gauch (2009) enfatiza que apenas explicitando essa sequência por completo é que todos os componentes de um argumento podem ser verificados. Por outro lado, não explicitar pressupostos implica afirmações e argumentos duvidosos. Portanto, para autenticar o argumento, deve-se declarar explicitamente todas as premissas necessárias para se chegar à conclusão. Em suma, a validação de uma conclusão científica requer a explicitação dos elementos necessários em sua construção, tais como *pressupostos*, *evidências* e *lógica*.

A segunda etapa do argumento de Gauch consiste na legitimação dos pressupostos, ou seja, na justificação de por que escolher um ou outro ponto de partida. Primeiramente, vale

ressaltar que, nesse contexto, legitimizar não significa provar. Os pressupostos não são eles mesmos investigados, nem há evidências que os comprovem. O uso de pressupostos pode ser considerado uma exceção na exigência de que as crenças devam ser justificadas por evidências. Por isso, a justificação de pressupostos segue um padrão diferente. Na visão do autor, os pressupostos da ciência devem ser mínimos, contemplando apenas o necessário para evitar o ceticismo radical, porém, não devem conter visões de mundo particulares, herdadas de outras crenças. A estratégia de legitimação proposta por Gauch envolve apelo ao senso comum. Primeiro admite-se como certo um enunciado razoável e ordinário como, por exemplo, “carros em movimento são perigosos para pedestres” (GAUCH, 2009, p. 678), e, a partir dele, analisa-se o que já está pressuposto sobre o mundo.

Na opinião do autor, qualquer declaração do senso comum presume a existência e compreensibilidade do mundo. Por tal motivo, esses pressupostos, que são o mínimo que se deve dispor para se poder fazer afirmações do senso comum, devem ser tomados como necessários e suficientes para estabelecer o ponto de partida da ciência. Nessa perspectiva, essas são as razões para se considerar as teses ontológicas e epistêmicas do realismo como sendo os *pilares* da ciência. Embora estas não sejam comprovadas por evidências, seu uso pode ser legitimado recorrendo-se ao senso comum. Nas palavras do autor:

Qualquer coisa menos deixa a ciência vulnerável ao ceticismo radical, que questiona a compreensibilidade ou mesmo a existência do mundo físico. Qualquer coisa mais substantiva, vinda de uma visão de mundo particular [...] compromete desnecessariamente o status da ciência como um empreendimento público.<sup>11</sup> (GAUCH, 2009, p. 677)

Na terceira parte do argumento de Gauch (2009), destaca-se outra diferença entre pressupostos e conclusões. Enquanto os pressupostos da ciência são isentos de visão de mundo, as conclusões não o são. A defesa dessa afirmação decorre de considerações metodológicas sobre os pressupostos e a lógica científica. Nesse contexto, os pressupostos, por serem baseados em senso comum, não têm nenhuma visão de mundo incluída. Logo, não subscrevem nada sobre a constituição do mundo, apenas fazem a modesta afirmação de que o mundo existe e pode ser conhecido. Por essa razão, os pressupostos, por si mesmos, não são fonte de visões de mundo. Por sua vez, a lógica científica garante que as crenças que não

---

<sup>11</sup> Tradução do autor. No texto original: “Anything less leaves science vulnerable to radical skepticism, which questions the comprehensibility or even the existence of the physical world. Anything more substantive, coming from a particular and favored worldview (such as atheism, Buddhism, Christianity, or Islam), needlessly jeopardizes Science’s status as a public enterprise.”

forem presumidas possam ser elegidas como hipóteses e possam se tornar conclusões no caso de serem apoiadas por evidências. Essas hipóteses, em contrapartida, não são isentas de visão de mundo, pois incluem descrições sobre o mundo. Por isso, na medida em que conclusões forem sendo feitas, visões de mundo vão sendo elaboradas no decorrer do processo científico. Desse modo, a visão de mundo não é ela mesma presumida, mas, sim, concluída, em decorrência de um método isento de visão de mundo. Por tal motivo, essa visão de mundo é digna de consideração.

Para Gauch (2009), poucas pessoas iriam questionar essa base de pressupostos e, nesse sentido, ela pode ser publicamente aceitável, o que garantiria que a ciência fosse aceita em diversos âmbitos culturais. No entanto, como foi visto no capítulo anterior, nem todos os cientistas e filósofos estão dispostos a aceitar a base de pressupostos realistas. No caso dos teóricos da educação, o mesmo ocorre. Dessa forma, é pertinente analisar as teses de Gauch sob a óptica de outros pensamentos filosóficos, assim como suas possíveis implicações no âmbito educacional.

A primeira de suas propostas, a saber, *a exigência de se explicitar os elementos do argumento científico, diferenciando pressupostos de conclusões*, não é uma proposta necessariamente realista. Ao contrário, as posturas idealistas, construtivistas e do Caminho do Meio também são, em princípio, compatíveis com ela. Pode-se argumentar que a diferenciação entre pressupostos e conclusões é uma questão de lógica e não um posicionamento epistemológico. Contudo, apesar de ser uma proposição conciliável com uma variedade de posturas, concepções associadas à neutralidade da ciência são bastante correntes no âmbito educacional.

Uma visão comum entre professores, livros didáticos e estudantes, por exemplo, é a de que a ciência é um empreendimento livre de pressupostos e que chega a resultados verdadeiros a partir de observações neutras. A ideia de neutralidade, no entanto, tem enfrentado sérias dificuldades desde o declínio do positivismo, desencadeado no debate epistemológico nos meados do século XX. Essa tendência no âmbito filosófico foi seguida entre os teóricos da educação. Não é comum encontrar na pesquisa educacional quem defenda a neutralidade da ciência. Ao contrário, muitos sustentam que essas ideias devam ser combatidas. Apesar disso, a visão de neutralidade continua sendo bastante popular. Para se evitar que a ideia de neutralidade continue sendo disseminada no contexto educacional, a estratégia de se explicar pressupostos é amplamente necessária.

O segundo aspecto do argumento de Gauch é o da justificação dos pressupostos. Uma vez distinguidos os elementos da argumentação científica, podem ser justificados os

pressupostos. Há várias formas de justificar-se uma proposição, sendo as mais comuns, a *justificação observacional* e a *justificação autoevidente*. A justificação observacional ocorre quando uma proposição recebe apoio de evidências empíricas, que podem envolver, em um sentido amplo, percepção, experiência, registros e medições de fatos. Por sua vez, proposições autoevidentes não requerem observação para serem justificadas, pois sua validade está contida em si mesma.

Agora, faz sentido justificar pressupostos a partir da observação ou da autoevidência? A resposta mais aceita filosoficamente é que essas formas de justificação não são adequadas para o caso de pressupostos. Mesmo assim, tanto a justificação por observação quanto por autoevidência são utilizadas recorrentemente para legitimar pressupostos metafísicos. Na esfera dos debates filosóficos, há autores que defendem a comprovação empírica de teses metafísicas, tais como o realismo e idealismo ontológicos. Como destacado no capítulo anterior, há autores, como Bunge (2010), que em sua argumentação apresentam evidências para o realismo ontológico. Apresentar evidências para um pressuposto é violar a lógica da argumentação científica, pois as evidências já presumem o que se quer provar. Uma evidência só pode dar apoio empírico àquilo que não está tomado como certo desde o princípio.

Esse tipo de estratégia tem duas implicações notáveis. Primeiro, ela produz certa confusão sobre o estatuto de cada elemento da argumentação científica. Há pressupostos, hipóteses, evidências e conclusões. Os pressupostos viabilizam as evidências, que por sua vez dão apoio a uma ou outra hipótese, as quais eventualmente podem vir a se tornar uma conclusão científica. Esse tipo de distinção é desejável no âmbito educacional por expressar a lógica da argumentação sem precisar recorrer à defesa de uma posição epistemológica em particular. Distinguir pressupostos de conclusão não implica defender um ou outro tipo de pressuposto. Por exemplo, pode-se ser um defensor do realismo ontológico sem apresentá-lo como conclusão científica. O mesmo vale para outros tipos de pressuposto. No entanto, o que se vê com frequência é o oposto. Não raro, são apresentadas evidências para pressupostos com o intuito de defender uma ou outra posição epistemológica. A implicação de se justificar pressupostos por evidências é a de causar certa confusão sobre o estatuto dos pressupostos e sobre o funcionamento da lógica científica.

A justificação por autoevidência também ocorre com certa frequência. Muitos realistas, por exemplo, acham que o realismo ontológico não precisa ser justificado por tratar-se de uma obviedade, algo cuja verdade é certa. O que os defensores desse argumento parecem propor é que a falibilidade do conhecimento, aceita pelos mesmos, não recai excepcionalmente na questão referente à existência de uma realidade autônoma. Muitos deles

tratam com desdém a questão. Bunge (2010), por exemplo, questiona quais seriam as chances de uma gazela sobreviver, caso não reconhecesse a presença efetiva de um leão no mundo externo. Sobre as alegações de que a ideia de uma realidade objetiva não resiste à crítica filosófica, o autor ironiza: “gazela, não se preocupe, o leão está apenas na sua cabeça; vá consultar um psiquiatra.” (BUNGE, 2010, pag. 66). Bezerra e Orsi (2013, p. 8), na mesma linha de raciocínio, afirmam que o realismo ontológico é “um fato óbvio da vida”. Os autores, em tom de deboche, afirmam que é “um sintoma curioso do estágio atual da civilização que essa obviedade precise ser reafirmada” (BEZERRA; ORSI, 2013, p. 8).

Quais seriam as implicações desse tipo de justificação? Esse tipo de argumentação encerra a questão ontológica como não sendo digna de ser feita. Além disto, colocada nesses termos de obviedade, a defesa do realismo ontológico implica, simplesmente, em um realismo ingênuo. Isto é, responde à questão evocando senso comum e evitando qualquer aprofundamento da questão. Talvez, dentro do âmbito educacional, encerrar dessa forma uma questão tão amplamente discutida por relevantes mentes da humanidade seja precipitado demais.

Mas, se a observação e autoevidência não são adequadas para os propósitos de justificar pressupostos, quais seriam as alternativas para essa finalidade? A proposta de Gaugh é a de se utilizar pressuposições contidas no senso comum. Agora, qual tipo de justificação é essa que toma como certo algo contido no senso comum? O próprio Gauch (2009) não explicita no seu artigo o tipo de justificação. O fato de carecer de uma justificativa na forma de observação e autoevidência não significa a inexistência de toda forma de justificação para os pressupostos. Pode-se e deve-se dar razões para se concordar com uma crença presumida. Essas crenças podem ser justificadas de outras maneiras, através de considerações pragmáticas, coerência, abrangência e simplicidade, por exemplo.

Uma *justificação por coerência* tem como ideia principal que duas crenças possam se apoiar mutuamente através de uma espécie de raciocínio circular. Essa perspectiva, entretanto, não exige que a coerência seja a única maneira de justificar uma crença. Os teóricos da coerência recorrem frequentemente a outras virtudes teóricas dos enunciados para justificá-los, tais como simplicidade, adequação empírica e abrangência (GRAY, 2010). O pragmatismo, por sua vez, defende a ideia de que certos pressupostos podem ser parcialmente justificados de acordo com sua utilidade. Defende-se ser razoável aceitar um pressuposto caso seja útil fazê-lo. Por fim, pode-se legitimar pressupostos por suas virtudes teóricas, tais como simplicidade, consistência e abrangência. Nesse caso, pode-se justificar a adoção de

pressupostos quando suas virtudes teóricas são melhores do que as de seus concorrentes, por exemplo.

Nesses termos, a legitimação proposta por Gauch (2009) parece ser uma justificação pragmática, uma vez que confere ao senso comum a inteligibilidade necessária e suficiente para se poder interpretar evidências, sem, contudo, expressar visões parciais de mundo. Se assim for entendida, sua proposta possui um paralelo com as visões de Searle (1995) e Rescher (1987), analisadas no capítulo anterior, que destacam a impossibilidade de se conferir valor empírico ao realismo ontológico enquanto subscrevem a necessidade de seu uso na comunicação e investigação.

Essas formas alternativas de justificação dos pressupostos parecem ter implicações mais adequadas ao contexto educacional quando comparadas com as das justificações por observação e autoevidência. Primeiro, elas enfatizam o estatuto que uma crença possui ao ser tomada como pressuposto, evitando-lhe conferir apoio empírico. As evidências são constituídas pelos pressupostos que elas mesmas pretendem provar. Logo, apresentar evidências para justificá-los resulta em uma circularidade inaceitável do ponto de vista lógico e produz certa confusão sobre o estatuto dos pressupostos. Por outro lado, a utilidade, inteligibilidade e coerência de um pressuposto, dão-lhe legitimidade sem descaracterizá-lo como tal.

Segundo, ao se evitar as ideias de autoevidência e de que certos pontos de partidas são obviedades, questões de ordem ontológicas e epistemológicas, por exemplo, permanecem abertas e relevantes no contexto da educação. No lugar de produzir uma aceitação irrefletida de um pressuposto, abre-se a possibilidade de se discutir, por princípio, questões basais da argumentação científica, tal como o estabelecimento das crenças que compõem seus alicerces. Com isso, amplia-se a consciência sobre o funcionamento do processo científico, diminuindo, quiçá, certo proselitismo comum na educação. Com essa atitude, contesta-se o direito de que participantes da educação (filósofos, cientistas, professores, teóricos da educação etc.) arbitrem sobre o que os alunos devam presumir como obviedade e decidam por um ato de autoridade intelectual o que é digno ou não de questionamento.

Nesse contexto, cabem as seguintes indagações: do ponto de vista educacional, *quão adequada e necessária é a problematização da justificação dos pressupostos e quão profundamente é recomendável ser abordada?* Na opinião de Gauch (2009), o empreendimento científico requer a confiança em pressupostos realistas subjacentes em declarações típicas do senso comum, mas ressalta que esses pressupostos, embora evitem o ceticismo, não o refutam. Filosoficamente, eles sempre serão questionáveis. Porém, na

opinião do autor, diferenciar pressupostos de conclusões e legitimar os pressupostos por meio do apelo ao senso comum é suficiente para a educação científica. Questionamentos sobre os pressupostos, que de fato são filosoficamente possíveis, são, em sua sugestão, opcionais, ficando a cargo do cientista ou do educador.

Outras perspectivas filosóficas, no entanto, sugerem o contrário. Não seria somente recomendável que se questionasse os pressupostos provindos do senso comum, como também seria fundamental para uma reflexão adequada sobre a natureza das coisas. Uma dessas posições é o *Caminho do Meio*. Desde essa perspectiva, não há um contexto universal no qual qualquer proposição possa ser firmemente estabelecida. Nenhum conjunto de enunciados caracteriza um ponto de partida confiável o suficiente a ponto de não serem questionados e de não poderem ser refutados. Mesmo quando (ou melhor dizendo, especialmente quando) esses enunciados tratam-se de “obviedades” do senso comum. A realidade na perspectiva do Caminho do Meio parece-se mais com uma teia generalizada de interdependências, em que as estruturas mais básicas dependem do ponto em que se encontram nessa teia. De modo que, não há razão para creditar a nenhum conjunto particular de enunciados o estatuto de fundação fixa e estável, a partir do qual tudo o mais possa ser construído sem questionamento. A tarefa da abordagem filosófica do Caminho do Meio não é, portanto, substituir um conjunto de crenças por outro, mas interromper o hábito de formar e reificar crenças, declarando-as verdadeiras ou dignas de sustentação irrefletida.

O Caminho do Meio alerta para a possibilidade de transpassar a ideia de blocos irreduzíveis e básicos da realidade. Vale ressaltar, contudo, que essa posição não equivale à proposição de neutralidade quanto a pressupostos, isto é, de que seja possível interpretar, descrever ou explicar fenômenos sem um ponto de partida. Desde um ponto de vista convencional, sempre é necessário presumir algo. Porém, no que se refere à natureza última, esses pressupostos não têm uma correspondência com a natureza das coisas. Eles são injustificáveis, de uma perspectiva última, mas podem ser parcialmente justificados de uma perspectiva convencional. Em suma, não há como evitar o uso de pressupostos na interpretação de fenômenos, mas há como romper o padrão habitual de identificá-los como bases estáveis. O Caminho do Meio propõe uma abordagem filosófica capaz de reconhecer as distorções, na visão da realidade, provocadas pela consolidação de um ou outro ponto de partida. Uma possível implicação dessa visão na educação científica é dupla. É possível legitimar o uso expediente de pressupostos, mas, ao mesmo tempo, é recomendável questioná-los e analisá-los de modo que se possa reconhecer a impossibilidade de que estes representem

pontos de partida estáveis, assim como reconhecer as distorções inevitáveis que provocam no entendimento da realidade.

Por fim, analisa-se o terceiro aspecto do argumento de Gauch (2009), a saber, a proposta de que os pressupostos realistas não têm uma visão de mundo. Neste caso, o que o autor pretende é diferenciar o estatuto metafísico de, apenas, afirmar-se a existência e compreensibilidade do mundo, do estatuto de se fazer afirmações que descrevam como o mundo é. No entanto, ao se analisar essas crenças, percebe-se que há afirmações adicionais dando-lhes apoio. Dito de outro modo, quando analisadas, percebe-se que as teses de que *o mundo existe e é compreensível* não são isoladas, mas têm correlação com outras crenças. Por exemplo, quando se diz que o mundo existe, no sentido geralmente defendido pelos realistas, o que se quer dizer é que ele é dotado de certas propriedades que independem de descrições. Já para aceitar compreensibilidade desse mundo, deve-se aceitar que há organismos providos de um mecanismo através do qual se possa reconstituir as características do mundo e expressá-las por meio de um sistema de signos ou linguagem. Vistos dessa forma, os pressupostos não parecem ser livres de uma visão de mundo, já que há uma descrição de mundo incurso nas afirmações.

A alegação de que os pressupostos contêm uma visão de mundo implícita vale para suas variadas formas. Por exemplo, na tese idealista de que o mundo depende de alguma forma da mente, é necessário preconizar uma entidade capaz de produzir a experiência da realidade. Do mesmo modo, qualquer alegação do Caminho do meio, de um ponto de vista convencional, carrega algum grau de metafísica. A diferença é que nessa perspectiva a finalidade das descrições é justamente provocar o reconhecimento de que qualquer visão de mundo é enganosa. No âmbito da educação científica isso implicaria reconhecer que a visão de mundo científica não é somente construída ao longo do empreendimento científico. Além disso, implicaria também reconhecer que ela é parcialmente presumida.

### **2.2.2 Implicações educacionais do nível epistêmico**

Um assunto recorrente no âmbito da pesquisa educacional, e que possui uma estreita relação com aspectos discutidos na análise da questão epistêmica no capítulo anterior, é o que se refere ao *estatuto* atribuído ao conhecimento científico no âmbito educacional. Na análise anterior, foram classificadas três possíveis respostas quanto à questão do que pode ser conhecido: o realismo epistemológico associa o conhecimento ao mundo externo; o idealismo epistemológico defende que o conhecimento só pode ser associado a alguma forma de

experiência da mente; e o Caminho do Meio sugere que seja possível e necessário referir-se a objetos e fontes do conhecimento em um sentido convencional, mas que nem um nem outro subsistem intrinsecamente.

Nesta seção, serão abordados alguns tópicos decorrentes do embate entre essas posições na educação científica. Entre os itens analisados estão questões associadas à *mudança conceitual* e à abordagem excessivamente matemática no ensino de ciências.

Um tópico bastante discutido na pesquisa educacional e que tem relação direta com a questão epistêmica é a *mudança conceitual*. De modo genérico, mudança conceitual é o nome dado ao processo de aprendizagem em que conceitos e suas relações sofrem mudanças. Há, no entanto, vários modelos que explicam como esse processo ocorre. Não se faz necessário para o desenvolvimento desta análise, discuti-los. Para essa finalidade, basta ressaltar que nos modelos de mudança conceitual é assumido que os estudantes têm concepções prévias sobre múltiplos assuntos abordados pelo ensino de ciências. Essas concepções são, geralmente, diferentes das concepções científicas. A *mudança conceitual* ocorre quando o processo de aprendizagem altera o conhecimento prévio no sentido de aproximá-lo do conhecimento científico (CHI, 2008).

Alguns autores (MATTHEWS, 1994; PIETROCOLA, 1999) destacam que o abandono do realismo epistemológico no ensino de ciências implica um obstáculo à mudança conceitual. Pietrocola (1999) reconhece a contribuição do construtivismo no que diz respeito à crítica da abordagem empirista ingênua que predominou nas propostas educacionais nas décadas de 80 e 90. Dentre algumas reformulações positivas, o autor destaca a valorização do indivíduo no processo de aprendizagem e a apreciação da importância do reconhecimento das concepções prévias dos estudantes na elaboração de currículos e estratégias de ensino. No entanto, os opositores ao construtivismo, como Kragh (1998), Matthews (1994) e Pietrocola (1999), dentre os quais o autor faz parte, questionam se a crítica à abordagem empirista requer necessariamente uma *visão epistêmica* tal como as preconizadas pelo construtivismo. E mais do que isso, sustentam que a abordagem epistêmica construtivista não só não é necessária como também é prejudicial em vários outros aspectos, dentre os quais se pode citar a dificuldade da mudança conceitual.

Vale lembrar a distinção feita no começo deste capítulo. Por *construtivismo*, entende-se uma ampla variedade de posições dispostas em um largo espectro de assuntos de interesse. Todas as análises aqui feitas têm como objeto de estudo as implicações educacionais dos aspectos *epistemológicos* do construtivismo. Ou seja, são analisadas

possíveis consequências de seus compromissos ontológicos, epistêmicos e semânticos (no sentido atribuído nesta pesquisa).

Não são analisadas as teorias construtivistas de aprendizagem, ensino, cognição, ética e política educacionais, por exemplo. São analisadas as perspectivas construtivistas enquanto *teoria do conhecimento*. Evidentemente que, ao se fazer essa análise, outros aspectos, além dos epistemológicos, emergem. Assim, na análise que se segue, avaliam-se argumentos que, por vezes, correlacionam outros níveis da temática educacional, tais como o cognitivo e o sociológico. De todo modo, isso não quer dizer que as teorias analisadas sejam *sobre* aprendizagem, cognição ou teorias gerais da educação, que também são do interesse construtivista.

A teoria que se toma por base é o *construtivismo radical* de Glasersfeld (1989), por expressar explicitamente seus pressupostos epistemológicos. Essa perspectiva rejeita a tese de que o mundo exterior possa ser conhecido. Na opinião de seus defensores, o conhecimento não se relaciona com um mundo independente dos observadores (GLASERSFELD, 1989). O conhecimento não é a busca do entendimento da realidade externa, mas, sim, um processo de organização da experiência, a partir de uma contínua adaptação cognitiva (PIETROCOLA, 1999). Os pressupostos epistêmicos que sustentam a teoria construtivista são, em muitos aspectos, equivalentes ao idealismo epistemológico discutido no capítulo anterior. O que as várias formas de idealismo possuem em comum é a tese de que só se tem acesso epistêmico à mente, seja porque só há a mente para se conhecer, seja porque qualquer coisa fora da mente não é acessível. Da perspectiva realista, o idealismo epistemológico, de modo geral, e a posição epistêmica construtivista, de modo particular, têm como consequência a supervalorização dos processos cognitivos individuais presentes na formação do conhecimento.

Pietrocola (1999) destaca que, embora o construtivismo tenha méritos no reconhecimento da importância da identificação das concepções prévias dos estudantes, os *pressupostos epistêmicos* do construtivismo radical – a ideia de que só se pode conhecer a própria experiência e não o mundo externo – teriam como consequência a manutenção das mesmas. Na opinião do autor, essa posição epistêmica acaba por autorizar critérios pessoais de validação do conhecimento, o que implicaria em um subjetivismo funcional a partir do qual cada indivíduo administra o conhecimento de acordo com suas necessidades pessoais. Segundo Matthew (1994), essa abordagem enfraquece o conhecimento científico e reforça outras formas de conhecimento.

Na mesma linha, Roth e Roychdhury (1994) observam que, na visão construtivista, o conhecimento não é realista, mas, sim, adaptativo, em termos evolucionistas, isto é, metaforicamente, o conhecimento “sobrevive” enquanto for viável no mundo experiencial e é “abandonado” quando o indivíduo reconhece sua incapacidade de descrever a própria experiência. Dessa noção, decorre que podem haver múltiplas concepções alternativas, para as quais não se pode reivindicar nenhuma relação com a realidade externa. Mesmo sendo essa concepção a própria concepção científica.

Outro fator que contribuiu para o afastamento da dimensão ontológica do conhecimento foi a ascensão da epistemológica kuhniana e sua posterior apropriação pelo construtivismo. Nesse cenário, as concepções dos alunos deixaram de ser erros conceituais e passaram a ser vistas como paradigmas concorrentes (ZYLBERSZTAJN, 1990). Como uma consequência indesejada das posições epistêmicas do construtivismo, estaria o estímulo de alguma espécie de solipsismo. Ou seja, as dimensões cognitivas individuais ficam apartadas da dimensão de uma realidade externa ao sujeito.

Pietrocola (1999) especula que, sem o comprometimento com a realidade externa, o estudante ficaria desmotivado frente ao estudo de ciências<sup>12</sup>, pois não compensaria o esforço de anos de estudo em algo que não ampliaria a forma como este se relaciona com o mundo exterior.

Se é o caso de a realidade externa ser inacessível, e tudo que se conhece for em certa medida uma arbitrariedade, por que haveriam de substituir suas crenças pessoais pelas do conhecimento científico? Nesse sentido, o conhecimento científico tornar-se-ia apenas um conteúdo escolar, sem nenhuma aplicabilidade além daquela de “garantir o sucesso em atividades formais de educação” (PIETROCOLA, 1999, p. 221).

Cobern e Loving (2007) destacam que o abandono do realismo epistemológico implica a rejeição do conhecimento como um empreendimento universal. Se o conhecimento for uma mera construção individual ou comunitária, ele se torna culturalmente identificável. Assim, ciência não seria um conhecimento do mundo físico, mas um conhecimento ocidental, por exemplo. Estando culturalmente situado, nenhum domínio de conhecimento particular pode ser privilegiado frente outras manifestações culturais. Assim, elimina-se a presunção de que o conhecimento seja universal, no senso de que sua validade independa do contexto cultural. Na visão dos autores, a rejeição da universalidade epistêmica adotada também pelos

---

<sup>12</sup> A relação entre motivação dos alunos e pressupostos epistêmicos sugerida por Pietrocola parece bastante frágil e será problematizada no encerramento deste capítulo.

construtivistas na comunidade educacional é leviana, pois não repara em suas próprias implicações, além de ser desnecessária para os propósitos da educação científica.

Há outro problema no ensino de ciências que tem relação com a questão epistêmica. Um fator reconhecido pela pesquisa educacional é que o ensino de ciências, especialmente no que se refere à abordagem em sala de aula, prioriza excessivamente os aspectos lógico-matemáticos das teorias científicas. Por certo que a matemática tem uma função fundamental no empreendimento científico. Aplicando-se seus conceitos e procedimentos, pode-se identificar padrões e relações em fenômenos complexos e, posteriormente, expressá-los na forma matemática (LUCCAS; BATISTA, 2011).

A aplicação dos recursos da matemática nos objetos de estudo de outras disciplinas é denominada *matematização* (ROUX, 2010). A possibilidade de se expressar uma ideia na forma matemática tornou-se um critério de cientificidade “na medida em que a incapacidade de expressar propriedades de sistemas em linguagem matemática inviabiliza mesmo a possibilidade de admiti-las como hipóteses para o debate científico.” (PIETROCOLA, 2002, p. 89-90). Há ainda nesse contexto, um debate filosófico em torno da matematização: a matemática consiste, apenas, em um recurso do método científico ou é a própria essência da realidade? Nesta última visão, entende-se que a natureza codifica-se em linguagem matemática ou que a realidade é uma espécie de “harmonia matemática presente na natureza” (LOSEE, 1979, p. 28). A discussão sobre a matemática ser instrumento ou a essência da realidade, particularmente, não é a finalidade desta análise.

Em decorrência de sua central função científica, é compreensível que a matemática tenha um grande destaque no ensino de ciências. No entanto, no âmbito educacional, acaba-se por abordar quase que exclusivamente os aspectos lógico-matemáticos das teorias científicas. Nesse tipo de abordagem, prioriza-se a resolução de exercícios formais sem, contudo, estabelecer conexões com a realidade, sem problematizar e sem refletir sobre as soluções (PIETROCOLA, 1999). Sendo assim, o fracasso escolar em ciências é, muitas vezes, atribuído a uma ineficiente formação matemática.

Esse cenário é reconhecidamente indesejável para a prática educacional. Os aspectos lógico-matemáticos não são a única dimensão das teorias científicas. Há níveis conceituais, filosóficos, históricos e experimentais que devem ser associados. O desprezo por essas dimensões acaba por dissociar o conteúdo científico da vida cotidiana do estudante, fazendo com que a ciência configure-se apenas como um conteúdo escolar sem muita aplicação.

Caracterizado o problema da excessiva abordagem matemática, passa-se a discutir sua relação com a questão epistêmica.

Pietrocola (1999) alega que o construtivismo, apesar de empregar esforços nesse sentido, isto é, de excessiva matematização, não foi capaz de contornar esse problema na prática<sup>13</sup>, justamente, devido a sua postura epistêmica de rejeitar relações entre conhecimento e mundo externo. Segundo o autor:

O que parece problemático na forma de atuar sobre esse tipo de questão é que a vinculação entre conhecimento científico e realidade do mundo não consta como uma das teses principais do movimento construtivista<sup>14</sup>. Ou seja, mesmo os trabalhos presentes nesse contexto não conseguem integrar a questão da realidade com os processos de construção pessoal de conhecimento. Ou seja, há dificuldade em se integrar a dimensão cognitiva com aquela da ontologia do conhecimento. (PIETROCOLA, 1999, p. 220)

Diante dessa alegação, pode-se questionar: teria o pressuposto epistêmico (o que atende a relação entre conhecimento e mundo) o papel tão decisivo nas abordagens pedagógicas do professor? Teria o professor, com inclinações ao idealismo epistemológico, menor propensão a – ou menos recursos para – abordar outras dimensões do conhecimento científico, além da matemática, do que um professor realista? Essas são questões que exigem investigação.

Do ponto de vista puramente epistemológico, no entanto, pode-se afirmar que a ideia de que ciência serve para interpretar o mundo e resolver problemas cotidianos não é incompatível com a posição epistêmica construtivista. Nem construtivistas, nem idealistas negariam que a ciência sirva para interpretar a realidade. O que eles afirmam é que essa realidade, ao invés de ser a realidade de um mundo independente da mente, é a realidade da experiência ou da mente. Nesse sentido, não haveria motivos para afirmar que as convicções epistêmicas de um professor construtivista inviabilize uma possível contextualização da ciência.

A despeito desta suspeita, não foi encontrada pesquisa que indicasse que professores com tendências construtivistas são mais propensos a uma abordagem predominantemente matemática do que professores com outros vieses. O que se pode afirmar, baseado em pesquisas de concepções de professores, é que o construtivismo, apesar do grande apelo ideológico na pesquisa educacional, não foi efetivamente absorvido pelos professores. Fazendo-se uma revisão de pesquisas sobre as posições epistemológicas de professores

---

<sup>13</sup> A alegação de que o construtivismo não tenha sido capaz de contornar o problema da excessiva matematização na prática parece sugerir que existam professores construtivistas atuantes em considerável proporção. Esta sugestão será avaliada mais à frente e parece de todo modo implausível, uma vez que a presença efetiva do construtivismo no ensino de ciências é irrisória.

<sup>14</sup> O termo “movimento construtivista”, sem maiores considerações, é problemático, uma vez que trata as várias teorias e dimensões do construtivismo de forma única. Esse tipo de generalização é abordado no encerramento deste capítulo.

(MANASSERO MAS; VÁZQUEZ ALONSO, 2000; CARVAJAL CANTILO; GÓMES VALLARTA, 2002; POMEROY, 1993; PORLÁN ARIZA; RIVERO GARCÍA; MARTÍN DEL POZO, 1998; ACEVEDO DÍAZ; ACEVEDO ROMERO, 1998; HARRES, 1999), percebe-se que em poucos casos a concepção predominante dos professores de ciências, tanto em nível médio quanto superior, são construtivistas. Nessa revisão de artigos sobre o tema, apenas em um deles (CARVAJAL CANTILO; GÓMES VALLARTA, 2002) os resultados apontaram uma predominância de uma concepção construtivista de ciência.

As pesquisas sobre as concepções epistemológicas dos professores, em geral, indicam que, a predominância é a de uma visão empirista-indutivista do conhecimento científico. Dessa forma, não é o caso de o construtivismo ter tido grande influência na formação dos professores e, em decorrência de seus ideais epistêmicos não serem propositivos quanto à integração de realidade e conhecimento, ter fracassado na tarefa de reverter a excessiva matematização do ensino de ciências. A partir da leitura aqui proposta, especula-se que o dito *fracasso* tenha vindo antes. Pode-se alegar que o alcance do construtivismo, no que se refere à quantidade de professores autenticamente adeptos (não apenas no discurso) e sua presença efetiva nas escolas, é bastante limitado. A *visão epistêmica* construtivista é bem mais sofisticada do que as concepções epistêmicas de uma grande parcela dos professores, segundo apontam as referidas pesquisas.

O problema da matematização excessiva também recebeu uma tentativa de solução *realista*. A tendência de associar *conhecimento* e *mundo externo* vem ganhando bastante espaço em diversos âmbitos do ensino de ciência. Uma de suas aplicações mais notáveis é o recurso de *contextualização* do conhecimento científico, que pode ter vários significados e, dentre os quais, nem todos são necessariamente apoiados por uma premissa epistêmica realista. Por exemplo, dentre as possíveis definições do termo está a associação do conhecimento científico a aspectos históricos, sociais, econômicos e culturais. Isso não é necessariamente uma pauta realista, pelo contrário, esses aspectos são bastante enfatizados, particularmente, por construtivistas, embora também não o seja exclusivo deles. Outra forma de contextualizar a ciência é estabelecer relações entre as várias áreas da ciência e entre ciência e outras formas de conhecimento. Também, nesse sentido, a contextualização não decorre diretamente de um ideal epistêmico realista. Há, contrariamente, muitos idealistas que promovem toda uma discussão de possíveis conexões entre ciência e religião, ou de física com psicologia, por exemplo. A interdisciplinaridade pode ser abordada de mais de uma posição epistêmica.

O significado de contextualização em que o ideal realista tem se mostrado mais motivado a defender é a contextualização como uma estratégia deliberada de associar o conhecimento científico com o cotidiano do aluno. Há vários exemplos de como isso têm se tornado um ideal no âmbito educacional. Um exemplo em que a contextualização do conhecimento apresenta-se como ideal educacional é o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). Uma de suas características peculiares é que suas provas são compostas substancialmente por questões contextualizadas.

Fernandes e Marques (2012) realizaram uma pesquisa para avaliar a concepção de contextualização dos elaboradores da prova do Enem, mediante entrevista. Seus resultados apontam também uma polissemia de significados. Aqui, foram selecionados dois em particular que se relacionam mais diretamente com o ideal realista: “contextualização associada à aplicação prática dos conteúdos no cotidiano” e “associada a uma rede em que os conhecimentos das diferentes componentes curriculares têm o propósito de compreender 'fenômenos/situações' reais” (FERNANDES; MARQUES, 2012, p. 515).

O exemplo do Enem, no entanto, parece emblemático no que refere a como *ideais educacionais* podem ser nocivos ao ensino. Em sua tentativa de correlacionar os conteúdos científicos com o *mundo real*, o Enem radicaliza a necessidade de *sempre contextualizar*, gerando situações em que a contextualização se mostra inadequada, ineficiente ou até mesmo equivocada.

Silveira (2013) é um dos autores que criticam o modo como o ideal de contextualização vem sendo efetivado no Enem. Sua tese central é que as contextualizações no ensino de ciências são possíveis e desejáveis, mas, ao mesmo tempo, são muito difíceis de se fazer consistentemente: “*De fato ÀS VEZES conseguimos contextualizar, mas isto é mais a exceção do que a regra*” (SILVEIRA, 2013, p. 5). Muitos professores não fazem contextualizações adequadas e nem se deve exigir que as saibam fazer, uma vez abordar um tema cientificamente é “*antes de tudo, afastar-se da realidade, tratar de um modelo extremamente idealizado para bem de tornar a situação abordável, tratável*”. O que lhe faz concluir que a “*exigência de SEMPRE contextualizar é absurda e perniciosa.*” (SILVEIRA, 2013, p. 5).

Os problemas relacionados à questão epistêmica têm sido apresentados pela pesquisa educacional como uma disputa entre construtivismo e realismo. Em última instância, é uma disputa entre o pressuposto de que o mundo pode ser conhecido – em todos (realismo ingênuo) ou alguns (realismo crítico) de seus aspectos – e o pressuposto de que só se pode reconhecer a própria experiência, e que o mundo, caso exista independentemente da mente,

não é acessível (idealismo epistemológico). Na análise do capítulo anterior, o Caminho do Meio foi apresentado como uma terceira via nesse posicionamento. Mas quais seriam algumas de suas possíveis implicações na discussão sobre o estatuto do conhecimento no ensino de ciências? Não foram encontradas pesquisas que abordassem a posição epistêmica do Caminho do Meio no âmbito educacional, de modo que o que se faz aqui é avaliar alguns dos resultados da análise do capítulo anterior.

Primeiro, seguindo a interpretação da obra de Nāgārjuna feita por Westerhoff (2009), entende-se que tanto os objetos quanto as fontes do conhecimento constituem-se mutuamente. Quer dizer, eles não existem intrinsecamente, mas de um ponto de vista convencional, pode-se falar tanto em mundo a ser conhecido quanto em recursos epistêmicos, para conhecê-lo. Assim, convencionalmente, poderia alegar-se que o Caminho do Meio não rejeitaria uma prática educacional realista em que se vinculassem as noções de realidade externa e conhecimento. No entanto, o Caminho do Meio não para nesse ponto. A partir dele, destacar-se-ia que nada pode ser conhecido independentemente das estruturas conceituais na qual é conhecido (WALLACE, 2009b). Isso implicaria em aprofundar e problematizar a relação entre realidade e conhecimento.

Nessa visão, o conhecimento não é visto como escrutínio da realidade, nem em um sentido do realismo ingênuo, nem do realismo crítico. O conhecimento faz parte da constituição da realidade, mas, mesmo assim, o Caminho do Meio não rejeitaria que se possam associar, pedagogicamente, os domínios cognitivos do conhecimento com aspectos ontológicos, referentes a uma realidade.

Por outro lado, a visão do Caminho do Meio também não rejeitaria algumas práticas construtivistas que reiteram relações entre conhecimento e experiência pessoal, desde que feitas algumas ressalvas. Nesse ponto, a epistemologia do Caminho do Meio ressalta que o conhecimento só serve para produzir uma organização da experiência pessoal, como alegado pelos construtivistas, se a partir dele se puder reconhecer o mundo e seus objetos. Então, não seria plausível rejeitar uma associação entre conhecimento e realidade. Assim, a epistemologia do Caminho de Meio garante que o conhecimento possa ser associado ao mundo desde que se reconheça que o *conhecimento constitui o mundo*. Da mesma forma, essa epistemologia garante que o conhecimento sirva para organizar a própria experiência desde que se reconheça que *o mundo constitui a experiência*. Ambos são interdependentes e intrinsecamente inexistentes.

E o que isso traria de implicações para a educação? Apresentam-se duas sugestões. Primeiro, pode-se, a partir dessa epistemologia, promover uma espécie de refinamento

epistêmico. O aluno é convidado a aprofundar suas relações com o conhecimento, refletindo não somente sobre o mundo através dos conceitos, experimentos e recursos matemáticos, mas também como os próprios conceitos, experimentos, recursos matemáticos fazem surgir o mundo que se conhece.

A segunda implicação é uma espécie de liberdade epistêmica. No sentido aqui atribuído, significa que não é necessário tomar uma decisão definitiva sobre qual posição é mais adequada para a finalidade educacional. O dilema entre realismo e construtivismo posto pela pesquisa é entendido como um falso dilema. Convencionalmente, eles destacam aspectos diferentes aos quais não há existência intrínseca. Como o Caminho do Meio não reifica nem o mundo externo nem os modos de se conhecê-lo, pode-se utilizar tanto uma abordagem quanto outra, desde que se destaque seu aparato convencional e sua função instrumental. Assim, poderia se ter a liberdade de abordar um ou outro aspecto epistêmico de acordo com a necessidade educacional requerida. Isto é, nessa visão, pode se dar maior ou menor ênfase em algum aspecto de acordo com a demanda instrucional. Pode-se definir a estratégia livremente, sem ter que se cumprir um ou outro ideal.

### **2.2.3 Implicações educacionais do nível semântico**

Vive-se um momento histórico em que a *verdade* está em crise. As pessoas parecem estar dispostas a acreditar em algo, mais por sua conveniência do que por sua adequação à realidade. Embora isso não seja exatamente uma novidade dos tempos atuais, com o advento das redes sociais, o compartilhamento de notícias mentirosas, a manipulação de dados e a disseminação de teorias falsas tornaram-se fenômenos mais comuns, mais rápidos e mais abrangentes. Esse é um fenômeno tão proeminente atualmente que recebeu uma denotação especial: *pós-verdade*.

Segundo o Dicionário Oxford, pós-verdade seria as circunstâncias nas quais os fatos objetivos são menos influentes na formação da opinião pública do que os apelos à emoção e crença pessoal. Esse fenômeno tem afetado diversas dimensões da vida social – sejam elas culturais, econômicas ou políticas – por meio da manipulação de eleições e referendos, da exposição e difamação de caráter pessoal, da veiculação de informações falsas de toda sorte, da doutrinação e conflitos ideológicos.

Esse cenário também produziu impactos marcantes na cultura científica. O ceticismo em relação à ciência não é exatamente uma novidade, mas na era da pós-verdade ganhou outra proporção. Há uma desconfiança significativa no que diz respeito a assuntos científicos.

Mudança climática, evolução e vacinas são alguns exemplos de assuntos que a ciência disputa apreço popular com múltiplas outras crenças. Não que não seja legítimo questionar, desconfiar de resultados de pesquisas e até mesmo da própria neutralidade ideológica por trás do empreendimento científico. Pelo contrário, isso é fundamental em uma cultura científica desenvolvida. Mas a questão, no contexto referido, já nem se trata mais de senso crítico em relação à ciência. Não é o caso, por exemplo, das pessoas conhecerem profundamente o processo científico e, por algum motivo ou outro, problematizarem seus resultados. A rejeição científica, no fenômeno assinalado, provém de um completo desconhecimento da atividade científica, de um apoio incondicional a alguma crença metafísica/viés ideológico ou até mesmo por uma conveniente desonestidade intelectual. Muitas vezes, isso produz uma relativização não embasada dos resultados científicos, como se pudesse aferir, a despeito de qualquer conceito sobre o assunto, que o empreendimento científico se resumisse a conformidades de opiniões pessoais.

Nesse ambiente de desconfiança em relação à ciência e crise do conceito de verdade, surgem movimentos ainda mais surpreendentes do que os mencionados, como, por exemplo, o movimento que defende que a Terra seja plana, que a gravidade é uma fraude e que a ciência de forma geral é um empreendimento de manipulação da verdade. Apesar de assombroso, o movimento parece desfrutar de alguma expressividade, no que se refere a número de adeptos, e causar alguma confusão nas mídias sociais.

Toda essa conjuntura produz desafios adicionais à educação científica. Particularmente, a desconfiança, em relação às verdades científicas, e a crise do próprio conceito de verdade exigem novas reflexões sobre os propósitos e abordagens educacionais. Aqui, propõe-se uma análise sobre o tema pautada nas *questões semânticas* abordadas no capítulo anterior. Assim, a discussão semântica, referente às concepções da verdade científica, é associada a dois aspectos educacionais: (a) o objetivo da educação científica no que se refere ao estabelecimento das verdades científicas; e (b) as abordagens mais adequadas para realizá-lo.

Quanto aos propósitos da educação científica, pode-se destacar as seguintes questões: A educação científica deve assumir o compromisso de defender as verdades científicas? Ter como um de seus objetivos proteger as verdades científicas contra o ceticismo, o relativismo e, por vezes, a má fé voltados contra a ciência? Ou ainda, faz parte da educação convencer as pessoas sobre o valor de verdade da ciência? E até que medida deve ir essa defesa? O processo educacional deve culminar com uma crença na ciência por parte do aluno? Deve-se incentivar a rejeição de ideias não científicas?

Quanto ao aspecto da abordagem, pode-se indagar o seguinte. Quais são as implicações das diferentes concepções de verdade e quais são as mais adequadas para os propósitos da educação? Estas são algumas das questões abordadas nesta análise.

As opiniões se dividem quanto a estes aspectos. Na análise foram reconhecidas três tendências nestas opiniões. Cada uma delas será exposta brevemente, para na sequência, abordá-las individualmente. Há, por exemplo, teóricos da educação que defendem a ideia de que o aprendizado científico requer a crença na ciência (LAWSON; WESER, 1990; ALTERS, 1997; GOOD, 2001). Em alguns casos, a esta posição, é adicionada a ideia de que educação deva produzir a rejeição de toda crença não-científica (LAWSON; WESER, 1990).

Admitir esta última como propósito educacional implica, não somente, na defesa dos aspectos objetivos e universais das verdades científicas (universalismo), mas acabam por preconizar a superioridade da ciência em relação aos demais empreendimentos humanos (cientificismo). Aqui, defende-se que, geralmente, está subjacente a esses objetivos uma concepção de verdade por correspondência. Por outro lado, há algumas posições construtivistas que tratam as crenças pessoais dos estudantes como uma forma de conhecimento. Este tipo de pressuposto pode implicar, a depender de como for abordada, em uma espécie de relativismo, na qual as verdades são postas em um nível pessoal de validação. Embora, os extremos cientificista e relativista possam ser identificados no campo da pesquisa educacional, existem algumas posições intermediárias, tais como a de El-Hani e Mortimer (2007), discutidas a seguir, as quais atribuem à educação científica a função de estabelecer o entendimento do conteúdo científico, sem contudo objetivar a crença neste. Nesta perceptiva, nos casos em que o estudante tenha compreendido o conteúdo científico e, por algum motivo, não esteja convencido de sua verdade, a compreensão deve ser julgada como suficiente. Algumas destas propostas estão associadas ao uso de concepções pragmáticas de verdade, nas quais o valor de verdade dos enunciados é atribuído por sua utilidade prática. (EL-HANI; MORTIMER, 2007). Também são avaliadas as implicações das concepções de verdade do Caminho do Meio.

A primeira opinião sobre os propósitos da educação científica analisada está associada a concepções realistas. Autores como Lawson e Weser (1990), Alters (1997) e Good (2001) defendem que o empreendimento educacional deva culminar na crença, por parte dos estudantes, na verdade científica. Nesta perspectiva, o estudante, além de entender e aplicar o conhecimento científico, deve acreditar no mesmo. Alters (1997), por exemplo, argumenta que o entendimento do conteúdo científico, por parte dos alunos, não é um objetivo suficiente no contexto do ensino. Os professores também devem tentar fazer com que os alunos

acreditem que o que está sendo ensinado está correto. Destaca ainda que, tanto as escolas públicas quanto as privadas sempre tiveram a crença como objetivo de instrução, seja implícita ou explicitamente expressa (ALTERS, 1997). Outros autores são mais radicais e afirmam que a educação científica deva culminar na rejeição de qualquer postura que não seja a científica (LAWSON; WESER, 1990). Independentemente de suas particularidades, o que estes autores possuem em comum é a defesa de que educação científica tem por um objetivo final convencer o estudante sobre a verdade científica. Evidente, que este convencimento, no sentido aqui empregado, não é uma mera doutrinação científica, ou ao menos não o é em um sentido forte do termo. O convencimento envolveria uma compreensão do conteúdo, por parte do estudante, suficiente para fazê-lo reconhecer os motivos pelos quais a ciência é digna de crença e, por fim, poder estar convencido de sua verdade.

No contexto da análise da semântica, faz sentido a seguinte indagação: Qual é a concepção de verdade que os estudantes devem estar convencidos segundo estes teóricos? O convencimento como propósito educacional, no contexto assinalado, pode ser associado a posições semânticas realistas. Estas destacam, primeiro, que a *verdade* é uma relação entre o enunciado e a realidade objetiva (verdade por correspondência) e, segundo, que as teorias científicas são verdadeiras ou aproximadamente verdadeiras. Alguns teóricos defendem explicitamente que esta é a única abordagem capaz de produzir compreensão científica de fato. Good (2001), por exemplo, destaca que só pode ocorrer aprendizado significativo se o aluno acredita que as alegações da ciência são verdadeiras ou mesmo aproximadamente verdadeiras. Ou seja, para Good a aprendizagem científica requer a crença no realismo semântico.

As concepções semânticas realistas na educação científica requerem, portanto, convencer o estudante de que (i) *verdade* é uma condição objetiva e (ii) que a ciência é verdadeira ou aproximadamente verdadeira. Dessa forma, o realismo semântico parece bastante conveniente ao propósito educacional do convencimento, na medida em que é mais fácil convencer o estudante a crer em algo que dependa apenas de sua correspondência com a realidade objetiva do que convencê-lo a crer em algo que dependa de outros sistemas de crenças (concepção de verdade por coerência), de opiniões pessoais ou do contexto cultural em que está inserido (concepção relativista de verdade). Esta meta não é exatamente a mais difícil, pois a concepção de verdade por correspondência é bastante intuitiva. Mas a meta realista só estaria completa na circunstância em que o estudante se convence que as teorias científicas são verdadeiras. Caso isto se realize no processo educacional, se poderia

argumentar que esta seria uma boa estratégia para impedir que as verdades científicas sejam menosprezadas em um contexto de pós-verdade. No entanto há vários obstáculos nesta tarefa.

Pode-se destacar dois possíveis caminhos que esta estratégia pode tomar. O primeiro é conceber as verdades científicas como universais (universalismo). Ou seja, a ideia de que a validade das teorias científicas não depende de aspectos pessoais e culturais. O segundo caminho extrapola os limites do universalismo e avança em terrenos do cientificismo. Isto é, compactua com a ideia de que a ciência é a *única* fonte de verdade. Aqui, declara-se a superioridade da ciência em relação a todos os demais discursos. Esta ideia, por exemplo, está subentendida na alegação de que a educação científica deva culminar com a rejeição de tudo que não for científico, tal como feita por Lawson e Weser (1990).

É importante frisar que o universalismo e o cientificismo não são equivalentes entre si, e nem o primeiro implica no segundo. A primeira se refere à universalidade do conhecimento científico, ou seja, refere-se ao entendimento de que este não é culturalmente situado. Por sua vez o cientificismo alega a superioridade da ciência e promove a desvalorização de outras formas de conhecimento. Segundo El-Hani e Mortimer (2007), o problema do cientificismo não reside no fato deste reconhecer a eficácia dos resultados científicos na compreensão dos fenômenos naturais, mas, sim no fato de diminuir o valor de todo e qualquer discurso que não seja o científico. Para os autores, é fundamental reconhecer que a abordagem científica não é a melhor em todos os domínios humanos e não há porque ser considerada como única abordagem legítima na construção do conhecimento, tampouco ser a autoridade final para todas as declarações cognitivas.

Há uma série de domínios nos quais outras formas de discurso se mostram legítimas e valorosas, enquanto a ciência se mostra malsucedida e até inapropriada. O ideal de uma visão puramente científica da realidade, segundo El-Hani e Mortimer (2007), deveria ser dispensado, porque "a ciência é apenas uma parte, embora importante, do esforço do homem para compreender a si mesmo, sua cultura, seu universo" (GREENE, *apud* EL-HANI; MORTINER, 2007). Com isto, não se quer dizer que a ciência tenha restrições quanto a seus objetos de estudo. Qualquer domínio pode ser estudado cientificamente, seja ele artístico, religioso, político ou outro. O que se alega é que os relatos científicos não são os únicos válidos para todo e qualquer domínio. É possível designar domínios para os quais interpretação científica não é a melhor, sem, contudo, apelar para o relativismo, mas utilizando um senso crítico. Reconhecer o valor de verdade da ciência, não deve implicar em aceitar que a ciência seja a melhor ou a única maneira de construir uma compreensão dos fenômenos naturais, nem é necessário admiti-la como a resposta correta para todas as

demandas humanas. Há outros sistemas de pensamento, incluindo arte, literatura, música, religião, que são muito importantes, até mesmo fundamentais para indivíduos em todas as culturas (WOOLNOUGH, 1996). Nesta perspectiva é necessário reconhecer o valor do pensamento científico em diversos domínios, nos quais ele é particularmente útil, mas há notórias limitações em questões em que a ciência se mostrou, até então, incapaz de resolver. É natural que existam domínios da experiência humana que não sejam passíveis de explicação científica, nos quais as outras formas de conhecimento se mostram mais úteis.

No outro extremo da análise das implicações educacionais das concepções de verdade estão as ideias associadas ao que se denominou idealismo semântico. No capítulo anterior, foram destacadas duas concepções desta posição: *a verdade por coerência* e a concepção *relativista de verdade*. Na primeira, a verdade é concebida como uma compatibilidade entre um enunciado e um sistema de enunciados. Na segunda, a verdade é entendida como uma mera questão de convenção, culturalmente identificada. Na pesquisa educacional, estas concepções foram adotadas, majoritariamente, pelo movimento construtivista. Especialmente, a segunda concepção. Aqui serão analisadas duas implicações decorrentes de uma possível adoção deste tipo de concepção na educação científica: a relativização da verdade científica e do erro do estudante.

Mas antes de avaliar e problematizar as consequências semânticas do construtivismo, é preciso reconhecer que os movimentos construtivistas chamam a atenção para aspectos importantes da concepção de verdade vigente no âmbito educacional. A visão mais comum adotada no currículo de ciências por volta dos anos 80 era a de que a ciência dá acesso às verdades factuais sobre o mundo através da observação imparcial, o que implica em uma visão de ciência como verdade necessária e absoluta (HODSON, 1985). Os professores de ciências tinham em sua maioria que a verdade científica não depende de fatores sócio-históricos e decorrem da aplicação de um tipo específico de métodos de observação. Pode-se dizer que a maioria dos estudantes ainda está sujeita a uma educação científica em que ciência é apresentada como uma coleção de fatos sobre a natureza revelados a partir de um método experimental e que o consenso sobre a verdade é a marca do trabalho científico (KRAGH, 1998). O movimento construtivista ajuda no reconhecimento do estatuto provisório da verdade científica, ao invés de a apresentar como um produto acabado e ajuda a ressaltar aspectos sociais, filosóficos e políticos da ciência.

Embora, realistas de modo geral reconheçam alguns méritos construtivistas no combate a uma visão absoluta da verdade científica, eles não coadunam com a solução *epistemológica* do construtivismo enquanto teoria do conhecimento científico.

Contrariamente, acreditam que uma aplicação estrita dos pressupostos epistemológicos construtivistas, segundo alegações mais moderadas, prejudicariam a educação científica e, segundo afirmações mais firmes, ela seria desastrosa tanto para educação quanto para a ciência em si (KRAGH, 1998). Um dos aspectos mais preocupantes, do ponto de vista realista, e que está relacionado com o nível semântico, é que desde a perspectiva construtivista, a verdade das afirmações seja uma questão individual ou social. Segundo Driver e Bell (*apud* MATTHEWS, 2000), “antes de ver a verdade como o ajuste entre as impressões dos sentidos e do mundo real, um construtivista a vê como a adequação de nossas impressões dos sentidos às nossas concepções”, o que implica que “a autoridade para a verdade encontra-se em cada um de nós” (DRIVER; BELL, *apud* MATTHEWS, 2000). Ideias como estas podem conduzir a um relativismo semântico absoluto, a partir do qual a verdade dos enunciados seria apenas uma questão de validade por parte do indivíduo ou de um grupo de pessoas.

Kragh (1998) destaca que o abandono de uma concepção de verdade como uma relação objetiva com a realidade seria catastrófica<sup>15</sup> para a educação científica, tanto no que se refere à relativização de erros históricos da ciência quanto no que se refere aos erros dos estudantes. No primeiro caso, se a verdade for uma questão de mera convenção, os erros históricos da ciência deveriam compor o currículo dos cursos de ciências, ao lado das verdades aceitas. Ou seja, não é o caso de se abordar os erros da ciência de uma perspectiva histórica, mas, sim, equipará-los com verdades atualmente estabelecidas, uma vez que o que as distingue seria apenas o período em que seu consenso é aceito. Para Pinch (1993), caso se admita a verdade como mero consenso, não há como distinguir as verdades da ciência aceita das concepções científicas refutadas, ou até mesmo das pseudociências. Tudo isto levaria, segundo Kragh (1998) a uma simetria entre teorias científicas aceitas e empreendimentos desacreditados ou não ortodoxos. No segundo caso, se a verdade não for algo que possa ser estabelecido independentemente da experiência pessoal, não há como confrontar o erro de um estudante. Por exemplo, se o professor propor como atividade experimental a determinação do período de um pêndulo simples, e um estudante chegar à conclusão de que o período é proporcional ao comprimento da corda, ao invés da raiz quadrada do comprimento, como deve proceder o professor? Na opinião de Kragh, um professor com tendência realista iria alertar aos estudantes que seus resultados estão errados e que devem reavaliar os métodos e cálculos, ou até mesmo refazer o experimento. Com a devida orientação, todos estudantes

---

<sup>15</sup> Pode-se argumentar o contrário do sugerido pelo autor. Concepções de *verdade objetiva* são comuns no ensino de ciências e isto não evitou a catástrofe em que o ensino se encontra.

deveriam chegar a mesma conclusão de que o período depende da raiz quadrada do comprimento. Neste contexto, o professor poderia estabelecer a equação correspondente da mecânica e discutir suas limitações. Mas caso um professor se compromettesse firmemente com as concepções relativistas da Verdade, segundo as quais a verdade e o erro são convenções sociais e negociáveis, este poderia, segundo Kragh, avaliar as discrepâncias de resultados como sendo igualmente válidas e nenhum resultado do experimento é intrinsecamente errado, nem verdadeiro.

Portanto, emergem desta discussão dois extremos semânticos na pesquisa educacional. No contexto apresentado, a pesquisa educacional parece oscilar entre. Por um lado, concepções de verdade associadas ao universalismo e cientificismo podem constranger estudantes que não compartilham a visão de mundo e a estrutura conceitual da ciência. Por outro lado, como destaca Cobern (2000), as concepções relativistas de verdade, entendida como uma visão segundo a qual os enunciados pode ser igualmente verdadeiros ou falsos de acordo com o contexto, são uma fonte de cinismo. Comte-Sponville (2002) também alerta para os riscos do relativismo ao afirmar que se nem a falsidade nem a veracidade podem ser estabelecidas, não haveria como distinguir conhecimento de ignorância ou honestidade de enganação. Neste contexto, qualquer coisa seria permitida.

Há, porém, teóricos da educação que fazem esforço para evitar estes extremos e produzem posições intermediárias. El-Hani e Mortimer (2007), por exemplo, sugerem que a concepção pragmática de verdade pode desempenhar esta função e evitar tanto o cientificismo quanto o relativismo. Nesta visão, não existe uma relação especular entre enunciados e o mundo. Ao invés disto, a verdade das teorias é sempre dependente de sua inserção humana e social e, por mais confiáveis que possam ser, estas não são equivalentes à realidade. (STANLEY; BRICKHOUSE, 2001, *apud* EL-HANI e MORTINER, 2007). Isto quer dizer que não se pode demonstrar a verdade ou a falsidade de afirmações sobre o mundo recorrendo-se a sua suposta correspondência com a realidade tal como é. Em vez disso, deve-se usar sua eficácia pragmática, ou seja, deve-se recorrer à utilidade das afirmações para desempenhar certas finalidades. No caso científico, a eficácia pragmática, geralmente, está associada à possibilidade de se construir teorias, realizar testes empíricos e desenvolver tecnologia. A noção de eficácia pragmática, ainda, pode ser ampliada de modo que se possa avaliar outras finalidades, extra científicas, como sua eficácia ética e educacional, por exemplo.

Em contrapartida, a posição pragmática, mesmo negando a objetividade latente do realismo, não implica no "tudo vale" do relativismo. Nesta perspectiva, os limites da ciência são desafiados e avaliados criticamente do ponto de vista de outras estruturas, mas, ao mesmo tempo, deve-se reconhecer a eficácia pragmática da ciência em seu próprio domínio, a saber, o da compreensão dos fenômenos naturais.

Como a visão pragmática ajuda nas questões dos propósitos da educação científica? Ou seja, como o processo educacional deve lidar com as crenças dos estudantes segundo este ponto de vista? Na opinião de El-Hani e Mortimer (2007), as ideias dos alunos devem ser incluídas na educação científica, não importando seu valor científico. A educação deve ser sensível aos aspectos culturais no que se refere à diversidade de crenças e, assim, o ambiente educacional deve permitir abordagens de discórdia, nas quais o ponto de vista dos alunos possam fazer parte das interações discursivas. Mas isto não quer dizer que as teorias científicas devam ser equiparadas às concepções dos alunos. Nesta posição, ao contrário da visão construtivista, os alunos devem desenvolver plenamente o entendimento científico, e reconhecer que suas eficácias pragmáticas são bastante particulares e não são intercambiáveis com as de outras áreas. Em contrapartida, esta posição projeta objetivos distintos das posições realistas, pois não presume que o convencimento sobre as verdades científicas deva ser um propósito final da educação. Para entender esta sugestão, é necessário, primeiro especificar o significado de *entendimento*.

Segundo Smith e Siegel (2004), o entendimento científico envolve quatro etapas: *conectividade, construção de sentido, aplicação e justificação*. Primeiro, os estudantes devem ser capazes de identificar e definir os conceitos envolvidos na teoria abordada, assim como, fornecer explicações apropriadas das interconexões entre os conceitos. Em segundo lugar, o aluno "dá sentido" ao conteúdo, compreendendo como ele se aplica a uma variedade de situações concretas. Terceiro, se o estudante entende a teoria, ele consegue aplicá-la apropriadamente a contextos e problemas diversos. Quarto, o aluno aprecia pelo menos algumas das razões pelas quais a teoria é considerada verdadeira (razões que a tornam digna de crença), ou seja, entende por que essas razões contam como evidência que apoia a teoria e podem avaliar adequadamente os méritos dessa evidência. Entender a teoria, neste nível, envolve a apreciação por parte do aluno de pelo menos algumas das razões que a justificam e a tornam digna de crença. Para isto ele deve, não apenas ser capaz de identificar suas evidências, mas entender por que essa evidência conta como evidência a favor da teoria.

Se os estudantes conhecerem e compreenderem a teoria, conforme argumentado anteriormente, então, é provável que estes reconheçam as razões para considerá-la digna de

crença. Se não houver nenhum obstáculo adicional, o entendimento da teoria e reconhecimento da força epistêmica dessas razões levará, em circunstâncias normais, à crença. Segundo Smith e Siegel (2004), a crença não é algo que requer esforço ou compromisso; é o que resulta quando os estudantes reconhecem razões para a crença. Desta forma, uma vez que se apreciem as razões para se acreditar em alegações científicas típicas do conteúdo escolar, normalmente se acredita. Por exemplo, o entendimento científico pode levar à crença na asserção de que fumar provoca uma variedade de doenças, ou que átomos se combinam de modos particulares ou que células se dividem.

Agora, pode ocorrer do estudante atender a todos os quatro critérios de entendimento de uma teoria científica, propostos anteriormente, e, por alguma razão, não acreditar nela. Neste ponto, há um desacordo quanto à suficiência destes critérios. Por um lado, há quem defenda que o entendimento é completo mesmo sem a crença (EL-HANI e MORTIMER, 2007). É bastante plausível a afirmação de que se possa entender sem crer. Pode-se, por exemplo, entender a concepção de movimento de Aristóteles ou a concepção cristã de criação sem acreditar. Por outro lado, há quem afirme que o entendimento requer a crença. Hoffmann (2007), por exemplo, em resposta a El-Hani e Mortimer (2007), defende que não há como se constituir o conhecimento sem crença. Ressalta, porém, que este tipo de crença não é uma questão de fé na proposição, mas, sim, um estado cognitivo, de um sujeito, caracterizado por uma disposição em aceitar proposições como verdadeiras.

Independentemente de se os quatro critérios devam ser considerados suficientes ou não, o que de fato pode ocorrer é estes serem cumpridos e, mesmo assim, não levar à crença. Há várias razões que levam uma pessoa a rejeitar a verdade de uma teoria científica, mesmo atendendo estes critérios. Geralmente estas razões envolvem crenças metafísicas, visões filosóficas ou vieses ideológicos particulares, incompatíveis com ciência ou até mesmo um ceticismo quanto ao que a ciência considera evidências. Nestes casos, a compreensão da teoria e o suporte das evidências não geram crença.

Neste ponto se faz a seguinte indagação: como devem proceder os professores em casos como este, isto é, nos casos em que os alunos dominam o conteúdo científico, mas não acreditam? Eles devem insistir na tarefa de mudar as crenças dos estudantes? Da perspectiva de Lawson e Weser (1990), Alters (1997) e Good (2001) pelo fato da crença ser um estágio indispensável do processo científico, o aprendizado nesta circunstância está deficiente. Neste sentido, pode-se alegar que as crenças que atuam como obstáculo para mudança da crença devem ser combatidas. No entanto, nem todos pesquisadores da educação concordam com esta posição. Smith e Siegel (2004) sustentam que, nestes casos, os professores não devem se

esforçar em moldar diretamente o conteúdo da crença do aluno, sob o risco, de incorrer ao proselitismo. Um estudante que de fato compreendeu a teoria e, mesmo assim, não acredita nela, deve ter razões pessoais intransponíveis. Insistir na mudança da crença é apelar para doutrinação. Para os autores, a meta apropriada no contexto educacional é prover aos estudantes a capacidade de reconhecer que uma teoria em particular oferece a melhor explicação *científica* atual dos fenômenos associados a ela, com base nos dados disponíveis. Reconhecer a evidência empírica da teoria não quer dizer que se deva aceitá-la como descrição verdadeira da realidade objetiva. A instrução deve fornecer aos estudantes uma compreensão das evidências relacionadas à teoria, mas no final o estudante deve julgar por si mesmo os méritos de suas alegações. Fazer qualquer coisa diferente disto seria violar a autonomia do estudante.

Nos casos em que a compreensão não desencadeia a crença, a primeira, por si mesma, deve ser considerada suficiente. Em particular, se os estudantes continuarem a não acreditar em teorias científicas em favor, por exemplo, de uma crença religiosa, apesar de terem compreensão das mesmas, o professor de ciências deve reconhecer que, independentemente do que possa ser dito para desmerecê-la, a crença religiosa simplesmente não pode ser combatida. Nesta visão, não faz parte da tarefa do professor demonstrar que uma crença religiosa é falsa, ainda mais como foi discutido na seção 2.1, a questão de se a ciência e a crença religiosa são compatíveis é ela própria é controversa. Tampouco é tarefa do professor avaliar o *status* epistêmico das crenças religiosas dos alunos. Se um aluno dominou o conteúdo da teoria e reconheceu suas credenciais científicas, o professor cumpriu sua tarefa, independente do que isto tenha produzido de crença. Smith e Siegel (2004) ainda destacam que até mesmo professores de ciências podem estar sujeitos a entender, mas não a acreditar em uma ou outra teoria científica particular. Desta forma, compreensão é objetivo suficiente tanto para o aluno quanto para o professor. Insistir na crença é assumir uma função inadequada à educação.

El-Hani e Mortimer (2007) concordam com esta posição e defendem que o abandono da necessidade do convencimento é compatível com uma educação científica culturalmente sensível, uma vez que os alunos podem compreender ideias científicas sem mudar suas crenças. Porém os autores destacam uma implicação problemática desta concepção, afinal se o entendimento de uma teoria não acarretar a aceitação de sua verdade, dificilmente o estudante a aplicaria em sua vida diária. Assim, surge um dilema nesta perspectiva: Como pode-se exigir que os estudantes apliquem as ideais científicas sem exigir que acreditem nas mesmas? Uma das soluções apontadas pelos autores é que se pode, no lugar de convencê-los

sobre a verdade da teoria, delimitar o domínio em que a aplicação das ideias científicas é apropriada e pragmaticamente eficaz; e, ao mesmo tempo, destacar a diversidade de pontos de vista possíveis na compreensão de um determinado fenômeno e, especialmente, distinção e demarcação dessas visões.

O posicionamento intermediário de El-Hani e Mortimer (2007), assim como o de Smith e Siegel (2004), possui alguns pontos de convergência com a abordagem semântica do Caminho do Meio. Primeiro que, nesta última, as verdades convencionais não possuem uma relação de correspondência com o mundo, tampouco possuem todas a mesma legitimidade e finalidade, portanto, não devem ser tomadas como sendo igualmente válidas. Logo, o Caminho do Meio não requereria nem a superioridade das verdades científicas, nem as preferiria à mesma eficácia de opiniões pessoais ou crenças com aspectos culturais ou qualquer outro tipo de procedimento especulativo. O que faria sentido nesta perspectiva, seria delimitar o contexto de sua aplicação das verdades científicas, sem atribuir-lhes identidade de estado último da realidade. Também deve-se destacar que as proposições podem ser verdadeiras ou falsas, não por correspondência, mas relativamente aos modos de percepção e medição. O abandono da possibilidade produzir verdades sobre um mundo preexistente não resulta na renúncia da noção de *verdade*. Segundo Wallace (2009b), proponente de ideias baseadas no Caminho do Meio na ciência, indica que esta filosofia apenas implica que “a verdade de uma teoria não pode ser pensada com relação a uma ‘correspondência’ com alguma realidade absolutamente objetiva. (WALLACE, 2009b, p. 98). O motivo disto, prossegue o autor é que “os objetos postulados em uma teoria não existem de modo independente dos procedimentos para se fazer observações do mundo e identificar elementos estáveis e invariantes nele.” (WALLACE, 2009b, p. 98).

Mas esta visão não implica nem a negação de qualquer verdade, nem a afirmação de que qualquer verdade particular serve. Assim, rejeita “a visão cultural ou pós-moderna do relativismo, de acordo com a qual nenhuma afirmação de verdade pode ser feita” (WALLACE, 2009a, p. 160). Há verdades que se mantêm invariante em diversos sistemas cognitivos. Por exemplo, diferentes cientistas em diferentes laboratórios e com diferentes métodos, podem chegar às mesmas conclusões sobre um problema e “isso permite que se façam declarações verdadeiras sobre elas que são independentes de qualquer cientista ou laboratório específico.” (WALLACE, 2009b, p. 100). Assim,

A visão do Caminho do Meio leva em conta a possibilidade de erros mesmo dentro do contexto de uma única estrutura cognitiva de referência. [...] Erros de cognição também podem ocorrer através de estruturas cognitivas de referência múltiplas, e

elas podem ser gradativamente reconhecidas em relação a cognições anteriores e posteriores relativas a uma ou mais estruturas de referência. (WALLACE, 2009b, p.142)

O autor ainda enfatiza que a única verdade que é invariável em relação a todos os sistemas de referência cognitivos é o que aqui foi designado de premissa ontológica. Ou seja, “*tudo o que apreendemos, seja perceptiva ou conceitualmente, é desprovido de natureza inerente própria, ou identidade, independentemente dos meios pelos quais seja conhecido.*” (WALLACE, 2009b, p. 99).

Neste Capítulo, pretendeu-se analisar algumas implicações dos aspectos ontológicos e epistemológicos do discurso científico no meio educacional. Um aspecto relevante que emerge desta análise, e que deve ser ressaltado, é que por vezes os defensores de uma posição em particular caracterizam seus opositores de forma bastante generalista e simplista. Isto produz impressões falaciosas, no que se refere à caracterização de certos movimentos educacionais, como as de que os movimentos construtivistas implicam necessariamente em ceticismo e relativismo ou as de que movimentos realistas implicam em dogmatismo e cientificismo. Aqui, discorda-se de alegações como as de que professores com inclinações construtivistas são mais tolerantes a visões alternativas e que reforçam concepções particulares do estudante. Do mesmo modo, não se defende que professores com inclinações realistas, ao tentar reforçar os valores de verdade do conhecimento científico, o abordem de forma necessariamente doutrinária. Estas consequências são mais complexas e dependem de fatores mais amplos do que a análise filosófica dos pressupostos ontológicos e epistemológicos, tais como a relação entre as *crenças* e o *comportamento* do professor em sala de aula, assim como a relação entre a *escolhas epistêmicas* do professor e a *aprendizagem* do aluno. No entanto, estes fatores não são objetos desta pesquisa, embora constituam questões necessárias para uma abordagem completa da investigação dos efeitos educacionais das premissas de um discurso. As análises aqui feitas têm como objeto de estudo as implicações ontológicas e epistemológicas de certas *perspectivas educacionais*, logo, enfatiza quais são as possíveis consequências, do ponto de vista do discurso, de se comprometer com alguns tipos de pressupostos. Isto é, a análise está na esfera do que poderia acontecer caso tais perspectivas filosóficas se efetivassem no ensino. No entanto, a análise dos compromissos epistêmicos de um discurso não caracteriza os movimentos educacionais como um todo. Em um contexto mais geral, há muitos outros fatores, de ordem psicológica, cognitiva, sociológica, culturais, que tornam o assunto profundamente mais complexo.

Por exemplo, uma questão de ordem sociológica e psicológica seria a que investiga de que forma as crenças dos professores influenciam sua atitude em sala de aula. Outra, de ordem cognitiva, investiga quais são as relações entre posições epistemológicas e aprendizagem do aluno. Esta pesquisa não alcança estas questões. No entanto, alguns argumentos analisados parecem confundir estas dimensões do problema e, por vezes, tomam a *consequência discursiva de um pressuposto* como sendo as *características de um movimento educacional* como um todo.

A seguir, faz-se algumas especulações de como duas destas dimensões, a *ontológico-epistemológica* e a *cognitiva*, estão correlacionadas em alguns dos argumentos analisados (MAHNER; BUNGE, 1996; GAUCH, 2009; PIETROCOLA, 1999; COBERN, 2000; SMITH; SIEGEL, 2004). O nível *ontológico-epistemológico*, aqui, refere-se às visões de mundo e conhecimento de um determinado discurso, enquanto o *cognitivo* refere-se aos mecanismos *internos* da formação de conhecimento de um indivíduo. Este último envolve fatores como compreensão, percepção, memória, linguagem, crença, entre outros. Aqui presume-se que as áreas da ontologia/epistemologia são distinguíveis da área das ciências cognitivas, no sentido de que, o objeto de estudo e os métodos de umas e outras podem ser diferenciados, ao menos até certo ponto. No entanto, existem assuntos, incluindo a Educação, em que estas abordagens se sobrepõem. Casos em que as análises ontológica/epistemológica e cognitiva, apesar de ainda distinguíveis, estão profundamente conectadas.

A conexão entre estas diferentes abordagens se mostrou evidente na análise feita neste capítulo. Ao serem expostas e confrontadas as opiniões de diversos autores sobre implicações ontológica/epistemológica na educação, emergiram argumentos de ordem cognitiva, que de modo geral tentam incluir as perspectivas do aluno diante das possibilidades ontológicas/epistemológicas de se apresentar o discurso científico. Assim, não raro, vê-se argumentos que se referem a mudanças conceituais, compreensão, motivação, convencimento, etc.

Nos argumentos analisados, estas duas dimensões parecem estar conectadas de formas distintas. Alguns deles parecem se valer de aspectos ontológicos/epistemológicos para justificar o cognitivo, em outros o contrário. A seguir, faz-se algumas considerações neste sentido.

Na seção em que se discutiu implicações ontológicas na educação científica, foram abordadas possíveis incompatibilidades entre a ontologia da ciência e as religiosas. Esta discussão envolve tanto elementos puramente ontológicos, quanto cognitivos. Mahner e Bunge (1996), por exemplo, alegam um conflito ontológico entre os dois discursos: enquanto

a ciência não admite entidades sobrenaturais, a religião o faz. Deste modo, não haveria como estas serem conciliadas. No entanto, esta incompatibilidade ontológica produziria, segundo os mesmos, uma dificuldade de ordem cognitiva: a ontologia religiosa dificultaria – e em alguns casos, impediria - a compreensão científica do mundo por parte do estudantes e por tal motivo, a educação religiosa deveria ser abandonada.

Os autores admitem que esta relação não é regra geral, uma vez que muitos cientistas tiveram algum tipo de educação religiosa, e nem por isto deixaram de praticar ciência. No entanto, eles alegam que a educação religiosa é um obstáculo no sentido estatístico, visto que “*a maioria das pessoas não é capaz de superar a doutrinação da primeira infância*”<sup>16</sup> (MAHNER; BUNGE, 1996, p. 119), sem mencionar todavia a procedência de tal estatística. Ou seja, os autores tomam como certo a posição ontológica de que ciência e religião são incompatíveis e a afirmação cognitiva de que educação religiosa seja um obstáculo para compreensão científica e, presumindo que a ciência seja superior à religião, reafirmando a necessidade de que a educação religiosa deva ser abandonada.

A afirmação de que ontologias diversas ao materialismo sejam de fato um obstáculo para o entendimento científico é algo que exige maiores investigações, que certamente não estão ao alcance da presente pesquisa. No entanto, pode-se alegar, com alguma segurança, que existem outros fatores, alheios aos possíveis conflitos entre educação científica e religiosa, que são mais significativos na formação de obstáculos de aprendizagem de ciência do que os enfatizados por Mahner e Bunge. Muitos deles podem ser associados ao próprio fracasso do ensino de ciências, em particular, e ao fracasso escolar de modo geral. Desta perspectiva, a sugestão de que educação religiosa deva ser abandonada por dificultar a educação científica parece bastante problemática, ou comparativamente menos significativa. Sem mencionar outra questão, também problemática, a de que ciência, por si mesma, seja superior e, portanto, a instrução científica deva se sobressair às tantas outras dimensões da formação humana, inclusive a religiosa.

Na seção de análise das implicações da epistemologia na educação, surgiram argumentos que conectam as dimensões epistemológicas e cognitivas, ora utilizando argumentos epistemológicos para se justificar atitudes cognitivas, ora valendo-se do contrário. Por exemplo, Gauch (2009) aponta que uma compreensão adequada da argumentação científica requer as distinções de elementos tais como *pressupostos, evidências, hipóteses* e

---

<sup>16</sup> Tradução do autor. No texto original: religious education is also an obstacle in the statistical sense that the majority of people are not able to overcome early childhood indoctrination.

*conclusões*. Este é um argumento que toma uma conclusão epistemológica – a da possibilidade de se diferenciar o estatuto de elementos da argumentação científica – como sendo um fator que deva ser abordado no campo cognitivo. Ou seja, para compreender legitimamente ciência, o estudante deve estar ciente destas distinções. No entanto, o autor se limita a discutir apenas o aspecto epistemológico. Assim, as reflexões cognitivas relativas ao assunto – como, por exemplo, as perspectivas epistemológicas dos próprios estudantes e os obstáculos que elas produzem - não foram devidamente feitas naquele momento, pelo autor.

Evidentemente que a inclusão da perspectiva do estudante se faz necessária neste processo. A oportunidade de reflexão epistemológica projetada pelo professor, por si só, não representa garantia de que o estudante corresponderá a tal incentivo e nem resolverá, como em um *passo de mágica*, os obstáculos epistemológicos dos estudantes. Por exemplo, se toda esta abordagem parecer, da perspectiva do estudante, apenas mais um conteúdo escolar ou acadêmico, dispensável de todo modo, de nada servirá o refinamento epistemológico oportunizado pelo professor. Desta forma, o aprofundamento cognitivo do tema se faz certamente necessário.

Entende-se aqui que as reflexões estritamente epistemológicas para finalidades educacionais, apesar de exigirem discussões complementares, não representam, por si só, uma discussão secundária, ou de menor valor. Elas apenas estão localizadas em um ponto diferente da rede de reflexões. Sua função é, neste sentido, produzir reflexões, anteriores à *prática* educacional, sobre o *discurso* educacional. Este refinamento epistemológico tem como função chamar a atenção para o tema, alertando os professores sobre a necessidade das reflexões cabíveis e, muitas vezes, até mesmo *apresentando* a existência de um determinado tópico, pressupondo que nem todos professores o tiveram acesso. Contudo, em algum momento, as soluções promovidas pelo aprimoramento do próprio discurso educacional devem se manifestar na prática pedagógica, momento este em que deve-se conciliar as estratégias epistemológicas com as cognitivas.

Em outros argumentos analisados no texto, ocorreu o contrário. Nestes, os aspectos cognitivos foram utilizados como formas de justificação do uso de um ou outro pressuposto epistemológico. Por exemplo, Pietrocola (1999) defende que o abandono do realismo ontológico e epistemológico produz uma degradação na motivação dos estudantes, sob a alegação de que, caso a ciência não seja apresentada como um conhecimento *sobre* o mundo externo, de nada valeria estudá-lo. Ou seja, o autor utiliza um aspecto cognitivo (a motivação) para justificar um aspecto epistemológico (o realismo).

Sugere-se algumas reflexões sobre este argumento. Primeiro, poderia, de fato, um tipo particular de abordagem epistemológica ter um efeito motivacional significativo nos estudantes quanto ao estudo da ciência? E segundo, teria a motivação algum estatuto especial, ao ponto de ser utilizada como algo que defina - ou influencie - a escolha dos pressupostos científicos que devam ser adotados na educação?

Aqui entende-se que a primeira questão é algo a ser investigado e não presumido ou meramente especulado. Ao menos, levando-se em conta o que é posto em seu texto, o autor notoriamente *especula* que certas posições epistemológicas de fato motivem e outras desmotivem os estudantes. Não é nítido, no entanto, em que estas especulações se apoiam, se são decorrentes da ótica de um *ideal* realista, ou se são pautadas na experiência com alunos. De qualquer forma, as especulações devem ser entendidas como orientações para futuras investigações e não como *conclusões* usadas para se defender uma ou outra posição. Qualquer coisa neste sentido, seria mera propaganda ideológica.

De todo modo, especulação por especulação, aqui se proporia um contraponto à proposta do autor. A ciência vem sendo concebida e ostentada, em diversas frentes, como conhecimento direto da *realidade tal como é*. Esta afirmação, que é mais extrema que o realismo crítico defendido por Pietrocola, ainda é bastante difundida, a despeito de diversos movimentos anticientíficos, modestos quando a ela comparada. No âmbito educacional, o conhecimento científico é tipicamente apresentado como uma imagem especular da realidade. Apesar disto, a motivação dos estudantes, de modo geral, aparenta sérias limitações. Portanto, talvez não seja o caso de estudantes se sentirem mais ou menos *motivados* de acordo com as concepções de conhecimento científico que lhes são apresentadas. De qualquer forma, toda esta reflexão exige uma investigação complementar, não proporcionada aqui.

No que se refere à segunda questão, a de se os aspectos cognitivos devam definir os aspectos epistemológicos do discurso científico na educação, a resposta, aparentemente mais plausível, é a de negar este estatuto aos aspectos cognitivos. Ninguém defenderia que o ensino de ciências deva possibilitar modificações em seu *conteúdo*, de acordo com o gosto particular dos estudantes. Evidentemente, não se deve arbitrar uma ou outra concepção, pelo exclusivo motivo delas produzirem menos obstáculos ou desmotivação nos estudantes. No entanto, dependendo de como são percebidas tais concepções, há como conciliá-las com seu valor instrumental na educação. Por exemplo, caso se entenda que haja ao menos algumas posições diferentes entre si, mas compatíveis com ciência, e que por tal motivo não se deve promover necessariamente qualquer que seja no âmbito educacional, pode-se adotar uma postura

didático-pragmática, isto é, abordá-las de acordo com os benefícios que produzem na formação científica do estudante.

Por fim, na discussão feita sobre *verdade* e *crenças* também, pode-se notar conexões entre as dimensões epistemológica e cognitiva presentes nos argumentos. Antes de tudo, parece que a questão da exigência de crença na ciência tem alguma relação, ao menos no discurso educacional, com as diferentes formas de conceber *conhecimento* oriundas de áreas diversas. Muitos filósofos, por exemplo, entendem que o *conhecimento* e a *crença* sejam coisas distintas, mas relacionadas (SMITH; SIEGEL, 2004). Mais precisamente, a crença é concebida como uma condição necessária, embora não suficiente, para o conhecimento. Na concepção epistemológica clássica, conhecimento consiste em uma crença verdadeira e justificada. Nesta perspectiva, entende-se que só se pode *saber* aquilo em que se *acredita*. Assim, o que se sabe pode ser considerado um subconjunto particular do que se acredita.

No âmbito da pesquisa educacional há uma variedade de concepções de crença e conhecimento que divergem tanto da concepção epistemológica clássica, quanto umas das outras. Por um lado, alguns teóricos da educação tendem a considerar conhecimento e crença como aspectos distintos e independentes. Alguns teóricos com inclinações realistas, por exemplo, tendem a caracterizar o conhecimento como um conjunto de proposições que (i) se aproximam, ainda que com limitações, da realidade empregada por uma comunidade mais ampla, (ii) que são passíveis de justificação, baseando-se, tipicamente, em avaliações objetivas e racionais e (iii) devem poder ser examinadas publicamente, de acordo com critérios metodológicos específicos. Por sua vez, a crença não requer justificação pautada em critérios epistêmicos ou metodológicos estabelecidos e estão propensas a fatores de caráter emocional (SMITH; SIEGEL, 2004).

Por outro lado, alguns teóricos da educação com inclinações construtivistas tendem a sustentar que o conhecimento e a crença estão intrinsecamente interligados. Segundo Cobern (2000, p. 235) esta tendência implica que “para todos os fins práticos, a crença e o conhecimento representam o que se acredita ser verdadeiro ou válido<sup>17</sup>” e portanto, não há razão para sustentar qualquer diferenciação entre eles.

Toda esta discussão epistemológica em torno das distinções entre conhecimento e crença está conectada com a questão de se o convencimento das verdades científicas deva ser um propósito educacional ou não. E aqui, se está novamente diante da distinção entre as

---

<sup>17</sup> Tradução do autor. No texto original: “or all practical purposes belief and knowledge both represent what one has reason to believe is true or valid.”

dimensões epistemológicas e cognitivas. Afinal, como estão conectados o discurso epistemológico sobre o conhecimento e a crença com a prática educacional? Para tanto deve-se avaliar o cenário educacional de modo abrangente. Nenhuma destas perspectivas defendem a mera institucionalização de crenças, nem mesmo as concepções que atribuem valor epistêmico à crença. No que se refere ao ensino de ciências, no entanto, a doutrinação parece ser um aspecto prevalente. É muito típico, os estudantes reproduzirem, defenderem e acreditarem em ideias científicas que não entendem legitimamente e para as quais não são capazes de discorrer sobre as razões que as tornam verdadeiras. Um exemplo emblemático disto é a crença, por parte dos estudantes, no modelo heliocêntrico, acompanhada da total falta de capacidade de defendê-lo com as ideias típicas que o tornam um fato cientificamente aceito. A maioria dos estudantes aceita sem problemas a ideia de que a Terra gira em torno do Sol, porque ao longo da trajetória de sua vida escolar esta ideia lhe foi apresentada e rerepresentada, de tal forma que se tornou uma verdade. Mas caso lhes sejam requisitados argumentos em favor de tal modelo, poucos seriam capazes de explicar as razões para tal.

A lógica no ensino parece estar invertida em relação a exigência da aprendizagem culminar na crença: ocorre o convencimento anteriormente ao entendimento, quando este ocorre. Ainda pode-se especular que nos casos em que os estudantes se negam a aceitar as verdades científicas, dificilmente será porque estas não foram suficientemente defendidas ou não será porque as concepções de verdade utilizadas são mais pragmáticas ou relativistas. Combater a falta de crença na ciência reforçando seus valores de verdade não impede que os estudantes se sintam atraídos por explicações alternativas, mais simples, acessíveis e que lhes causem uma satisfação cognitiva mais imediata. Sendo assim, em um sistema educacional historicamente doutrinário, a exigência de convencimento a força é algo bastante pernicioso.

De modo geral, as conexões entre os campos ontológicos/epistemológicos e cognitivos feitas em algumas das argumentações analisadas, parecem se distanciar do que seriam as implicações efetivas da análise de pressupostos científicos na educação. As abordagens de uma ou outra posição filosófica não garantem por si mesmo práticas educacionais bem-sucedidas. Aqui defende-se que alegações de que uma ou outra posição evitaria ou produziria catástrofes no âmbito educacional são dignas de sérias desconfianças. Este tipo de argumento transforma as posições filosóficas em *ideais educacionais*, no sentido de que são utilizadas com o intuito de reforçar ideias de um grupo em particular.

Uma contribuição mais efetiva das posições filosóficas debatidas seria, em um primeiro momento, alertar sobre a possibilidade de refinamento do discurso educacional no que se refere à ciência, chamando a atenção dos professores sobre as diversas dimensões do

conteúdo científico e seus problemas típicos. E em um segundo momento, esta reflexão pode auxiliar na elaboração de estratégias pedagógicas, ocasião em que as perspectivas cognitivas, que incluam o ponto de vista dos estudantes, devam ser avaliadas em detalhe. Vale por fim ressaltar que a presente análise, por ter como objeto principal, o próprio discurso científico e educacional, priorizou as reflexões ontológicas/epistemológicas e apresentou sérias limitações quanto às reflexões dos aspectos cognitivos. Estes últimos foram abordados de forma periférica e requerem uma pesquisa a parte, na qual teorias de aprendizagem, teorias da psicologia cognitiva e, quiçá, neurociência devam ser consideradas.

### 3 APLICABILIDADE DA ONTOLOGIA E EPISTEMOLOGIA NO ENSINO DE MECÂNICA QUÂNTICA

Diante das reflexões promovidas nos capítulos precedentes, uma questão faz-se inevitável: Qual é a aplicabilidade das questões ontológicas/epistemológicas abordadas nesta análise sobre a prática pedagógica? Isto é, de que forma tais reflexões poderiam ser proveitosas e oportunas em um contexto de sala de aula, não apenas no âmbito da pesquisa educacional? Neste capítulo, são avaliadas possíveis formas de abordar essas questões no contexto do ensino de Mecânica Quântica (MQ). Essa teoria foi escolhida para tal finalidade pelas seguintes razões. Primeiro, por ser uma teoria que historicamente desencadeou profundas discussões sobre ontologia e epistemologia no âmbito científico e filosófico. Segundo, porque a MQ apresenta uma variedade de interpretações filosóficas, sendo que, ao abordá-la em sala de aula, inevitavelmente uma ou outra interpretação estará subentendida. Terceiro, porque as pesquisas indicam que estudantes de MQ costumam confundir diferentes interpretações, construir compreensões conceituais inadequadas (MONTENEGRO; PESSOA Jr., 2002) e ter dificuldades para dar significado ao formalismo matemático da teoria (GRECA; MOREIRA, 1999).

Este capítulo é dividido em três etapas, descritas no Quadro 6.

Quadro 6: Estrutura do Capítulo 3

3.1 ASPECTOS HISTÓRICOS DA MECÂNICA QUÂNTICA	3.2 ONTOLOGIA NO ENSINO DE MECÂNICA QUÂNTICA	3.3 EPISTEMOLOGIA NO ENSINO DE MECÂNICA QUÂNTICA
Apresenta-se um breve histórico do surgimento da teoria.	Analisa diversas perspectivas ontológicas da teoria e suas implicações no ensino.	Analisa diversas perspectivas epistemológicas da teoria e suas implicações no ensino. Divide-se em: nível ontológico, nível epistêmico e nível semântico.

Fonte: Autor

#### 3.1 ASPECTOS HISTÓRICOS DA MECÂNICA QUÂNTICA

Antes da análise dos aspectos ontológicos e epistemológicos do ensino de MQ, apresenta-se um breve histórico do surgimento da teoria e de como ela produziu uma ruptura com a visão de mundo da física clássica.

A física clássica, iniciada por Galileu Galilei e expandida por Isaac Newton e outros a partir do século XVII, postula a existência de dois elementos distintos da realidade física: *matéria* e *campo*. Nessa perspectiva, a matéria é composta por um aglomerado de partículas elementares cujas propriedades são: (a) limites espaciais bem definidos; e (b) suscetibilidade a perturbações produzidas pelas características do espaço em que se encontram. Por sua vez, o conceito de campo está relacionado com as propriedades mensuráveis do espaço em cada ponto especificado. Por exemplo, o campo gravitacional referencia a possibilidade de uma partícula sofrer interação gravitacional quando nele estiver imersa. Quando ocorre alguma alteração nas características do campo em um ponto do espaço, a variação é transmitida para outras regiões através de ondas – a propagação espacial da perturbação. Ao contrário das partículas, as ondas não estão pontualmente localizadas, mas, sim, *espalhadas* pelo espaço.

Até início do século XX, esses dois modelos, corpuscular (partículas) e ondulatório (ondas), eram apartados um do outro. A matéria tem um caráter *descontínuo*, devido à energia das partículas ser localmente concentrada. Já o campo tem caráter *contínuo*, devido à distribuição da energia da onda estar ao longo de uma extensão espacial. Cada conceito faz referência a propriedades distintas da natureza dos fenômenos macroscópicos. Por exemplo, para descrever o movimento da água quando sujeita a algum tipo de perturbação, usa-se o modelo ondulatório. A propagação dessa perturbação é descrita em termos de propriedades das ondas clássicas, usando-se conceitos como *velocidade*, *comprimento da onda*, *frequência*, dentre outros. Movimentos em cordas e a propagação do som são outros exemplos de fenômenos que são explicados com esse modelo. Já o movimento de um corpo em queda livre ou as colisões de bolas de bilhar em um jogo de sinuca são descritos pelo modelo corpuscular. Nesse modelo, a energia não se propaga através de ondas, mas através de partículas. Cada tipo de fenômeno, até princípios do século XX, era explicado com um ou outro modelo. Até então, não se usavam os dois modelos para descrever o mesmo tipo de fenômeno.

Do ponto de vista epistemológico, o cenário da física clássica é notoriamente *realista*, no sentido de que se compromete, ao menos, com o postulado ontológico realista, a saber, a pressuposição da existência de um mundo externo, independentemente do conhecimento e da mente dos seres humanos. A realidade é caracterizada por sua configuração de campos e matéria, e sua evolução é predeterminada pela interação entre eles. Assim, o mundo clássico é constituído por partículas materiais concretas cuja posição e velocidade podem ser determinadas sabendo-se as forças que nelas atuam a cada momento, e as funções matemáticas dessa configuração descreve o movimento das partículas em um determinado referencial. A proximidade temporal de uma configuração para outra pode ser infinitamente

pequena e a previsão das configurações futuras pode ser tão acurada quanto o conhecimento das condições iniciais e a modelagem matemática e conceitual permitirem. A eficiência da previsão depende exclusivamente de dados empíricos e de técnicas matemáticas (MENEZES, 2005).

Ocorrem, entretanto, no princípio do século XX, duas rupturas fundamentais com a física clássica: a teoria da relatividade e a teoria quântica. Entre outros aspectos, estas se referem à unificação entre matéria e energia, feita pela relatividade, e à unificação entre matéria e campo, feita pela quântica (MENEZES, 2005). No contexto desta pesquisa, são exploradas apenas as rupturas promovidas pela teoria quântica.

A teoria quântica começa com uma ideia de Planck para a solução do problema da radiação do corpo negro em 1900 (HEISENBERG, 1958). Para estabelecer uma relação entre temperatura e frequência de radiação de emissão que estivesse de acordo com dados empíricos, Planck supôs que a radiação só poderia ser emitida em valores quantizados de energia (pacotes de energia) e resultantes de múltiplos de um valor fixo. Esse valor ficou conhecido como *constante de Planck* ( $h$ ). A energia da radiação corresponde à multiplicação dessa constante por sua frequência ( $E=h.f$ ). Para Planck, essa equação era apenas uma ferramenta provisória (*ad hoc*) e deveria ser substituída por uma noção mais completa (MENEZES, 2005). Assim, não se preocupou em dar uma referência física à noção de pacotes.

Einstein, em 1905, associou o aspecto descontínuo da energia de radiação a uma suposta propriedade corpuscular da luz. Essa associação surgiu no contexto do efeito fotoelétrico, que se refere ao fato de radiações de alta frequência arrancarem elétrons ao serem incididas em placas metálicas (HEISENBERG, 1958). A imagem conceitual de Einstein, ainda inspirada no modelo clássico, descreve o pacote de energia – ou *fóton* – como uma partícula dotada de quantidade de movimento que transfere energia para o elétron ao ocorrer uma colisão. Assim, aparentemente, a radiação comportava-se como onda durante a propagação, mas manifestava caráter corpuscular durante sua interação com a matéria. Quanto maior a frequência da radiação, mais facilmente se percebe a segunda propriedade.

De modo que, para descrever os fenômenos relacionados à luz, teve-se que se usar os dois modelos, ondulatório e corpuscular. Por exemplo, para explicar as figuras de interferência formadas quando se incidia luz sobre duas fendas, considerava-se a luz como onda. Em contrapartida, para explicar porque elétrons eram arrancados da superfície de um material quando a luz era sobre ela incidida, tinha-se que considerar a luz como sendo composta de partículas. Assim, estabeleceu-se um paradoxo: Como a luz poderia ser uma

onda eletromagnética e uma partícula ao mesmo tempo? Ondas e partículas são entes diferentes. A isso se chamou *dualismo onda-partícula* da radiação. Diversas interpretações sobre esse paradoxo surgiram e continuam surgindo desde sua formulação inicial. Algumas delas, relevantes para os propósitos desta pesquisa, serão categorizadas a seguir. Mas, antes, são explorados outros aspectos históricos decorrentes do mesmo período.

Além do cenário de incompreensão da natureza paradoxal da radiação, em 1924, Louis de Broglie, em sua tese de doutorado, propõe a existência de ondas de matéria (EISBERG; RESNICK, 1979). Sua hipótese foi a de que o comportamento dual onda-partícula também se aplicaria à matéria. Assim, o problema da radiação foi estendido para a matéria, que sempre foi concebida como composta de partículas. Broglie afirma que o *comprimento de onda* da “onda de matéria” corresponderia à constante de Planck dividida pelo momento da partícula a ela associada ( $\lambda=h/p$ ) (*apud* EISBERG; RESNICK, 1979). Essa hipótese chamou a atenção por propor uma simetria entre os dois elementos que compõem o universo: radiação e matéria. Entretanto, a falta de evidência experimental fez com que ela não fosse considerada como correspondente a uma realidade física. Entretanto, em 1926, Elsasser verificou a natureza ondulatória do elétron, fazendo-o incidir em um sólido cristalino (EISBERG; RESNICK, 1979). Um feixe de elétrons, com alta energia, submetido a esse arranjo experimental mostrou figuras de difração, comportamento explicado por modelos ondulatórios, o que levou a hipótese de Broglie ao *status* de evidência empírica.

Em 1926, Schrödinger formaliza uma *equação de onda* que pretendia descrever as propriedades das ondas de matéria. Assim como a radiação é bem descrita pela equação de ondas clássicas, a matéria foi descrita com boa precisão através do que passou a ser conhecido como *equação de Schrödinger* (EISBERG, RESNICK, 1979). Por exemplo, constatou-se que um dos termos dessa equação, quando aplicada nas condições físicas correspondentes ao átomo de hidrogênio, resultava em valores numéricos iguais aos dos níveis de energia quantizados conhecidos desse átomo. Assim, esse termo tinha correspondência com uma grandeza física, no caso, energia. Porém, o termo  $\psi$  (*Psi*) denominado de *função de onda*, que era a solução dessa equação, não tinha uma interpretação física bem definida nessa época. Seria essa função alguma propriedade real do sistema físico, tal como uma onda ou algo meramente instrumental, no sentido que teria uma utilidade, mas não uma correspondência física?

No mesmo ano Born, propôs que esse termo elevado ao quadrado corresponderia à probabilidade de se encontrar uma partícula em determinada região (EISBERG; RESNICK,

1979). Dessa forma, a função  $\psi$  representaria uma espécie de onda de probabilidade condutora de matéria. Essa noção de ondas condutoras não convenceu a comunidade científica a ponto de ser considerada como uma solução da dualidade onda-partícula. Mas a interpretação de *densidade de probabilidade* dada ao termo  $\psi^2$  acabou mostrando grande correspondência experimental, fazendo com que a equação de Schrödinger se efetivasse como uma poderosa ferramenta de descrição da matéria.

Em 1927, outra noção nasce no contexto da quântica, conhecida como *princípio da indeterminação*, atribuído a Heisenberg. Neste, afirma-se que conceitos clássicos, como *momento* (velocidade multiplicada pela massa) e *posição*, não podem ser determinados precisamente ao mesmo tempo (EISBERG; RESNICK, 1979). Quanto mais se especifica a posição de uma partícula, maior é a imprecisão em seu momento e vice-versa. Cabe dizer que não se trata de uma ineficiência na medição, mas, sim, de uma propriedade intrínseca desses sistemas físicos. Por exemplo, para determinar a posição de um elétron em um átomo, deve-se iluminá-lo com, ao menos, um fóton. Quanto menor o comprimento de onda da radiação associada ao fóton, maior a precisão na medição da posição do elétron. Entretanto, a energia dessa radiação é grande e ela, ao interagir com o elétron, modifica sua velocidade, isto é, seu momento, elevando a imprecisão de sua medida. Em contrapartida, se for aumentado o valor do comprimento de onda dessa radiação, para que não afete o valor da velocidade da partícula, a imprecisão de sua posição aumenta inevitavelmente.

No mesmo ano, Heisenberg aponta uma questão que implicaria no que é conhecido como *problema da medição* (PESSOA, Jr., 2001). A equação de Schrödinger descreve o objeto quântico mediante a função de onda  $\psi$ . No entanto, essa função é alterada abruptamente após a observação do mesmo. Isso ocorre da seguinte maneira: antes da medição, a função de onda é matematicamente uma soma de estados, após a medição, a função reduz-se a apenas um deles. Isso ficou conhecido como *colapso da função de onda* (do ponto de vista de uma interpretação ondulatória da função de onda), ou *redução de estado* (do ponto de vista da operação formal matemática). Quer dizer, se a função de onda representa o estado dos objetos microscópicos, antes da observação, eles se encontram em uma *sobreposição de estados quânticos*, e, após a medição, é registrado apenas um deles. Isso configura o problema da medição: A observação altera o estado do objeto? O que significa a soma de estados antes da medição? Em que momento ocorre a redução de estados? Qual é o agente da redução? As respostas variam de acordo com a interpretação.

O formalismo matemático da teoria foi bem sucedido nas previsões de resultados de experimentos. No entanto, o significado físico dos termos e conceitos da teoria não era um consenso e continua não sendo atualmente. Dessa forma, a teoria pode ser dividida em dois aspectos: formal e interpretativo (JAMMER, 1974).

O Formalismo refere-se ao aspecto instrumental-matemático da teoria, e é apresentado na forma de postulados. Neste estudo, não é explicitado cada postulado individualmente, tampouco é apresentada sua forma matemática, apenas a ideia geral do formalismo, a qual pode ser resumida da seguinte forma.

O estado do sistema quântico é descrito por uma função matemática conhecida como *função de onda*  $\psi$ . Matematicamente, essa função comporta-se como uma onda, o que justifica sua denominação. No entanto, o que ela representa fisicamente não é determinado, pois a função em si não é observável. Uma onda, independentemente do tipo, pode ser expressa como uma sobreposição de duas ou mais ondas. Da mesma forma, a função de onda  $\psi$  pode ser expressa como uma soma de termos, em que cada qual corresponde a um estado possível do sistema assumir ao ser feita uma medição. Por exemplo, em uma situação imaginária, coloca-se um elétron em uma caixa composta de dois compartimentos,  $A$  e  $B$ , separados por uma parede com um furo. O elétron pode estar tanto em um quanto em outro compartimento. Nesse caso, seu estado é expresso por uma função: a soma dos estados possíveis de  $A$  e  $B$ . Há de se pensar que o elétron deva estar em um ou outro estado. No entanto, o formalismo, por si só, não faz qualquer menção sobre essa suposta localização própria do elétron. Essa definição só ocorre após a medição. Mas, enquanto esta não for realizada, a função de onda apenas indica uma soma de possíveis estados. Essa condição é conhecida como princípio de *superposição de estados*. Qualquer afirmação sobre o significado físico dessa sobreposição entra no âmbito da interpretação, pois não é contemplado pelo formalismo.

A função de onda  $\psi$  indica possibilidades. Quando é feita uma medição, o que se encontra é sempre uma das possibilidades sugeridas. Além de indicar as possibilidades, a função de onda aponta qual é a chance de cada uma delas ocorrer. Mais especificamente, módulo quadrado da função de onda  $\psi^2$  representa a distribuição de probabilidade, isto é, o quão provável um resultado de medição é. A probabilidade de se encontrar um quantum em uma determinada região é dada pela multiplicação da densidade de probabilidade  $\psi^2$  pelas dimensões espaciais  $\Delta V - (\psi^2 \cdot \Delta V)$ . Assim, a função de onda fornece apenas possíveis resultados de medições e a probabilidade de estes acontecerem. A mecânica quântica é bem

sucedida nesse sentido probabilístico: ao se realizar uma medida, só ocorrerá algum resultado previsto, e se o experimento for realizado diversas vezes, a estatística dos resultados corresponde com grande precisão à distribuição de probabilidade prevista.

Após a medição, o estado do objeto é alterado repentinamente. Matematicamente, a função de onda  $\psi$ , que era expressa por uma soma de estados possíveis, reduz-se a apenas um deles. Esse procedimento é denominado *redução da função de onda* ou *colapso da função de onda*. Após a medição, o estado do sistema evolui com o tempo de maneira determinada pela equação de Schrödinger.

Embora a MQ possua um formalismo matemático bem estabelecido, não há, entre os físicos, um consenso sobre como interpretá-lo. Da mesma forma, filósofos divergem sobre o que seria uma interpretação de uma teoria (JAMMER, 1974). Então, faz-se necessário, primeiro, definir o que seria uma interpretação da mecânica quântica, para depois as avaliar. Segundo Pessoa Jr. (1998), interpretação é um conjunto de teses que é incorporado ao formalismo de uma teoria e que não acrescenta novas previsões em relação à estrutura básica da teoria. Nesse caso, não se teria uma interpretação, mas, sim, uma nova teoria. As diversas interpretações da teoria quântica podem eventualmente incluir teses que façam previsões não contempladas pelo formalismo. No entanto, se não for possível fazer-se um experimento que distinga uma da outra, pode-se considerá-las como uma interpretação.

As interpretações podem ser classificadas de acordo com os critérios ontológicos e epistemológicos (PESSOA Jr., 1998). A ontologia preocupa-se com a natureza da realidade física e a epistemologia aborda a relação entre a teoria e a realidade. No contexto das interpretações da teoria quântica, os critérios ontológicos abordam os tipos de entidades às quais a mecânica quântica refere-se. Pode-se interpretar o mundo quântico como sendo constituído: (a) apenas de partículas – corpusculares; (b) apenas de ondas – ondulatórias; (c) de ondas e partículas simultaneamente – dualista; (d) de algo diferente de onda e partícula; e (f) de nada definido até o momento da observação – sem ontologia definida.

Já a epistemologia das interpretações trata de questões como: *Existe a realidade quântica para além das observações? A mecânica quântica provê o conhecimento sobre tal realidade? Qual a relação entre as estruturas formal e conceitual da teoria e a realidade?* As respostas são classificadas, nesta pesquisa, de acordo com seu posicionamento no espectro sugerido nos capítulos anteriores, isto é, das posições realistas, idealistas e do Caminho do Meio.

A análise da ontologia e epistemologia da Mecânica Quântica renderia, por si só, uma pesquisa à parte, de modo que, aqui, não se tem a intenção de discorrer sobre suas muitas

interpretações possíveis nem aprofundar os desdobramentos filosóficos de qualquer interpretação particular. O que se pretende neste estudo é tão somente sugerir de que modo as questões fundamentais em ontologia e epistemologia poderiam contribuir para o ensino dessa área da física. Assim, são elaboradas questões correspondentes no contexto da Mecânica Quântica e são apontadas, de forma breve, respostas típicas do embate filosófico em torno da teoria.

Para exemplificar as diversas interpretações no contexto da teoria quântica, é utilizado de forma recorrente o conhecido *experimento de duas fendas*, o qual consiste na incidência de radiação sobre uma placa com duas ranhuras seguida de sua projeção em um anteparo ou em uma câmara de ionização. Isso provoca a formação de uma imagem da luz, quando projetada no anteparo, ou pontos luminosos decorrentes da ionização do gás, quando projetado na câmara. No primeiro caso, o fenômeno observado é um padrão de difração (regiões de luz e sombra). Esse padrão é facilmente explicado pela teoria ondulatória da luz, em que as amplitudes das ondas vindas de cada fenda podem ser sobrepostas ou anuladas, conforme a diferença de fase que tenham no momento que encontram o anteparo. No entanto, se o mesmo experimento for realizado substituindo-se o anteparo por uma câmara de ionização, cada fóton pode ser detectado pelo brilho, pontualmente localizado, produzido pela ionização do gás. A formação dos padrões de manchas claras e escuras, anteriormente mencionada, passa a ser explicada como a incidência de fótons em algumas regiões e ausência dos mesmos em outras. Sendo assim, a radiação pode se manifestar como onda no anteparo e como partícula na câmara de gás. O mesmo experimento pode ser feito com matéria também, como por exemplo, com elétrons.

Com todo esse contexto em mente, descreve-se a seguir algumas das possíveis interpretações da MQ e suas implicações no ensino de ciências.

### 3.2 ONTOLOGIA NO ENSINO DE MECÂNICA QUÂNTICA

Esta seção divide-se em duas etapas. Na primeira são abordadas questões referentes à ontologia da MQ. Na segunda, são feitas análises sobre suas implicações no ensino de MQ.

### 3.2.1 Ontologia da Mecânica Quântica

A questão referente à ontologia analisada no Capítulo 1, isto é, *se há uma fundação para a natureza*, no contexto da Mecânica Quântica, pode ser adaptada para o questionamento sobre a *natureza* do quantum: *O que são os objetos estudados pela Teoria Quântica?*

Essa questão é aqui abordada em dois níveis de discussão. No primeiro nível, discute-se a composição do quantum, ou, em outros termos, o tipo de *item ontológico* de que ele é composto. Por exemplo, o quantum é composto de alguma substância ou é um evento ou uma propriedade? Já o segundo nível de discussão refere-se ao *tipo de entidade* que o quantum é, ou seja, se ele é onda, partícula ou outra coisa.

Quanto ao tipo de item ontológico, pode-se dividir as ontologias em duas classes: (a) ontologia de substância; e (b) ontologia de processo. Na primeira classe de ontologia, os *quanta* são entendidos como entidades compostas de um tipo particular de substância, sendo a mais típica delas a concepção materialista, na qual entende-se que o quantum seja um *objeto material*.

Há, em contrapartida, ontologias que entendem que o quantum seja composto por outras formas de substâncias, que não a material. O idealismo objetivo, por exemplo, preconiza que o quantum seja uma manifestação da consciência. Uma interpretação pautada nesse tipo de ontologia, que nos anos 2000 ganhou alguma notoriedade no meio *cultural*, mas que é muito criticada e desprezada no meio científico, é a de Amit Goswami (1998). Em sua concepção, toda realidade, incluindo mente, matéria, campos, tempo e espaço são manifestações de um ente mais fundamental, algo como uma espécie de substância em potencialidade, a *Consciência Una*, em seus termos. Independentemente do tipo de substância atribuída, essa classe de ontologia concorda que o quantum manifesta-se por meio de algum tipo de substância.

Por sua vez, as ontologias de *processo* entendem que o quantum não seja algo substancial, autoexistente, uma espécie de construção, de evento. De acordo com Whitehead (1982), os eventos que caracterizam o mundo dos fenômenos não devem ser concebidos como movimentos de objetos materiais persistentes no espaço e tempo. Em vez disso, “espaço e tempo [e objetos materiais] devem resultar de algo em processo que transcende objetos<sup>18</sup>” (WHITEHEAD, 1982, p. 202).

---

<sup>18</sup> Tradução do autor. No texto original: space and time [and material objects] must result from something in process which transcends objects.

Tanto as ontologias de *substância* quanto as de *processo* podem ser consideradas ontologias fundacionistas, pois, de um modo ou outro, reificam o objeto quântico, seja pela existência de uma substância, seja por sua manifestação na forma de evento. Existem, no entanto, alguns esforços no sentido de conciliar a MQ com ontologias não fundacionistas. Algumas delas valem-se dos conceitos do Caminho do Meio para tal propósito. Em uma posição baseada nessa abordagem filosófica, o quantum não seria dotado de nenhuma característica intrínseca nem de substancialidade, nem de propriedade. Para Ames (2003), algumas interpretações da MQ, tal como a de Copenhague, consideram algumas propriedades dos *quanta* como sendo relacionais e não intrínsecas. Por exemplo, velocidade e posição do quantum podem ser atribuídos apenas em relação a uma medição. No entanto, massa e carga ainda são tidos como propriedades intrínsecas. Para que se tenha uma interpretação mais próxima ao Caminho do Meio, dever-se-ia considerar todos os aspectos dos objetos quânticos como sendo completamente desprovidos de existência própria.

Uma tentativa de interpretar a MQ de modo completamente relacional é feita por Wallace (2009b, p. 128), segundo o qual “quando se busca a natureza de uma entidade física como se existisse independentemente de qualquer sistema de medição, não é o caso de apenas se fracassar em encontrá-la. Descobre-se isso sim, que tal entidade não existe.”

Além desse debate sobre a composição do quantum, ainda há um segundo nível de discussão sobre a ontologia da MQ que se refere ao tipo de entidade que o quantum é. Nesse sentido, seria ele partícula ou onda? As interpretações mais comuns são as que preconizam que o quantum seja: (a) partícula; (b) onda; (c) partícula e onda; (d) algo distinto; ou, ainda, (e) algo indefinível. A seguir essas cinco posições são analisadas.

As *interpretações corpusculares* (a) afirmam que os objetos quânticos são partículas. Dentre as interpretações dessa classe, aqui se destaca a denominada interpretação *estatística* (ou *ensemble*) (PYKACZ, 2015). Nessa interpretação, os *quanta* são entendidos como partículas que em *conjunto* comportam-se de acordo com a descrição da função de onda  $\psi$ . Esta, por sua vez, não representa uma onda real e nem é válida para partículas individuais, apenas para um conjunto delas. Dentre os defensores dessa interpretação estão Landé (1965) e Ballentine (1970). A maior dificuldade de interpretações corpusculares são os fenômenos de interferência.

As *interpretações ondulatórias* (b) negam a existência de partículas pontuais com trajetórias definidas e defendem que o quantum corresponde a uma onda. Uma das primeiras interpretações ondulatórias foi proposta por Schrödinger em 1926 (JAMMER, 1974). Na ontologia ondulatória, os fenômenos que *parecem* ser partículas são concebidos como um

“pacote de ondas bem estreito” (PESSOA Jr., 2003, p. 5). Ou seja, antes da medição, a onda *espalha-se*, manifestando os fenômenos ondulatórios típicos, tais como interferência e difração. Após a medição, ela se *localiza*, parecendo uma partícula que, de todo modo, é a própria onda.

As *interpretações dualistas* (c) afirmam que tanto partículas quanto ondas compõem o mundo quântico. Há várias tentativas de implementar a posição dualista. Entre elas, está a interpretação das *Variáveis Ocultas* de David Bohm (1952). Em sua interpretação, tanto as partículas quanto as ondas seriam entidades físicas reais e distintas, entendendo que as partículas teriam posição e velocidade bem definidas em cada momento e que seriam *guiadas* por uma onda, distinta do campo eletromagnético clássico, denominada *onda-piloto*. Esse conceito foi proposto por Broglie nos primórdios da MQ e retomado por Bohm em 1952 (BETZ, 2014).

Outra interpretação (d), tal como a de Bunge (2017), entende que os objetos quânticos carecem de forma definida por si mesmos: eles são entidades *sui generis*, nem partículas nem ondas. Em certos ambientes, os *quanta* comportam-se como partículas e, em outros, como ondas. Assim, podem ser considerados tanto partículas potenciais quanto campos potenciais, não se enquadrando em nenhuma ontologia clássica ondulatória ou corpuscular. Os *quanta* “não são nem massas pontuais nem bolinhas: ao contrário, são estendidas bolhas indistintas, carente de forma própria bem definida.” (BUNGE, 2017, p. 88).

Além de não possuírem forma específica, os *quanta* são entidades difusas, no sentido de que muitas de suas propriedades não são precisas: “eles são borrados ou vagos, mais do que nítidos ou definidos.” (BUNGE, 2017, p. 84). O quantum mantém-se nesse estado de vaguidade (potencialidade) até que interaja com o ambiente. Sendo assim, tanto sua *forma* quanto algumas de suas propriedades assumem aspectos definidos de acordo com a *interação*. O quantum tem essa capacidade de “moldar-se” de acordo com a interação.

Por fim, existem interpretações (e) que afirmam que a *forma* e a *existência* dos *quanta* são completamente indefiníveis, não sendo possível atribuir-lhes qualquer característica intrínseca, seja ondulatória, corpuscular ou em forma de uma potencialidade. O quantum não existe por si mesmo, logo não possui forma específica nem concreta (onda-partícula), nem em forma difusa (potencialidade).

Uma interpretação nesse sentido é feita por Wallace (2003, 2009b). Segundo o autor:

O experimento não nos informa o *status* ontológico, ou natureza intrínseca, dos microobjetos como eles existem além da medição. Dado um sistema de medição, são produzidos resultados que sugerem a presença de um fenômeno de onda; dado

outro sistema, o "mesmo" objeto medido parece ser uma partícula. Na ausência de qualquer sistema de medição, não temos evidências de ondas, partículas, *potentia* ou qualquer outra coisa. Podemos concluir, de acordo com o princípio acima, que um elétron existente como uma entidade independente é em princípio incognoscível, portanto esta entidade independente não existe como potencialidade, pois ela não existe em absoluto.<sup>19</sup> (WALLACE, 2003, p. 76)

Portanto, seja qual for o resultado de uma medição, ela não informa o *status* ontológico do quantum para além do próprio processo de medição. Segundo o autor, a origem de toda contradição sobre a natureza dos objetos quânticos vêm da própria tentativa de atribuir-lhes uma existência intrínseca. Ou em outras palavras, da tentativa de reificar os objetos.

Após essa breve análise das possibilidades ontológicas da interpretação da MQ, passa-se a discutir suas implicações educacionais.

### 3.2.1.1 Implicações no ensino de MQ

Entende-se, aqui, que uma das dificuldades do ensino de MQ está associada à questão ontológica da natureza do quantum. Especialmente no que se refere ao *tipo de entidade* que ele é: se é onda, partícula, os dois, ou nenhum deles. Singh e Marshman (2015) apontam que uma das principais dificuldades dos estudantes nos cursos superiores de MQ é justamente a dualidade onda-partícula. A experiência da *fenda dupla*, por exemplo, é muito difícil de conciliar com as ideias clássicas, uma vez que a função de onda  $\psi$  de um único elétron é diferente de zero através de ambas as fendas, mas a detecção do mesmo ocorre em apenas um ponto da tela. Evidente que essa manifestação dual do quantum é motivo de desacordo interpretativo também no meio científico, como foi apresentado anteriormente. No entanto, no âmbito do ensino de MQ, o problema é de outra ordem, uma vez que os estudantes não chegam a reconhecer os problemas e particularidades das interpretações correntes. Antes disso, eles possuem *interpretações privadas* (MONTENEGRO; PESSOA Jr., 2002), nas quais os conceitos de onda e partícula não só não correspondem às interpretações vigentes, como também conduzem a descrições erradas do fenômeno, como pode ser observado a seguir.

---

<sup>19</sup> Tradução do autor. No texto original: "Experiment does not inform us of the ontological status, or intrinsic nature, of microobjects as they exist apart from measurement. Given one system of measurement, results are produced that suggest the presence of a wave phenomenon; given another system, the "same" measured object seems to be a particle. In the absence of any system of measurement, we have no evidence of waves, particles, *potentia*, or anything else. We may conclude, according to the above principle, that an electron existing as an independent entity is in principle unknowable; therefore this independent entity does not exist as a potentiality, for it does not exist at all."

Em pesquisa sobre concepções de estudantes de cursos de Física, Montenegro e Pessoa Jr. (2002) analisaram suas possíveis interpretações sobre alguns aspectos da MQ, tais como dualidade onda-partícula, superposição de estados, princípio da incerteza, dentre outros. Mediante questionário de múltipla escolha, os estudantes responderam a seguinte questão sobre o experimento da fenda dupla: “Um feixe de elétron passa por duas fendas e forma um padrão de interferência em uma tela cintiladora. O que acontece quando apenas 1 elétron passa pelas fendas?” (MONTENEGRO; PESSOA Jr., 2002, p.111). De acordo com a resposta dada pelo estudante a essa pergunta, o questionário o conduzia a responder outras questões, de modo que se pudesse identificar sua interpretação do fenômeno.

A resposta correta dessa questão, independentemente da interpretação, é a de que o elétron é registrado em apenas um ponto da tela, em uma localização que corresponde ao padrão de interferência construtiva. Segundo a pesquisa, no entanto, 46% dos estudantes erraram a questão logo na primeira resposta, indicando que o elétron “forma um padrão de interferência bem fraco na tela” (MONTENEGRO; PESSOA Jr, 2002, p. 111). Desse grupo de alunos, um terço (15% do total) afirmou que não é possível deixar o padrão de interferência mais fraco porque o elétron não se divide, demonstrando assim, uma contradição, uma vez que na primeira resposta subentendem o elétron como onda e na segunda como corpúsculo. Os outros dois terços (31% do total) parecem acreditar que o elétron seja uma onda clássica já que afirmam que o padrão de interferência pode ser enfraquecido o quanto se queira.

Os outros estudantes, correspondendo a 54% do total, responderam à primeira questão corretamente, indicando que o elétron “incide em apenas um ponto da tela, formando uma cintilação pontual.” (MONTENEGRO; PESSOA Jr, 2002, p. 111). No entanto, 13% deles acreditam equivocadamente que a intensidade do brilho da cintilação pontual de apenas um elétron depende da posição em que ele atinge a tela. Os demais acreditam que a intensidade da cintilação não depende da posição na tela, sendo que 25% deles acreditam que o elétron pode atingir qualquer ponto da tela, indicando uma posição corpuscular clássica, e apenas 16% responderam corretamente à questão indicando que a cintilação só pode ocorrer em alguns pontos.

Esta pesquisa apoia a visão de que a natureza ontológica do quantum pode se tornar um obstáculo para o entendimento da teoria, pois a maioria dos estudantes utiliza os conceitos de onda e partícula de forma contraditória ou utilizam os conceitos clássicos dos mesmos, que em ambos os casos, os conduzem a erros. Na MQ os conceitos de onda e partícula são ambos utilizados nas interpretações, sem entrar em contradição, o que indica que os estudantes

utilizam interpretações privadas sobre a natureza do quantum, isto é, elas não correspondem a literalmente nenhuma das muitas interpretações correntes.

### 3.3 EPISTEMOLOGIA NO ENSINO DE MECÂNICA QUÂNTICA

Nesta seção, são analisados aspectos epistemológicos da MQ e suas implicações no ensino. A discussão é apresentada em três etapas: níveis ontológico, epistêmico e semântico.

#### 3.3.1 Nível ontológico

A questão do nível ontológico refere-se a *se existe uma realidade independente da mente*. No âmbito da MQ, essa questão poderia corresponder ao questionamento de se a *realidade quântica* é independente da mente. Seguindo as tendências de respostas classificadas no Capítulo 1, essa questão poderia ser respondida afirmativamente, negativamente e não ser respondida. A resposta afirmativa corresponde a uma posição ontologicamente realista. A partir dela, entender-se-ia que a realidade quântica existe por si mesma, independente de estar sendo observada ou não. Assim, o sujeito cognoscente não tem nenhuma participação na *existência* desse tipo de fenômeno. Pode-se dizer que a maioria dos cientistas admite a realidade externa dos fenômenos quânticos (PESSOA Jr., 2001). Vale ressaltar que essa perspectiva pode ser adotada mesmo que se admita que a MQ tenha provocado um cenário de inseparabilidade irremediável entre sujeito e objeto. Geralmente, as interpretações que conferem um estatuto especial ao observador, o fazem de forma epistêmica e não ontológica, isto é, estabelecem que o sujeito cognoscente e o objeto do conhecimento estão intrinsecamente conectados, de modo que o que se observa nunca é objeto tal como é. Mas isso não significa que a realidade quântica não exista por si mesma. Nessa perspectiva, a dificuldade que a MQ tem em desvincular o sujeito do objeto não indica que não haja uma realidade independente do sujeito, mas apenas que essa realidade externa resiste “às tentativas humanas de organizar e representar conceitualmente a experiência<sup>20</sup>” (KARAKOSTAS; HADZIDAKI, 2005, p. 621) e, dessa forma, "mostra a prioridade de sua 'existência' em

---

<sup>20</sup> Tradução do autor. No texto original: “resisting human attempts to organize and conceptually represent experience”.

relação ao 'conhecimento' humano e 'experiência'<sup>21</sup>” (KARAKOSTAS; HADZIDAKI, 2005, p. 621).

Há, no entanto, como negar que a natureza quântica seja independente do sujeito. Isso levaria a uma resposta ontologicamente idealista. Nessa posição, a existência dos fenômenos quânticos estaria associada, de alguma maneira, a atos conscientes do sujeito. Dentre algumas das interpretações mais discutidas, uma que se aproxima de uma posição idealista subjetivista é a proposta conhecida como o *Amigo de Wigner* (PESSOA Jr., 2001). Nela, admite-se que o colapso da função de onda é um processo real produzido pela consciência de cada indivíduo. Em consequência disso, para cada sujeito há uma possibilidade de superposição de estados particular, diferente da dos demais sujeitos. Isso conduziria à concepção de realidade que “não só é afetada de maneira essencial pelo observador, como também ela será diferente para cada sujeito diferente.” (PESSOA Jr., 2001, p. 14). Ou seja, essa alegação recai em alguma espécie de solipsismo, em que o mundo não só parece ser diferente para cada sujeito, como o é de fato.

Por fim, ainda se pode abster-se de responder essa questão. Essa é uma postura associada a cientistas com tendências positivistas, como por exemplo, Niels Bohr. Desde esse ponto de vista, somente fenômenos observáveis têm relevância e significado. Assim, não faria sentido mencionar a existência de coisas que, por princípio, não podem ser observadas. De modo que, questões como a de *se os objetos quânticos existem para além da observação*, não fazem sentido, pois, independentemente da resposta que se dê, as conclusões observacionais são as mesmas.

### 3.3.1.1 Implicações no ensino

A questão sobre a realidade objetiva dos fenômenos quânticos poderia ser abordada no ensino de MQ desde uma perspectiva experimental, tal como o experimento da fenda dupla. Existe, afinal, um acontecimento objetivo entre a emissão de um elétron e seu registro na tela? Ou seja, de fato existe um objeto quântico atravessando as fendas, sofrendo uma interferência e colapsando na tela?

Quanto à possibilidade da *existência* dos objetos quânticos anteriormente às medições, a pesquisa de Montenegro e Pessoa Jr. (2002) indica que 40% dos estudantes entendem que os objetos e suas propriedades existem de forma definida independentemente de qualquer medição, indicando inclinação para o realismo ontológico. Os outros 60% dividem-se quanto ao que ocorre entre as medições. Destes, 41% acredita que os *quanta* existem na forma de

---

<sup>21</sup> Tradução do autor. No texto original: “shows off the priority of its ‘existence’ with respect to human ‘knowledge’ and ‘experience’.”

uma onda de probabilidade, posição também realista. Os demais 19% mostram-se mais compatíveis com a ideia positivista de que só se pode falar sobre os acontecimentos após a medição.

Esse resultado aponta que cerca de 81% dos estudantes, ao se depararem com um problema experimental, apoiam-se em uma concepção realista e acreditam que algo ocorre entre as medições. Os outros 19% adotam a posição positivista de não responder tal questão. No entanto, a mesma pesquisa indica que quando os estudantes são convidados a *escolherem diretamente* uma postura epistemológica, a maioria dos estudantes defende oficialmente uma posição positivista, nos moldes da interpretação de Copenhague. Isto é, as posições *oficialmente* defendidas pelos alunos, diagnosticadas por questões que envolvem a escolha direta de uma interpretação, não correspondem às interpretações *efetivamente* utilizadas pelos mesmos na resolução de problemas. Nesses casos, os alunos acabam utilizando uma interpretação própria. Isso significa dizer que, *identificar-se* com uma interpretação não é o mesmo que *aplicá-la*.

Segundo os autores, isso indica que o conhecimento do estudante não é perfeitamente integrado e pode levá-lo a fazer afirmações contraditórias entre si. Neste estudo, propõe-se uma outra leitura desse resultado, pautada nas discussões sobre convencimento e entendimento feitas na capítulo anterior. O fato dos estudantes defenderem oficialmente uma versão e utilizarem outras para resolverem problemas, que não correspondem a nenhuma interpretação corrente, indica que os estudantes estão *convencendo-se* de uma posição antes de a estarem *compreendendo*. É possível que, em decorrência da promoção recorrente de algum tipo de interpretação, o estudante tenha sido levado a acreditar que essa é a única forma ou a mais apropriada para se interpretar os fenômenos quânticos, não porque reconheceu a validade da mesma, mas porque internalizou sua *propaganda*. Para se reconhecer a validade da mesma, ele deveria saber discorrer sobre os motivos que a torna superior em relação às suas concorrentes. Mas esse certamente não é o caso, uma vez que os estudantes tendem a utilizar interpretações privadas no momento em que resolvem os problemas propostos.

Uma pergunta faz-se pertinente nesse contexto: Quais são os motivos que levam o estudante a defender uma ou outra posição? Seria proveitoso para entender a relação entre pressupostos científicos e a estrutura do ensino se pudessem ser identificados os tipos de justificação dos estudantes para adotar uma determinada posição epistemológica. Eles podem, por exemplo, pensar que tais posições *resultam* da teoria científica ou reconhecer que, antes disso, são ideias presumidas de uma interpretação particular. Essa questão exigiria uma pesquisa específica para tal. De qualquer forma, aqui, julga-se indispensável que esse tipo de

reflexão seja feito no âmbito do ensino de MQ. Isso teria a função de confrontar suas concepções espontâneas ao mesmo tempo em que confrontam suas ideias *oficiais*, defendidas pelos estudantes sem o entendimento de sua validade.

### 3.3.2 Nível epistêmico

A questão epistêmica aborda a possibilidade de conhecer-se a realidade. No contexto da MQ, poderia se questionar quais aspectos da realidade quântica podem de fato ser conhecidos. Uma primeira possibilidade de resposta é a que pressupõe que a realidade quântica pode ser conhecida, independentemente do sujeito, tanto em seus aspectos observáveis quanto inobserváveis. Essa é uma típica resposta realista epistêmica. No entanto, mesmo em posturas realistas, há diversos graus de importância atribuídos ao sujeito. Toda essa discussão pode ser representada pelo *problema da medição*. Sempre que um ato de medição é realizado sobre um sistema quântico, este sofre uma alteração de estado abrupta e aleatória. Uma alegação possível é a de que o sujeito, na sua tentativa de observar o fenômeno, esteja, de alguma forma, correlacionado com o objeto.

O que caracteriza as posturas realistas, do ponto de vista epistêmico, é a distinção entre sujeito e objeto. No entanto, mesmo admitindo essa distinção, os autores realistas se dividem de acordo com a importância dada ao sujeito no processo de observação. Existem posturas que evitam por completo a menção do sujeito (BUNGE, 2017), enquanto outras declaram que o sujeito tem um papel relevante nesse processo (LONDON; BAUER *apud* PESSOA Jr., 2001; KARAKOSTAS; HADZIDAKI, 2005).

Uma das posições que evita por completo a menção ao sujeito é a de Bunge (2017). Para o autor, o colapso da função de onda é um processo que altera a condição do quantum. No entanto, enfatiza que a mudança de estado no ato da medição decorre não da *observação* em si, mas do efeito da interação do quantum com o seu ambiente macrofísico, como um medidor automático, por exemplo. O objeto quântico isolado tem um estado de superposição de estados elementares. Ao interagir com os sistemas macrofísicos, sua sobreposição reduz-se a um desses estados básicos. Assim, ao ser realizada uma medição, esse objeto microfísico interage com um objeto macrofísico e fica suscetível a mudanças. “O que acontece é que uma coisa microfísica é provavelmente dominada por uma macrofísica” (BUNGE, 2017, p. 78). As propriedades do quantum, em estado de *probabilidade objetiva*, podem assumir repentinamente estados definidos devido ao contato com seu entorno. Sendo assim, o quantum “decide” seu estado concreto e perde seu estado em potencial.

Por outro lado, há posições ainda no âmbito do realismo epistêmico que não evitam a presença do sujeito epistêmico na interpretação dos fenômenos quânticos. Elas continuam sendo realistas, pois ainda admitem a separação entre sujeito e objeto, no entanto, entendem que o “observador afeta de maneira essencial a realidade” (PESSOA Jr., 2001, p. 7).

Para Karakostas e Hadzidaki (2005), não há como eliminar o papel do experimentador na MQ, uma vez que este escolhe o aspecto da natureza que vai investigar. Vale ressaltar que na MQ essa afirmação não é trivial, pois a escolha de um ou de outro processo experimental seleciona aspectos distintos do objeto investigado e produz alterações em seu estado que não dependem apenas do objeto em si, mas do contexto experimental escolhido pelo experimentador. Isso indica uma contribuição do *pensamento racional* para a experiência. Assim, reconhece-se o papel participativo do sujeito cognitivo em fornecer o contexto do discurso, uma vez que dele dependem coisas como a identificação do objeto investigado e a seleção das correlações entre o objeto e o meio externo.

Outros cientistas que atribuem um papel de destaque ao observador, no contexto do realismo epistêmico, são Von Neumann, Fritz London e Edmond Bauer (*apud* PESSOA Jr., 2001). Von Neumann, nos anos 30, propõe a ideia de que o colapso da função de onda poderia ocorrer em qualquer ponto entre o sistema microscópico e a observação. Isso implica em uma integração do objeto quântico com o aparelho de medição e o observador em si, podendo essa cadeia inteira estar em superposição de estados antes do colapso. Nessa perspectiva, a causa do colapso é a consciência do observador. Essa ideia de Neumann foi aprofundada e popularizada por London e Bauer (*apud* PESSOA Jr., 2001), para os quais existe um elemento do sistema objeto/medidor/observador que pode especificar seu próprio estado, instante a instante. Esse elemento é por eles denominado de “faculdade introspectiva” do observador (*apud* PESSOA Jr., 2001). Ou seja, a consciência de si mesmo produz uma objetividade, uma possibilidade de separar a integração entre sujeito, aparelho e observador, e pode especificar um novo estado para o objeto a partir da observação.

Um segundo tipo de resposta dada à questão epistêmica afirma que só se pode conhecer os aspectos observáveis da realidade quântica. Nesse sentido, pressupõe-se uma inseparabilidade entre sujeito e objeto. Segundo Bohr (1927), existe uma arbitrariedade no que se refere às fronteiras entre sujeito e objeto. Quanto ao problema do colapso de onda, Bohr assume uma posição positivista de que, não sendo observável, a pergunta sobre onde e quando ocorre o colapso de onda carece de sentido. Além disso, os resultados observáveis são os mesmos independentemente da determinação do ponto de colapso. Por abster-se de atribuir

realidade a entidades inobserváveis, a interpretação de Copenhague nega o *realismo epistemológico* e, portanto, pode ser considerada antirrealista.

De acordo com Wheeler (*apud* PESSOA Jr. 2001), não é possível conhecer a realidade quântica antes da medição, não por causa da condição não observável do evento, mas pela conjuntura de até aquele momento a própria natureza do fenômeno não ser fisicamente definida. Somente a partir da medição é que a realidade “decide” o que era nos momentos anteriores. Ocorre uma atualização do passado no presente. A indefinição deixa de ter um estatuto epistemológico e passa a ter um estatuto ontológico. Não é possível falar sobre a natureza do fenômeno antes da medição, não porque há um desconhecimento sobre ela, mas porque a realidade passada define-se com atraso (define-se com a medição). Essa visão ficou conhecida como *experiência demorada*. Wheeler introduz a noção de *observador participante* na teoria quântica, na qual, sem observador, não há uma realidade definida. Segundo o autor:

É errado pensar naquele passado como ‘já existindo’ em todos os detalhes. O ‘passado’ é teoria. O passado não tem existência enquanto ele não é registrado no presente. Ao decidirmos quais perguntas o nosso equipamento quântico de registro irá fazer no presente, temos uma escolha inegável sobre o que temos o direito de perguntar sobre o passado. (WHEELER *apud* PESSOA Jr., 2001)

Por fim, um terceiro tipo de resposta à questão pode ser considerada uma espécie de posição intermediária entre o realismo e o idealismo epistêmicos, isto é, o que se conhece pela MQ não é nem a realidade quântica em si nem apenas as observações feitas por um experimentador. No que diz respeito ao conhecimento do mundo quântico, a relação entre sujeito e objeto deve ser entendida como envolvendo um processo epistemológico mútuo de duas vias. Assim, ao conhecer o mundo físico, espera-se conhecer também como as perspectivas do experimentador contribuem para a conceituação sobre o mundo, da mesma forma que as observações e a conceituação produzidas pela teoria quântica só têm significado na medida em que trazem à tona uma realidade física. Assim, tanto a realidade quântica quanto a conceituação do experimentador coemergem; logo, nenhuma existe por si mesma e ambas constituem-se. Desde essa perspectiva, a medição representa uma espécie de “fotografia” da coemergência da realidade quântica e do experimentador.

Na visão do Caminho do Meio proposta por Wallace (2009b), o colapso da função de onda é entendida como uma mudança de referência cognitiva. Nesse sentido, para que ocorra o colapso é necessário um observador-participante. Mas sua concepção é bastante diferente da idealista, pois, aqui, a consciência não funciona como um agente que provoca uma alteração no sistema. Tampouco teria a matéria essa capacidade de afetar o objeto quântico no sentido

de provocar a transição da superposição para um estado definido. A ruptura não ocorre porque um agente faz algo com o quantum, seja esse agente a consciência ou a matéria. O que se estabelece com a medição, é um ponto de referência diferente do anterior à medição. Assim, a física quântica opera com uma referência capaz de “separar o passado do futuro e assim separar fatos de possibilidades.” (WALLACE, 2009b, p. 106).

Wallace faz um paralelo com a interpretação do físico John Wheeler, para quem “nenhum fenômeno elementar é um fenômeno até ser um fenômeno registrado (observado).” (WHEELER, *apud* WALLACE, 2009b, p. 106). Isto ocasiona que a realidade só surja a partir de seus registros e interpretações. E isso inclui tanto a ontologia das coisas quanto a noção de passado. Dessa forma, algo sendo registrado no presente define sua história passada. Isso ocorre “pois o passado não tem existência exceto quando o registramos no presente”. (WALLACE, 2009b, p. 106-107)

Essa é a visão do *universo participativo* de Wheeler, que Wallace parece endossar. Vale ressaltar que nessa abordagem, Wallace enfatiza excessivamente o papel do observador, podendo dar uma impressão idealista da mesma, o que se levando a cabo a perspectiva do Caminho do Meio implicaria em uma distorção.

### 3.3.2.1 Implicações no ensino

Segundo Greca e Moreira (1999), a maioria dos estudantes de MQ entende que a teoria não representa um conhecimento sobre o estado dos *quanta* antes da medição. Nessa pesquisa, quatro quintos dos alunos responderam que a “Mecânica Quântica não diz nada sobre o estado do sistema antes da medição, que introduz perturbações que alteram completamente o estado do sistema” (GRECA; MOREIRA, 1999, p.8). A pesquisa de Montenegro e Pessoa Jr. (2002) concorda parcialmente com esse resultado, no entanto, demonstra que os estudantes variam suas respostas de acordo com a aplicação do problema. Quando questionados *diretamente* sobre a possibilidade de estabelecer – após ser feita uma medição – o estado da partícula imediatamente antes dela, a maioria dos estudantes a negou. Porém, essa situação varia quando o contexto da pergunta é alterado.

Quando lhes foram propostas perguntas sobre um experimento concreto, e não uma pergunta direta, a possibilidade de estabelecer-se o estado do objeto antes da medição passou de 3% para 40%. Isso indica novamente que os estudantes têm algumas *respostas prontas*, apoiadas, provavelmente, por suas impressões sobre concepções oficiais. No entanto, ao usarem suas próprias concepções, essas variam de acordo com o contexto.

As interpretações dos alunos variam de duas maneiras, de acordo com o estudo. Uma delas é em relação aos tipos de conceito envolvidos na questão. Questões sobre Princípio da Incerteza podem ser respondidas com uma interpretação diferente da de uma questão sobre a Superposição de Estados, por exemplo. O aluno pode demonstrar maior inclinação para o realismo ou para o positivismo, de acordo com o conteúdo da questão. Outro aspecto que influencia na escolha interpretativa dos alunos, segundo os autores, é a maneira como a questão é apresentada. Particularmente, se a questão é apresentada na forma discursiva (apenas texto) ou imagética (com uso de ilustrações) isso induz o aluno a utilizar distintas interpretações.

Por exemplo, quando a pergunta sobre a possibilidade de se estabelecer estados dos objetos antes da medição foi apenas discursiva (sem ilustrações), apenas 3% declarou ser possível. Quando foram apresentadas questões semelhantes com imagens, as respostas mudaram consideravelmente. Em uma questão em que o elétron foi representado por círculos, sugerindo uma difração, a porcentagem de respostas que aceitaram a possibilidade de estabelecer o estado do objeto antes da medição passou a ser 25%. Em outra questão, na qual foram representadas as trajetórias do elétron por linhas pontilhadas, esse percentual aumentou para 40%.

Esses resultados indicam que as questões de ordem epistemológica influenciam diretamente a compreensão dos fenômenos quânticos. No entanto, o que se prioriza nos cursos de MQ é, basicamente, o domínio do formalismo matemático em variados contextos de aplicação. Esse assunto será abordado na próxima seção.

### 3.3.3 Nível semântico

A última questão abordada é sobre a relação entre *linguagem* e *realidade*. No âmbito da MQ, poder-se-ia questionar o que a teoria *descreve* afinal. Mais precisamente, o que as estruturas formais e conceituais da teoria referenciam.

As dificuldades semânticas mais notáveis da MQ originam-se da entidade matemática que ela usa para descrever os sistemas físicos, a saber, a função de onda  $\psi$ . Quando comparada com a mecânica clássica, que especifica todas as propriedades de um sistema, tais como velocidade e posição de seus componentes, a MQ fornece uma descrição mais *indireta*, que de todo modo está completamente sujeita a interpretações semânticas. Assim, questiona-se: Qual é afinal o estatuto semântico da função de onda  $\psi$ ? O que ela referencia? Ela descreve a própria realidade física independentemente das observações ou descreve o conhecimento parcial que se pode ter dela? Ela descreve sistemas de apenas um elétron, por exemplo, ou serve apenas para conjuntos deles?

Há respostas que indicam que a MQ descreve a realidade dos objetos quânticos; há as que acreditam que ela descreva a relação entre o experimentador e o mundo quântico; e há as que a tratam como mero instrumento de previsões, não descrevendo nada em específico.

Da perspectiva do realismo semântico, a teoria quântica deve ser interpretada como referenciando a realidade externa dos objetos quânticos. Além disso, a verdade é admitida como uma correspondência entre enunciado e realidade. Portanto, caso se admita, desde um ponto de vista epistêmico, que a teoria quântica é verdadeira ou aproximadamente verdadeira, o realismo semântico sugere que existe uma correspondência entre a estrutura da teoria quântica e a realidade externa dos *quanta*. Nesse caso, deve-se questionar quais os elementos da estrutura formal da teoria correspondem ao estado da realidade quântica. Uma das possíveis respostas realistas a essa questão, interpreta a função de onda  $\psi$  como o estado de um objeto ou sistema quântico.

Uma interpretação possível é a que atribui uma realidade puramente ondulatória à função de onda  $\psi$ . Assim, a onda descrita pelo objeto matemático, representada por  $\psi$ , corresponde à estrutura de uma *onda real* que evolui de acordo com a descrição formal. Além dessa onda, não há mais nada a ser descrito, segundo essa perspectiva. Consoante Pessoa Jr. (1997), essa onda não é uma realidade concreta que possa ser observada. Trata-se de uma realidade em potencialidade.

Outra interpretação que atribui realidade à função de onda  $\psi$  é a de David Bohm (BETZ, 2014). Nessa interpretação, a função de onda  $\psi$  descreve o estado de um campo quântico associado a uma configuração de partículas com propriedades bem definidas. Nesse caso, não existe superposição de estados, uma vez que as partículas seguem trajetórias definidas de acordo com a evolução do campo quântico. Independentemente das particularidades de cada interpretação realista, os níveis formais e conceituais, caso sejam verdadeiros, representam a forma como o mundo quântico é.

Por sua vez, desde a perspectiva do idealismo semântico, a MQ descreve a relação entre o sujeito e o objeto, e não a realidade independente da mente. Vale ressaltar que o idealismo semântico, não necessariamente, requer idealismo ontológico. Pode-se entender que uma determinada teoria não referencia uma realidade, mesmo acreditando-se que essa exista. Nesse ponto, classificam-se duas respostas que negam a correspondência entre a descrição da teoria e a realidade dos *quanta*. Em um primeiro caso, aceita-se a possibilidade de fazer-se descrições sobre a realidade objetiva, mas esse não é o caso da MQ. Na denominada *interpretação estatística*, por exemplo, a função de onda  $\psi$  representa uma descrição estatística de um conjunto de partículas, mas *não* representa uma descrição do que ocorre com objetos individuais.

Em outro caso de idealismo semântico, nega-se a possibilidade de se descrever a realidade quântica sem referenciar, também, o sujeito. Segundo Karakostas e Hadzidaki (2005), o formalismo da MQ permite uma descrição da realidade que é codeterminada pela especificação de um contexto de medição. Assim, somente quando os objetos quânticos ganham uma identidade bem definida dentro de um contexto experimental concreto é que podem ser descritas. Nesse sentido, a MQ não oferece descrições de como as entidades quânticas realmente são, independentemente do sujeito. O que também não quer dizer que essa seja uma descrição subjetiva de todo modo, uma vez que as especificações dos contextos de medição são igualmente válidas para todos os sujeitos.

Ainda há uma terceira posição em que se julga *desnecessário* ou *sem sentido* atribuir à MQ tanto o estatuto de descrição da realidade externa quanto o estatuto de conhecimento parcial do sujeito. A posição instrumental abstém-se de achar um referente para a teoria e a usa apenas como uma ferramenta capaz de fazer previsões teóricas de medições. A interpretação positivista da MQ é uma das interpretações correntes que se aproxima dessa visão.

### 3.3.3.1 Implicações no ensino

No âmbito do ensino da MQ, a questão semântica pode ajudar a estabelecer estratégias de como relacionar a descrição formal-matemática da teoria com seu nível conceitual. Além disso, produz reflexões sobre qual é estatuto semântico de tais descrições, ou seja, o que afinal elas referenciam. A mesma estrutura formal matemática básica da MQ pode produzir diferentes descrições conceituais de acordo com a interpretação. Como foi analisado acima, o significado físico dos termos matemáticos é alvo de controvérsia. Nesse ponto, julga-se indispensável uma ampla reflexão conceitual do formalismo no ensino de MQ, pois, caso isso não seja feito de forma explícita e recorrente, os estudantes o farão por si mesmos e de forma desassistida. Como analisado na questão ontológica, os estudantes tendem a utilizar os conceitos de forma clássica ou contraditória, o que os conduz ao erro na descrição experimental dos fenômenos.

Uma questão associada à descrição conceitual da teoria quântica está associada à tendência de *visualização* dos fenômenos quânticos. Ou seja, os estudantes tendem a imaginar o quantum. Segundo Montenegro e Pessoa Jr. (2002), as imagens dos estudantes do quantum são fortemente associadas à imagem corpuscular clássica. Os alunos, em entrevista, descrevem o elétron como sendo uma *bolinha que gira em torno de si mesma*. Esse resultado repete-se na pesquisa de Greca e Moreira (1999) com estudantes de cursos de Física e Engenharia, para os quais o elétron é considerado uma partícula clássica com propriedades bem definidas.

De modo geral, os estudantes não sabem como conciliar as imagens corpusculares com as ondulatórias. Uma abordagem mais ampla dos problemas semânticos relacionados à função de onda  $\psi$ , por exemplo, pode ajudar na estratégia de confrontar essas ideias prévias dos estudantes. Diferentes interpretações têm implicações diferentes nessa evolução conceitual. As posições *realistas dualistas*, por exemplo, podem ser um primeiro passo na tentativa de conciliar os aspectos ondulatórios e corpusculares, uma vez que abordam as duas dimensões de forma concomitante. A posição dos *coletivos estatísticos*, por outro lado, dão menos importância para a visualização, pois de todo modo a função de onda  $\psi$  corresponde ao conhecimento estatístico que se pode ter dos *quanta* e não que ela descreva a situação tal como é. A interpretação da *complementariedade*, por sua vez, enfatiza o aspecto completamente instrumental da função de onda  $\psi$ , uma vez que entendem que esta não corresponde a qualquer fenômeno real, mas que são úteis para se fazer previsões.

Em seu conjunto, as diversas perspectivas na análise do significado do formalismo matemático da MQ poderiam oportunizar um confronto com as ideias prévias dos estudantes. No entanto, uma atitude típica nos cursos de MQ é a abordagem quase exclusivamente matemática da teoria. Greca e Moreira (1999) destacam que, ao final de um curso de MQ, os estudantes são capazes de manipular com destreza o formalismo matemático da teoria e, no entanto, atribuem pouco significado físico a ele. E quando o fazem, está geralmente errado. Isso reforça a impressão latente de que nos cursos de física haja valorização do domínio matemático em detrimento das outras dimensões do conhecimento.

Segundo Johansson et al. (2018), a ênfase no cálculo não é uma particularidade do ensino MQ, mas, sim, do ensino de física de modo geral. Nas disciplinas de MQ, os alunos ouvem seus instrutores, leem a literatura básica e resolvem problemas, da mesma forma como é feito em todas as disciplinas anteriores. Neste contexto, a novidade da MQ, em relação às disciplinas de física clássica, acaba sendo mais a aquisição de novas formas de *calcular* do que novas formas de *compreender* a realidade (JOHANSSON et al. 2018). Os estudantes são estimulados a aprender o formalismo, aplicando-o em diversos exemplos de problemas, principalmente resolvendo a equação de Schrödinger para diversas situações. Ainda segundo os autores (2018), a abordagem do “calem a boca e calculem” subentendida nos cursos de MQ conduz a uma cultura *elitista* da física, na qual as expectativas do que um físico deveria ser podem servir como instrumento para excluir tanto a diversidade de pessoas quanto as questões da física. A prática dos cursos de física focada em cálculos acaba por selecionar e formar o tipo de alunos que continuam no curso. A competência para continuar no curso está fortemente associada ao gerenciamento do formalismo matemático, enquanto outras competências, tais como pensamento crítico e curiosidade, são subvalorizadas. Essas são algumas implicações sociológicas da matematização excessiva.

Neste capítulo, foram apresentadas algumas correlações entre as questões fundamentais em ontologia e epistemologia desta pesquisa com o ensino de MQ. O objetivo desta etapa foi contextualizar a possibilidade de aplicar-se efetivamente tal abordagem no âmbito do ensino de ciências. Constatou-se, por meio de análises de pesquisas referentes a concepções de estudantes sobre a MQ, que algumas dificuldades de aprendizagem estão diretamente correlacionadas com aspectos ontológicos e epistemológicos da teoria. Os principais resultados indicam que os estudantes possuem concepções privadas (incomensuráveis com as vigentes) e instáveis (variam de acordo com o problema). Além

disso, os estudantes predispõem-se a defender uma versão oficial, mas não parecem entender os motivos de sua validade.

Alguns autores apontam que os cursos de MQ tendem a desvalorizar os aspectos conceituais da teoria e a enfatizar exclusivamente o domínio do formalismo matemático. Diante desse cenário, o que resulta são alunos que manipulam com alguma habilidade o formalismo da teoria, mas não são capazes de descrever fisicamente o que ocorre em experimentos típicos, tal como a experiência da fenda dupla.

Neste capítulo, priorizou-se a análise das implicações educacionais dos pressupostos de apenas uma teoria da Física, no caso, a Mecânica Quântica. No entanto, esse tipo de análise pode ser aplicado em qualquer outro conteúdo do ensino de ciências, uma vez que todas teorias científicas possuem particularidades ontológicas/epistemológicas e, tal como na MQ, o reconhecimento de seus pressupostos afeta diretamente a compreensão da teoria. Se esse for o caso, não deveriam os elementos ontológicos/epistemológicos das teorias ter um papel de destaque no ensino de ciências? Na prática, isso não ocorre. Efetivamente, esses aspectos recebem pouco – ou nenhum – destaque nas práticas educacionais vigentes. No entanto, contrariando a postura habitual, defende-se, aqui, a tese de que é função da educação científica oportunizar o reconhecimento dos pressupostos científicos e as reflexões a eles associadas.

Diante dessa proposição, propõe-se as seguintes questões. Como os pressupostos científicos podem ser abordados no ensino? Devem, por exemplo, ser abordados de forma implícita ou explícita? Qual o momento mais adequado para oportunizar-se tais reflexões? Até que nível de profundidade essas discussões são produtoras? Essas questões são abordadas no próximo item deste estudo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta pesquisa era analisar as implicações de diferentes ontologias e epistemologias na educação científica. A análise como um todo foi orientada por quatro questões fundamentais, que abordam (a) as fundações da natureza, (b) a objetividade da realidade, (c) os objetos do conhecimento e (d) a possibilidade de se expressar a realidade através da linguagem. As possíveis respostas a essas questões constituem os pressupostos ontológicos e epistemológicos de diferentes perspectivas filosóficas, científicas e educacionais.

No Capítulo 1, elas foram analisadas e classificadas de acordo com seu posicionamento em um espectro de tendências filosóficas. De forma geral, foram apresentados extremos opostos das respostas e posições intermediárias que visam superar a dicotomia. No âmbito da ontologia, os extremos foram representados pelas posições que afirmam fundações da natureza (fundacionistas) e as que negam (niilistas). Como possível solução intermediária, foi apresentada a abordagem filosófica budista *Madhyamaka* (Caminho do Meio). No âmbito da epistemologia, foram analisados os extremos realistas e idealistas, e da mesma forma, foram feitas considerações epistemológicas sobre o Caminho do Meio.

No Capítulo 2, foram avaliadas as possíveis implicações e contribuições que tais pressupostos produzem na educação científica. Foram abordados temas como: conflitos entre visões de mundo dos estudantes e as visões de mundo científicas, a função dos pressupostos na argumentação e educação científicas, as dificuldades de mudança conceitual dos estudantes e o papel do conceito de verdade em uma era de pós-verdade.

Por fim, no Capítulo 3, foi apresentada uma possível contribuição desta pesquisa para o ensino de Mecânica Quântica, em que se destacaram algumas questões passíveis de serem abordadas no decorrer do estudo da teoria. No presente capítulo, avalia-se a viabilidade de se promover uma educação científica em que os elementos ontológicos e epistemológicos desempenhem uma função de destaque.

O primeiro aspecto a ser mencionado é que, assim como a prática da ciência é imbuída de pressupostos, em toda e qualquer atividade da educação científica sempre há uma concepção ontológica e epistemológica subjacente. Esse é um pressuposto da análise feita nesta pesquisa. Admite-se que, não há um discurso educacional neutro em relação às questões dessa natureza. Em atividades de laboratório, livros didáticos, lista de exercícios, aulas teóricas, avaliações, em suma, em qualquer atividade educacional, há sempre uma visão metafísica subjacente. O que ocorre na educação é que nem sempre essa visão é explicitada.

Ao contrário, na maioria dos casos ela é implícita. Na opinião de Abd-El-Khalick e Lederman (2000), o que difere instruções implícitas de explícitas sobre a natureza filosófica da ciência não é o *tipo* de atividade proposta aos alunos, mas, sim, a *abordagem* das atividades. Uma abordagem é implícita se for desprovida de qualquer discussão sobre aspecto filosófico da ciência. Por sua vez, abordagem é explícita se os alunos tiverem oportunidades para refletir sobre práticas científicas dentro de um quadro conceitual que promova a discussão de alguns aspectos filosóficos. Sendo assim, o que caracteriza uma instrução explícita é a produção deliberada de reflexões sobre a natureza da ciência. Uma vez que não há tal coisa, como um discurso educacional isento de pressupostos ontológicos e epistemológico, não há como evitar que tais aspectos estejam presentes na educação científica. A dispensa de todo e qualquer alicerce metafísico das atividades educacionais não é uma opção que possa ser deliberada. A escolha que pode ser feita é a de que o assunto será abordado implícita ou explicitamente.

Para Niiniluoto (1999), por exemplo, a formação de cientistas é composta por dois aspectos: uma doutrinação implícita e uma instrução explícita provindas de professores, livros e colegas. Na visão do autor, há uma grande chance das concepções predominantes no ambiente educacional serem refletidas pelos estudantes, mesmo quando estas não forem propriamente explicitadas. Por exemplo, caso fosse feita uma pesquisa com um grupo de cientistas e estes defendessem que os enunciados científicos devam ser submetidos a “testes severos”, é provável, segundo o autor, que seus professores tenham inclinações popperianas, aludindo as conjecturas e refutações de Karl Popper.

Apesar de ser bastante plausível a ideia de que, em certa medida, os cientistas aprendam e reproduzam certas concepções de ciência presentes no ambiente educacional de sua formação, a relação entre estudante e o processo educacional não é tão *especular* como pressupõem essas afirmações. Evidentemente que ao final de todo processo educacional, que envolve não somente a graduação, mas também sua formação continuada em linhas de pesquisas, o cientista engendre-se em uma certa tradição epistêmica. Porém, no decorrer desse processo, o estudante desenvolve concepções próprias que nem sempre são devidamente alteradas na instrução científica. Embora a visão de que as mensagens implícitas no processo educacional sejam reconhecidas e assimiladas pelos estudantes seja bastante comum, há uma série de estudos indicando o contrário.

Para citar um desses estudos, de acordo com Clough (2006), os estudantes formaram conceitos sobre ciência profundamente enraizados que, ao menos em parte, foram constituídos de maneira implícita ao longo dos primeiros anos de educação científica. Suas experiências com atividades de laboratório estruturadas na forma de receitas, livros didáticos que relatam

os produtos finais da ciência, sem abordar o modo como o conhecimento foi desenvolvido, e os retratos da ciência e de cientistas promovidos pela mídia, desenvolvem, segundo o autor, concepções ontológicas e epistemológicas profundamente enraizadas, as quais, mais tarde, resistem a instruções implícitas. Mesmo em situações de instruções explícitas e reflexivas, projetadas particularmente para desafiar as concepções formadas dos estudantes, ocorrem dificuldades de mudança conceitual. Para Clough (2006), isso sucede porque estudantes interpretam novas experiências de acordo com uma estrutura de conhecimento desenvolvida em experiências anteriores. Sendo assim, esperar que os estudantes gerem, por conta própria, concepções adequadas sobre a natureza filosófica da ciência é inviável. Expectativas como essas, segundo o autor, apenas refletem opiniões ingênuas de como as pessoas aprendem.

Mesmo com pesquisas indicando que instruções implícitas são ineficazes na mudança conceitual dos estudantes e que orientações explícitas são necessárias, a maioria dos cursos de Ciências do Brasil concede pouco destaque ao assunto. Por exemplo, o currículo dos cursos de Física, para particularizar a discussão, é composto basicamente por disciplinas específicas de diversas áreas dessa ciência. Dessa forma, o estudante entra em contato com teorias como a Mecânica, Termodinâmica, Eletromagnetismo, Relatividade, Mecânica Quântica etc. Essas disciplinas, de modo geral, são destinadas ao estudo dos produtos científicos de cada área em específico. Isto é, salvo em situações que dependam da propensão do professor, nessas disciplinas, não são abordados explicitamente tópicos relativos às questões ontológicas e epistemológicas da respectiva área. De modo que, o estudante está condicionado a construir uma visão de mundo científica implicitamente e por própria conta. E o que, geralmente, isso produz? Caso o estudante não tenha nenhum contato com o assunto, na melhor das circunstâncias ele absorve a visão predominante do curso (NIINILUOTO, 1999), e na pior, ele mantém uma visão de ciência ingênuo e inadequada construída ao longo de muitos anos de instrução implícita (CLOUGH, 2006).

Com isso, pretende-se dizer que ao longo de cursos que formam cientistas e professores de ciência, tal como os cursos de Bacharelado e Licenciatura em Física, reflexões explícitas sobre ontologia e epistemologia são insuficientes para produzir um conhecimento legítimo sobre o assunto. Evidentemente que essa afirmação é de caráter especulativo, uma vez que não foram realizadas pesquisas no contexto de cada curso. No entanto, avaliando-se a grade curricular e as súmulas das disciplinas de alguns dos principais cursos de Física do Brasil, tal afirmação torna-se bastante plausível. De modo geral, a maioria dos cursos de Bacharelado em Física não oferta disciplina específica sobre o assunto, enquanto os de Licenciatura ofertam uma ou duas disciplinas correlatas. O *recado* subjacente a essa condição

parece ser o de que questões ontológicas e epistemológicas não são relevantes na formação de cientistas e professores. No entanto, como foi mencionado, não explicitar esses aspectos no decorrer do processo de instrução, não os tornam inexistentes, apenas os tornam velados, caracterizando uma formação de concepções de ciência, por parte do estudante, desamparada e desassistida.

Apesar de serem ainda modestos no cenário geral da educação científica, alguns cursos de ciências ofertam disciplinas cujo objetivo é propor reflexões explícitas sobre a natureza da ciência. Geralmente, disciplinas desse tipo são poucas no currículo, sendo que a situação mais típica é os cursos oferecerem uma disciplina sobre o assunto, eletiva ou obrigatória, dependendo do caso. Algumas pesquisas indicam que mesmo sendo uma discussão praticamente isolada no curso, esse tipo de abordagem provoca algum tipo de mudança conceitual nos estudantes, mesmo que incipiente. Teixeira, El-Hani e Freire Jr. (2001) destacam que os estudantes do curso de Física da UEFS, ao cursar a disciplina de Fundamentos de Física, que aborda histórica e filosoficamente questões de Mecânica Clássica, obtiveram uma mudança geral significativa e favorável referente à compreensão dos estudantes sobre a natureza da ciência. Na mesma linha, Moreira, Massoni e Ostermann (2007) realizaram pesquisa semelhante em relação à disciplina de História e Epistemologia da Física, obrigatória para o curso de Licenciatura em Física da UFRGS. Os pesquisadores apontam que a discussão das principais visões epistemológicas contemporâneas contribuiu positivamente para a evolução da visão da natureza da ciência dos estudantes.

Caso seja admitido que a legítima compreensão do processo científico envolva o reconhecimento de fatores ontológicos e epistemológicos e, ao mesmo tempo, admita-se a trivial alegação de que a educação científica deva promover a compreensão adequada da ciência, a conclusão de que a atividade educacional deva abordar esses aspectos de forma explícita é inevitável. Assim, entende-se que é *tarefa* da educação científica explicitar, ao menos em algum grau, concepções ontológicas e epistemológicas das teorias e atividades científicas. Aqui, serão sugeridas algumas possíveis abordagens de como realizar tal tarefa no contexto do ensino. Essas sugestões serão distinguidas em três questões: (a) *O que fazer?* (b) *Como fazer?* e (c) *Quando fazer?* A primeira questão refere-se ao que pode ser feito para que as concepções ontológicas e epistemológicas estejam presentes na atividade educacional de forma explícita. A segunda, refere-se a quais perspectivas filosóficas poderiam – ou deveriam, se é que seja o caso – ser adotadas no contexto educacional. A terceira, refere-se à reflexão sobre qual seria o melhor momento da formação científica do estudante para que considerações como essas possam ser feitas.

No que se refere à primeira questão, a do que fazer para abordar tais concepções ontológicas e epistemológicas, sugere-se as seguintes reflexões.

Considera-se imprescindível que, para a compreensão dos conteúdos científicos, o estudante seja capaz de identificar a existência e a função dos pressupostos na argumentação científica. Para tanto, deve-se, primeiro, *problematizar a possibilidade de neutralidade de pressupostos na ciência*. Para tanto, os estudantes devem ser orientados a avaliar de que forma as hipóteses e as evidências científicas estão associadas a *ideias prévias* e refletir sobre a inviabilidade de se construir hipóteses e interpretar observações sem as mesmas. Segundo, deve-se *explicitar os pressupostos da teoria científica abordada*. Ao longo do século XX, houve um esforço crescente dos filósofos no sentido de identificar pressupostos científicos, de modo que, atualmente dispõe-se de muitas análises para essa finalidade. Por exemplo, deve-se saber identificar alguns dos pressupostos típicos de teorias como a Mecânica Newtoniana, a Mecânica Quântica ou a Teoria da Relatividade. E terceiro, deve-se *diferenciar o estatuto dos pressupostos do estatuto das conclusões científicas*. Ou seja, o estudante deve estar ciente de que os pressupostos científicos não são *produtos* do método científico, mas, antes disso, são o que o viabiliza em primeiro lugar. Assim, nem todas as afirmações de uma argumentação científica são postas à *prova empírica*. Enquanto as conclusões científicas são hipóteses apoiadas por observação, os pressupostos são ideias presumidas que possibilitam que um conjunto de observações possa ser interpretado como evidência. Logo, a justificação empírica não deve ser utilizada para se justificar pressupostos, uma vez que as evidências contêm os próprios pressupostos que se pretendia justificar. A justificação dos pressupostos deve, portanto, envolver outros aspectos teóricos, tais como seu valor pragmático ou simplicidade. Também é importante notar que a possibilidade de reconhecer-se pressupostos e diferenciar o seu estatuto das hipóteses científicas não implica em uma visão de neutralidade no sentido pretendido pelos positivistas. Não é o caso de a metafísica de uma teoria ser apartada dos demais elementos, tais como as hipóteses e evidências. A distinção entre metafísica e hipóteses científicas não é possível. A metafísica está presente em todas as etapas da argumentação científica. O que se destaca aqui é que seja possível reconhecer pressupostos de ordem metafísica em qualquer conjunto de hipóteses e evidências, e reconhecer que as ideias prévias não recebem apoio empírico, justamente, por constituírem a própria observação.

Em suma, não existe tal coisa como um método livre de pressupostos. Há muito mais do que observação, elaboração e teste de hipóteses em qualquer interpretação científica. Não existe uma teoria científica que seja formada meramente pelo exame de evidências empíricas e nada mais. Do ponto de vista educacional, é alarmante que estudantes, possíveis futuros

cientistas e professores, não tomem ciência disso no decorrer de sua formação. Além disso, no decorrer da análise ficou evidente que não há apenas um conjunto de pressupostos compatíveis com o fazer científico. A pesquisa mostrou que há várias posições vigentes em ontologia e epistemologia, e que, apesar de haver mais propensão a umas do que outras, a questão está longe de ser incontroversa.

Sendo assim, a segunda questão de reflexão, a de *como fazer*, refere-se à indagação de qual concepção é a mais adequada para os propósitos da educação científica. Para considerar-se que, de fato, há variadas formas de interpretar as teorias científicas, todas, sem exceção, apresentam restrições quanto ao campo de sua validade, o que quer dizer que nenhuma posição está livre de dificuldades de aplicação (sejam conceituais, filosóficas ou metodológicas). Embora todas tenham limitações, não significa que elas sejam equivalentes entre si. Pelo contrário, uma ou outra pode se mostrar mais ou menos funcional de acordo com o contexto de aplicação. Outra consideração necessária é a de que as muitas posições não são igualmente defendidas e aceitas. Existe certamente a predominância de algumas. No entanto, a pluralidade de perspectivas filosóficas na ciência é um aspecto suficientemente forte, para se poder considerar as muitas perspectivas incompatíveis entre si como escolas filosóficas concorrentes, muitas das quais estão em plena atividade científica, especialmente no que se refere à ciência avançada, na qual as múltiplas interpretações são abundantes.

Apesar de, nesta pesquisa, ter sido feita a análise de apenas um pequeno recorte de teorias em ontologia e epistemologia da ciência, entende-se que o espectro de classificação sugerido (ontologias fundacionistas / não fundacionais e epistemologias realistas / antirrealistas) contemplaria a categorização de muitas teorias alternativas não analisadas aqui por falta de espaço. No cenário da pesquisa educacional, essa condição é semelhante. Inúmeras correntes educacionais divergem sobre as pautas ontológicas e epistemológicas adequadas ao contexto do ensino de ciências. Em decorrência disso, apresentam implicações das mais diversas, dentre as quais, algumas foram analisadas no decorrer desta pesquisa.

Diante desse contexto, como deve proceder o professor relativamente à posição filosófica a ser adotada em sala de aula? Uma vez que a questão é marcada por um profundo desentendimento tanto no âmbito filosófico-científico quanto no teórico-educacional, entende-se que não há razão para que se promova *obrigatoriamente* qualquer posição em particular durante o processo educacional. Assim, o que se defende aqui é uma *liberdade epistêmica*, com algumas ressalvas.

Neste estudo, liberdade epistêmica representa a ideia de que não faz parte dos compromissos da educação científica convencer os alunos a aderirem a uma determinada

visão de mundo. Tampouco é função de teóricos da educação arbitrarem sobre a posição metafísica que deve ou não ser abordada em sala de aula. Nenhum agente educacional, sejam eles pesquisadores, sejam professores, deve atuar como um censor epistêmico e decidir por decreto as questões e soluções ontológicas e epistemológicas pertinentes ao ensino. A liberdade epistêmica opõe-se à censura epistêmica – ideia de que existe uma visão particular que deva ser promovida e todas as demais combatidas. Trata-se da condição em que o professor pode abordar as limitações e contribuições das muitas posições filosóficas, sem a necessidade de se comprometer particularmente com alguma. Isso não quer dizer que o professor esteja autorizado a promover qualquer tipo de interpretação, ou que qualquer uma sirva. A ideia de que o professor não se sinta obrigado a promover visões específicas não implica na isenção de toda e qualquer responsabilidade epistêmica. Sua atuação deve ser no sentido de explicitar os problemas filosóficos típicos das teorias científicas e promover reflexões sobre as contribuições e limitações de, ao menos, algumas escolas vivas; e não meramente promover suas convicções particulares livremente. O que, também, não quer dizer que o professor não possa ter preferência e expressá-la. Apesar do professor não ser obrigado a promover uma visão em especial, não significa que não possa defender alguma dentre elas. Contrariamente, a liberdade epistêmica garante que se possa defender posições, desde que isso venha acompanhado das justificações e problematizações. Caso contrário, sua defesa estará sob o risco de tornar-se proselitismo.

E como justificar e problematizar? Foi visto que pressupostos ontológicos e epistemológicos não são justificados empiricamente nem por autoevidência. Isto é, eles não são provados por nenhuma forma de evidência. Assim, deve-se recorrer a outros valores teóricos além do empírico para justificá-los, tais como seu valor pragmático, por exemplo. A problematização envolve discorrer sobre as dificuldades que determinadas visões enfrentam em certas áreas científicas, sendo que nas pesquisas de ponta esses problemas mostram-se mais evidentes. Além disso, o professor deve estar ciente de algumas possíveis implicações educacionais de abordar-se uma ou outra posição.

Nesta pesquisa, procurou-se mostrar algumas delas para um espectro de posições. No âmbito da ontologia, discorreu-se sobre os conflitos entre as visões de mundo fundacionistas da ciência e visões metafísicas, e não naturalistas variadas dos estudantes. No âmbito da epistemologia, discorreu-se sobre o típico conflito entre realistas e construtivistas para estabelecer-se uma alternativa às frequentes visões empiristas ingênuas. Talvez, a maior contribuição desta pesquisa tenha sido incluir possíveis avaliações da abordagem filosófica budista *Madhyamaka*, o Caminho do Meio, como alternativa tanto às posições fundacionistas

em ontologia quanto em epistemologia. O que difere o Caminho do Meio das posições típicas ocidentais é que esta não representa uma posição filosófica propriamente dita, mas, antes disso, representa uma atitude em relação a toda e qualquer posição. Dessa forma, o que se defende a partir dela não é que certas posições representem melhor o estado último das coisas, mas, sim, que algumas ideias podem ter um valor instrumental na tentativa de compreender-se autenticamente o real. De qualquer modo, toda ideia deve ser superada para não se confundir as definições teóricas com a realidade em si.

Algumas ressalvas devem ser feitas sobre a inclusão do Caminho do Meio nesta análise. É preciso destacar que a finalidade originária dessa filosofia é soteorológica e espiritual, de modo que suas aplicações científicas e educacionais representam um deslocamento do contexto para o qual foi criada. No âmbito científico e filosófico, no entanto, essas ideias podem ser encontradas com relativa facilidade. No âmbito educacional, em contrapartida, não foram encontrados textos que abordassem o assunto especificamente. O que se fez nesta pesquisa, portanto, representa apenas um esboço incipiente do que poderia ser a aplicação de alguns conceitos do Caminho do Meio no processo educacional. Independentemente das limitações da pesquisa, entende-se que algumas perspectivas do Caminho do Meio produzem, no âmbito educacional, reflexões e soluções de caráter instrumental, cujas características não recaem nem em *relativismo* nem em *dogmatismo*, uma vez que não atribui o mesmo valor instrumental a todas as ideias e, ao mesmo tempo, rejeita toda descrição teórica como representação última das coisas. De forma que, visões intermediárias, inspiradas nessa abordagem filosófica, podem ser profícuas, caso sejam aprofundadas. Nesta pesquisa, fez-se algumas modestas sugestões. Assim, o que se entende por liberdade epistêmica pode ser resumido em:

- não precisar promover uma visão em particular;
- ter liberdade para abordar visões contraditórias vigentes; e
- poder expressar preferências.

Com a condição de:

- justificar as escolhas;
- problematizar seus âmbitos de aplicação e suas limitações; e
- estar ciente de possíveis implicações.

A terceira questão discutida neste estudo é a relativa a *quando* fazer a abordagem ontológica e epistemológica. Como foi mencionado no começo deste capítulo, esse tipo de abordagem não é algo que tradicionalmente dispense-se muita atenção nas graduações de Ciência em geral, e de Física, em particular. Usualmente, são disponibilizadas poucas disciplinas, quando o são, em alguns cursos da área. O que se sugere aqui, é que disciplinas isoladas e em pouca quantidade, apesar de poderem provocar algumas reflexões imediatas, não são suficientes para contemplar uma compreensão sobre o assunto à altura do que se espera de um cientista ou professor recém-formado. O que se defende aqui é que as abordagens ontológica e epistemológica sejam complementares aos aspectos formais-matemáticos, conceituais e experimentais das teorias. Não há como desassociá-los. Assim, propõe-se que essas reflexões devam ser produzidas concomitantemente com a apresentação dos conteúdos científicos. Ou seja, trata-se de abordagens que poderiam ser feitas, em maior ou menor grau, durante as disciplinas específicas de cada área da ciência. Geralmente, nos cursos de Física, as disciplinas dividem-se em teóricas e experimentais. Assim, há disciplinas que se destinam a abordar os aspectos conceituais e matemáticos de uma teoria, e outras, realizadas em laboratórios, que são destinadas a abordar os aspectos experimentais das mesmas. Aqui, defende-se que os aspectos ontológicos e epistemológicos possam ser acrescentados a essas disciplinas sem que isso comprometa a ênfase original à qual se destinam. No decorrer da explanação dos conteúdos, o professor pode fazer algumas considerações no sentido de explicitar pressupostos de cada teoria ou prática experimental e delimitar suas aplicações.

A maior ou menor ênfase nesse assunto fica a cargo do interesse dos estudantes e do professor em aprofundá-lo ou não. Não há exatamente uma medida prévia de quanto deve ser enfatizado em cada contexto. A ideia central é que, se esse tópico for discutido de forma recorrente ao longo do curso, e for aprofundado gradativamente, aumenta-se consideravelmente a chance de ao final de sua formação, o estudante estar ciente de suas próprias visões, das problematizações a elas cabíveis e de suas principais rivais. Vale ressaltar que não é o caso de, com essa abordagem concomitante, poder-se dispensar disciplinas específicas de ontologia e epistemologia da ciência. Pelo contrário, estas podem exercer a função de concentrar as reflexões que vão sendo propostas ao longo das disciplinas.

Aqui, julga-se plausível a ideia de incluir esse tipo de reflexões no decorrer das disciplinas teóricas e experimentais dos cursos científicos, sem que com isso haja comprometimento da qualidade das abordagens originais. Justamente no Capítulo 3 desta

pesquisa, pretendeu-se mostrar como isso poderia ser aplicado no contexto do ensino de Mecânica Quântica, embora, possa servir para qualquer outra área.

Para finalizar, entende-se que as sugestões anteriormente apresentadas – caso sejam desejáveis aos propósitos de uma educação científica reflexiva – não exigem drásticas mudanças institucionais. Mais do que qualquer outra coisa, exigem um certo tipo de postura por parte dos professores ante os conteúdos científicos. Tal postura consiste em criar oportunidades deliberadas de reflexões sobre a natureza do pensamento científico. Em tese, a recorrência e gradual aprofundamento de abordagens epistêmicas ao longo do processo educacional ajudaria a reverter o constrangedor cenário de estudantes, cientistas e professores incapazes de discorrer minimamente sobre a dimensão ontológica e epistemológica da ciência, objeto de seu trabalho.

Para tanto – da mesma forma que para se explicar sobre qualquer conteúdo em específico é necessário conhecê-lo em um grau mínimo de profundidade, a fim de que as reflexões filosóficas sejam adequadamente conduzidas – o professor deve estar capacitado para tal, estando a par dos principais problemas e soluções relativos ao assunto.

Independentemente da propensão que os professores possam ter por uma ou outra perspectiva, o esforço – para que as visões de natureza epistêmica dos estudantes não estejam à mercê da indiferença ou doutrinação – deve estar além de qualquer inclinação ideológica. Assim, a pluralidade de visões, a reflexão orientada, a contextualização e problematização de posições vigentes parecem ser muito mais proveitosas para a educação científica do que qualquer capacidade de convencimento a aderir a visões particulares.

Enfim, que se possa com isso encontrar o caminho intermediário entre o dogmatismo e o relativismo completo, entre a censura e a irresponsabilidade, entre a propaganda ideológica e o abandono epistêmico.

## REFERÊNCIAS

- ABD-EL-KHALICK, Fouad; LEDERMAN, Norman G. Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 7, p. 665-701, 2000.
- ACEVEDO DÍAZ, J.; ACEVEDO ROMERO, G. Algunas creencias sobre el conocimiento científico de los profesores de educación secundaria en formación inicial. **Bordón**, 52 (1), 5-16, 2000.
- ALTERS, B.J., Should Student Belief of Evolution be a Goal. **Reports of the National Center for Science Education**, 17, p. 15-16, 1997.
- AMES, William L. Emptiness and Quantum Theory. In: **Buddhism & Science: Breaking New Ground**. Org.: B. Alan Wallace. p. 285-304, 2003.
- BALLENTINE, L. E. The statistical interpretation of quantum mechanics, **Reviews of Modern Physics**, 42, 358-381, 1970.
- BETZ, Michel E. M. Elementos de mecânica quântica da partícula na interpretação da onda piloto. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 4, 4310, 2014.
- BEZERRA, Daniel; ORSI, Carlos. **Pura picaretagem**: como livros de esoterismo e autoajuda distorcem a ciência para te enganar. Saiba como não cair em armadilhas! São Paulo: LeYa, 2013.
- BOHM, David. A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of "Hidden" Variables. I. **Physical Review**. v. 85, n. 2, p. 166-180, 1952.
- BOHR, Niels. **The Quantum Postulate and the Recent Development of Atomic Theory**. Nature, 1927. p. 580-590. Disponível em:  
<[http://www.informationphilosopher.com/solutions/scientists/bohr/Como\\_Nature.pdf](http://www.informationphilosopher.com/solutions/scientists/bohr/Como_Nature.pdf) >  
Acesso: junho de 2018.
- BUNGE, Mario Augusto. **Semantics II: Interpretation and Truth**. Boston: D. Reidel Publishing Company, 1974.
- BUNGE, Mario Augusto. **Caçando a Realidade**: a luta pelo realismo. Tradução: Gita Guinsburg. São Paulo: Perspectiva, 2010.
- BUNGE, Mario Augusto. **Matéria e Mente**. Tradução: Gita Guinsburg. São Paulo, Perspectiva, 2017.
- BYRNE, Rhonda. **The secret**. New York: Simon & Schester, 2006.
- CARVAJAL CANTILO, Enna; GÓMEZ VALLARTA, María del Rocío. Concepciones y representaciones de los maestros de secundaria y bachillerato sobre la naturaleza, el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias. **Revista Mexicana de Investigación Educativa**, 7 (16): 577-602, 2002.

CHI, Michelene T.H. Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. In S. Vosniadou (Ed.), **Handbook of research on conceptual change** Hillsdale, NJ: Erlbaum, p. 61-82, 2008.

CLAYTON, Philip. Unsolved dilemmas: the concept of matter in the history of philosophy and in contemporary physics. In: DAVIES, Paul; GREGERSON, Niels Henrik (Orgs.). **Information and the Nature of Reality From Physics to Metaphysics**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

CLOUGH, Michael P. Learners' Responses to the Demands of Conceptual Change: Considerations for Effective Nature of Science Instruction. **Science Education** 15: p. 463–494, Springer, 2006.

COBERN, William W. The nature of science and the role of knowledge and belief. **Science & Education**, 9, p. 219–246, 2000.

COBERN, William W.; LOVING, Cathleen C. An Essay for Educators: Epistemological Realism Really Is Common Sense. **Science & Education**, 17, p. 425-447, 2007.

COLETTI, R. Presuppositions and the challenge to objectivity in late-modern philosophy of science: causes and possible remedies. **Koers**, 72(4), p. 583-602, 2007.

COMTE-SPONVILLE, A. **Apresentação da filosofia**. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

DAVID, Marian. The Correspondence Theory of Truth. **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. Edward N. Zalta, 2016. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/archives/fall2016/entries/truth-correspondence/>>. Acesso: maio de 2018.

DERRIDA, Jacques. **A escritura e a diferença**. São Paulo: Perspectiva, 1971.

DOWNING, Lisa. George Berkeley. **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. Edward N. Zalta. 2013. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/archives/spr2013/entries/berkeley/>>. Acesso: abril de 2018.

EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas**. 13. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1979.

EL-HANI, Charbel Niño; SEPULVEDA, Claudia. Analisando as relações entre educação científica e educação religiosa I: Professores de Ciências podem evitar o fisicalismo? In: MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M.; COSTA, S. C. (Orgs.). **Anais do III Encontro Nacional de Pesquisa em Educação Científica**. Porto Alegre: ABRAPEC, 2001.

EL-HANI, C.; MORTIMER, E. Multicultural education, pragmatism, and the goals of science teaching. **Cultural Studies of Science Education**, 2, p. 657-702, 2007.

FERNANDES, Carolina dos Santos; MARQUES, Carlos Alberto. A contextualização no ensino de ciências: a voz de elaboradores de textos teóricos e metodológicos do Exame Nacional do Ensino Médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.17(2), p. 509-527, 2012.

FERRARO, Giuseppe. “Verdade ordinária e verdade suprema como bases dos ensinamentos budistas no pensamento de Nāgārjuna”. **Tese de doutorado** não publicada, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 2012.

FERRARO, Giuseppe. “Nem ser, nem não ser”: sugestões para um possível diálogo entre Parmênides e Nāgārjuna. Anditya Soares de Moura Costa Matos (org.). **Filosofias Gregas e Orientais: A radicalidade das origens e o desafio do diálogo atual**. Belo Horizonte: Initia Via, p. 111-125, 2013.

FERRARO, Giuseppe. Grasping Snakes and Touching Elephants: A Rejoinder to Grafiels and Siderits. **Journal of Indian Philosophy**, V. 42, p. 451-462, September, 2014.

FERRARO, Giuseppe. As duas verdades de Nāgārjuna nos comentários de Bhaviveka e Candrakirti. **Kriterion**, Belo Horizonte, n° 133, p. 43-63, 2016.

GARFIELD, Jay L. G.; COLLEGE, Smith. **Madhyamaka is Not Nihilism**. University of Melbourne Central University of Tibetan Studies, 2012.

GARFIELD, Jay L. Engaging Buddhism: Why Buddhism Matters to Contemporary. **Philosophy**, 2014.

GAUCH, Hugh G. Jr. Science, Worldviews, and Education. **Science & Education**. V. 18, p. 667–695, 2009.

GLASERSFELD, Ernest Von. Cognition, construction of knowledge and teaching. **Synthese**, 80(1), p. 121-140, 1989.

GOOD, R. G. Habits of Mind Associated with Science and Religion: Implications for Science Education’, in **Proceedings of the Sixth Conference of the International History, Philosophy, and Science Teaching Group**, Denver, CO, 2001.

GOODMAN, Charles. From Madhyamaka to Consequentialism: A Road Map. In: **Moonpaths: Ethics and Emptiness**. The Cowherds. Oxford University Press. New York, 2016.

GOODMAN, Nelson. **Ways of Worldmaking**. Indianapolis: Hacker Publishing Company, 1978.

GOSWAMI, Amit. **O universo autoconsciente: como a consciência cria o mundo material**. Tradução de Ruy Jungmann. 2.ed. Rio de Janeiro: Record: Rosa dos Tempos, 1998.

GRAY, James. Common Sense Assumptions vs. Self Evidence. **Ethical Realism**, 2010. Disponível em: <<https://ethicalrealism.wordpress.com/2010/10/24/common-sense-assumptions-vs-self-evidence/#sdfootnote2anc>> Acesso: maio/2018.

GRECA, Ileana M.; MOREIRA, Marco. A. “O que estão entendendo alunos universitários nas aulas de Mecânica Quântica? Atas. **II Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências**, 1999.

HAACK, Susan. **Philosophy of Logics**. Cambridge University Press, 1978.

HARRES, João Batista Siqueira. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.4 (3), p. 197-211, 1999.

HARRES, João Batista Siqueira. Natureza da Ciência e implicações para a educação científica. In: ROQUE, Moraes (Comp.). **Construtivismo e Ensino de Ciências – Reflexões epistemológicas e metodológicas**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2000.

HEINSENBERG, Werner. **Physics and Philosophy**. New York, Harper, 1958. Tradução em português: Física e Filosofia. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1981.

HODSON, Derek. Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*. **Taylor & Francis Group**. n.12, jan./jun., p. 25-57, 1985.

HOFFMANN, M. H. G. Learning without belief-change? **Cultural Studies of Science Education**, 2(3), p.688-694, 2007.

HOFWEBER, Thomas. Logic and Ontology. **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. Edward N. Zalta, 2017. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/archives/win2017/entries/logic-ontology/>>. Acesso: março de 2018.

HORWICH, Paul. **Truth**. Oxford: New York, 1998.

JAMMER, Max. **The Philosophy of Quantum Mechanics**. Nova Iorque: Wiley, 1974.

JOHANSSON, Anders; ANDERSSON, Staffan; SALMINEN-KARLSSON, Minna; ELMGREN, Maja. “Shut up and calculate”: the available discursive positions in quantum physics courses. **Cultural Studies of Science Education**.13, p. 205-226, 2018.

KARAKOSTAS, Vassilios, HADZIDAKI, Pandora. Realism vs. Constructivism in Contemporary Physics: The Impact of the Debate on the Understanding of Quantum Theory and its Instructional Process. **Science & Education**, 14: p. 607-629, 2005.

KRAGH, Helge. Social Constructivism, the Gospel of Science, and the Teaching of Physics. In: **Constructivism in Science Education**. A Philosophical Examination. Org. Michael R. Matthews. p. 125-137, 1998.

KUHN, Thomas S. **The structure of scientific revolutions**. Chicago: The University of Chicago Press, 1970.

LACEY, Hugh. On relations between science and religion. **Science & Education**, 5(2); p.143-153, 1996.

LADYMAN, James. **Understanding philosophy of science**. London: Routledge, 2002.

LANDÉ, Alfred. **New Foundations of Quantum Mechanics**. Cambridge University Press, 1965.

LAWSON, A.E.; WESER, J., The Rejection of Nonscientific Beliefs about Life: Effects of Instruction and Reasoning Skills. **Journal of Research in Science Teaching**, 27, p. 589–606, 1990.

LISBÔA, Roseny A.M. de; PESSOA Jr. Osvaldo F. Concepções sobre verdade na ciência: visões filosóficas de professores de física do ensino superior. **Revista de Enseñanza de la Física**. v. 27, n. Extra Nov., p. 45-52, 2015.

LOSEE, John. **Introdução histórica à filosofia da ciência**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1979.

LUCCAS, S.; BATISTA, I. L. O papel da matematização em um contexto interdisciplinar no ensino superior. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 2, p. 451-468, 2011. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132011000200013>>. Acesso: 8 jun. 2016.

MAHNER, Martin; BUNGE, Mario Augusto. Is religious education compatible with science education? **Science & Education**, 5(2), p. 101-123, 1996.

MANASSERO MAS, María Antonia; VÁZQUEZ ALONSO, Ángel. Creencias del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia. **Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado**, 37: 187-208, 2000.

MATTHEWS, Michael R. **Science teaching: the role of history and philosophy of science**; Routledge, New York and London, 1994.

MATTHEWS, Michael R. Construtivismo e o ensino de ciências: uma avaliação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.17, n.3: p. 270-294, 2000.

MATTHEWS, Michael R. Constructivism and Science Education: A Further Appraisal. **Journal of Science Education and Technology**, v.11, n.2, p. 12-134 , 2002.

MATTHEWS, Michael R. *History, philosophy, and science teaching: The new engagement*. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, v. 10, Issue 1, 2009.

MATURANA, Humberto R.; VARELA, Francisco J. **A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana**. 9.ed. São Paulo: Palas Athena, 2001.

MCMULLIN, Ernan. From matter to materialism ... and (almost) back. In: DAVIES, Paul; GREGERSON, Niels Henrik (Orgs.). **Information and the Nature of Reality From Physics to Metaphysics**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

MENDES, Fabio. O imaterialismo de George Berkeley: o realismo no “*esse é percipi*”. **Dissertação de Mestrado**, UFRGS. Orientador: André Klaudat. Porto Alegre, 2007.

MENEZES, Luís Carlos de. **A matéria: uma aventura do espírito**. Ed. Livraria da Física, 2005.

MONTENEGRO, Roberto Luiz; PESSOA Jr, Osvaldo. Interpretações da teoria quântica e as concepções dos alunos do curso de física. **Investigações em Ensino de Ciências-V7(2)**, p. 107-126, 2002.

MORAES, Roque. Análise de conteúdo. **Revista Educação**, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.

MOREIRA, Marco Antonio, MASSONI, Neusa Teresinha; OSTERMAN, Fernanda. História e epistemologia da física na licenciatura em física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n.1, p. 127-134, 2007.

MOSER, Paul K; MULDER, Dwayne H; TROUT, J. D. **A Teoria do conhecimento: uma introdução temática**. São Paulo: Martins Fontes, 2011.

MUSGRAVE, Alan. **Common Sense, Science and Scepticism: A historical introduction to the theory of knowledge**. New York: Cambridge University Press of, 1993.

NEWLAND, Guy; TILLEMANS, Tom. An Introduction to Conventional Truth. In: **Moonshadows: Conventional Truth in Buddhist Philosophy**. Oxford University Press, 2011.

NIINILUOTO, Ilkka. **Critical Scientific Realism**. Oxford Univerty Press, 1999

PESSOA Jr., Osvaldo. Interferometria, interpretação e intuição: uma introdução conceitual à física quântica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 27-48, mar. 1997.

PESSOA Jr., Osvaldo. As Interpretações da Física Quântica. In: AGUILERA-NAVAÇO, M.C.K.; AGUILERA NAVARRO, V.C.; GOTO, M. **Anais III Semana de Física**, Editora UEL, p. 137-87. Londrina 1998.

PESSOA Jr., Osvaldo. O Sujeito na Física Quântica. In: OLIVEIRA, E. C. (org.), **Epistemologia, Lógica e Filosofia da Linguagem – Ensaios de Filosofia Contemporânea, Núcleo de Estudos Filosóficos UEFS**, p. 157-96. Feira de Santana, 2001.

PESSOA Jr., Osvaldo. **Conceitos de física quântica**. São Paulo: Ed. Livraria da Física, v. 1, 2003.

PIETROCOLA, Maurício. Construção e realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o Ensino de Ciências através de modelos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.4, n.3, p. 213-227, 1999.

PIETROCOLA, Maurício. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.19, n.1, p. 89-109, 2002.

PYKACZ, Jarosław. Quantum Physics, Fuzzy Sets and Logic. **SpringerBriefs in Physics**, University of Gdańsk, Gdańsk, Poland, 2015.

PINCH, T. Generations of SSK. **Social Studies of Science**, 23, p. 363-373, 1993.

POMEROY, D. Implications of teachers' beliefs about the nature of science: Comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. **Science Education**, 77 (3): 261-278, 1993.

- PORLÁN ARIZA, Rafael; RIVERO GARCÍA, Ana; MARTÍN DEL POZO, Rosa. Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: estudios empíricos y conclusiones. **Enseñanza de las Ciencias**, 16 (2), 271-288, 1998.
- PRIEST, G.; SIDERITS, M.; TILLEMANS, T. J. F. The (two) truths about truth. In The Cowherds (Ed.), In: **Moonshadows: Conventional truth in Buddhist philosophy**. Oxford: Oxford University Press, p. 131-150, 2011.
- PUTNAM, Hilary. **Reason, truth, and history**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1981.
- PUTNAM, Hilary. Realism and Reason. **Philosophical Papers**, v. iii. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1983.
- RESCHER, Nicholas. **Scientific realism**. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1987.
- ROBSINSON, William, Epiphenomenalism. **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. Edward N. Zalta (ed.), 2015. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/archives/fall2015/entries/epiphenomenalism/>>. Acesso: março de 2018.
- ROTH, W-M.; ROYCHDHURY, A. Physics students epistemologies and views about knowing and learning. **Journal of Research in Science Teaching**, 31(1):5-30, 1994.
- RORTY, Richard. The World Well Lost. **Journal of Philosophy**, 69: p. 649-665, 1972.
- ROUX, S. Forms of mathematization (14th-17th centuries). **Early Science and Medicine, Leiden**, v.15, n.4-5, p. 319-337, 2010.
- SCHAFFER, Jonathan. Monism. **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. Edward N. Zalta (ed.), 2016. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/archives/win2016/entries/monism/>>. Acesso em: set 2017.
- SEARLE, John R. **The construction of social reality**. New York: The Free Press, 1995.
- SETTLE, Tom. How to avoid implying physicalism is true: a problem for teachers of Science. **International Journal of Science Education**, 12:3, p. 258-264, 1990.
- SINGH, Chandralekha; MARSHMAN, Emily. A Review of Student Difficulties in Upper Level Quantum Mechanics. **Physics Education Research**. 11(2), 2015
- SIDERITS, Mark; GARFIELD, Jay L. Defending the Semantic Interpretation: A Reply to Ferraro. **Journal of Indian Philosophy**. Springer Science+Business Media Dordrecht, 2013. Disponível em: <http://www.sjsu.edu/people/anand.vaidya/courses/comparativephilosophy/s1/Defending-the-Semantic-Interpretation-by.-M.-Siderits-and-J.-Garfield.pdf>. Acesso: maio de 2018.
- SILVEIRA, Fernando Lang. A filosofia da ciência e o ensino de ciências. **Em Aberto**, Brasília, ano 11, n.55, jul./ set. 1992.

SILVEIRA, Fernando Lang. **Questões de Física na prova de Ciências da Natureza no ENEM 2012– 2013**. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Quest\\_Fisica.pdf](http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Quest_Fisica.pdf)>. Acesso: ago de 2013.

SMITH, M. U.; SIEGEL, H. Knowing, believing, and understanding: What goals for science education? **Science & Education**, 13, 553-582, 2004.

SPIRKIN, Alexander. Dialectical materialism. Moscow: Progress Publishers, 1983.

STOLJAR, Daniel; DMANJANOVIC, Nic. The Deflationary Theory of Truth. **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. Edward N. Zalta (ed.), 2014. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/archives/fall2014/entries/truth-deflationary/>>. Acesso: maio de 2018.

STOLJAR, Daniel. Physicalism. **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. Edward N. Zalta (ed.), 2017. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/archives/win2017/entries/physicalism/>>. Acesso: março de 2018.

STUBENBERG, Leopold. Neutral Monism. **The Stanford Encyclopedia of Philosophy** (Summer 2018 Edition), Edward N. Zalta (ed.), 2018. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/archives/sum2018/entries/neutral-monism/>>. Acesso: março de 2018.

TEIXEIRA, E. S; EL-HANI, C; FREIRE, 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**, Belo Horizonte, v. 1, n.3, p.111-123, 2001.

VARELA, Francisco; THOMPSON, Evan; ROSCH, Eleanor. **A mente incorporada: ciências cognitivas e experiência humana**. Porto Alegre: Artmed, 2003.

WALLACE, Alan B. **Choosing Reality: A buddhist view of Physics and the Mind**. New York: Snow Lion Publication, 2003.

WALLACE, Alan B. **Ciência Contemplativa – Onde o Budismo e a Neurociência se encontram**. Tradução Carmem Fischer. Cultrix, 2009a

WALLACE, Alan B. **Dimensões Escondidas: a unificação de Física e Consciência**. Tradução Lúcia de Brito. São Paulo, Peirópolis, 2009b.

WESTERHOFF, Jan. **Nagarjuna's Madhymaka: A Philosophical Introduction**. Oxford University Press, 2009.

WESTERHOFF, Jan. Madhyamaka and Modern Western Philosophy: A Report. In: **Buddhist Studies Review**, 33(1-2):281-302. January 2017a.

WESTERHOFF, Jan Christoph, Nāgārjuna. **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**, Edward N. Zalta (ed.), 2017b. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/archives/spr2017/entries/nagarjuna/>>. Acesso: maio 2018

WHITEHEAD, A.N. **An Enquiry Concerning the Principles of Natural Knowledge**. NY: Dover, 1982.

WOOLNOUGH, B. On the fruitful compatibility of religious education and science. **Science & Education**. v.5, n.2, p. 175-183, 1996.

YOUNG, James O. The Coherence Theory of Truth. **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. Edward N. Zalta (ed.), 2016. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/archives/win2016/entries/truth-coherence/>>. Acesso: maio de 2018.

ZYLBERSZTAJN, Arden. Revoluções científicas e a ciência normal na sala de aula. In: MOREIRA, M. A. & AXT, R. **Tópicos em ensino de ciências**. Porto Alegre: Sagra, 1990.