

**A RECONSTRUÇÃO
HISTÓRICO-
EPISTEMOLÓGICA COMO
PROCEDIMENTO
METODOLÓGICO PARA
PESQUISAS EM ENSINO DE
FÍSICA: UMA
SISTEMATIZAÇÃO A PARTIR
DA TEORIA DAS ONDAS DE
MATÉRIA DE LOUIS DE
BROGLIE**

**HISTORICAL-EPISTEMOLOGICAL RECONSTRUCTION AS A
METHODOLOGICAL FRAMEWORK FOR PHYSICS EDUCATION RESEARCH:
A SYSTEMATIZATION BASED ON LOUIS DE BROGLIE'S THEORY OF
MATTER WAVES**

Gildevan Oliveira Silva¹

Marcos Antônio Barros²

RESUMO

Embora a História e Filosofia da Ciência tenha se consolidado como referencial relevante para a pesquisa em Ensino de Ciências, os procedimentos empregados na elaboração de reconstruções histórico-epistemológicas ainda permanecem pouco explicitados. Este artigo discute a reconstrução histórico-epistemológica como procedimento metodológico para pesquisas em Ensino de Física e sistematiza o Modelo Analítico para Reconstruções Histórico-Epistemológicas (MARHE). O modelo articula delimitação do episódio histórico, constituição do corpus documental, análise integrada de fontes primárias e historiografia especializada, identificação dos elementos estruturantes da elaboração das teorias científicas e construção de referenciais analíticos. O corpus documental foi constituído por artigos publicados por Louis de Broglie entre 1922 e 1927, sua tese de doutorado (1924) e obras historiográficas especializadas sobre a teoria das ondas de matéria. Sua potencialidade é examinada por meio da teoria das ondas de matéria de Louis de Broglie, tomada como estudo de caso. A aplicação do MARHE permitiu identificar seis mecanismos epistemológicos: reformulação de problemas científicos, generalização de princípios, construção de novos objetos conceituais, integração entre programas teóricos, articulação entre teoria e experimentação e validação coletiva pela comunidade científica. Argumenta-se que essa sistematização transforma reconstruções históricas em instrumentos analíticos para investigações sobre formação docente, Natureza da Ciência, materiais didáticos, currículo e ensino de Física Moderna e Contemporânea. O MARHE é apresentado como uma proposta aberta, não prescritiva, passível de refinamento em outros episódios da História da Ciência.

Palavras-chave: Reconstrução histórico-epistemológica; Ensino de

Física; História e Filosofia da Ciência; Ondas de matéria; Louis de Broglie.

ABSTRACT

Although History and Philosophy of Science has become an important framework for research in Science Education, the procedures used to produce historical-epistemological reconstructions remain insufficiently explicit. This article discusses historical-epistemological reconstruction as a methodological procedure for Physics Education research and systematizes the Analytical Model for Historical-Epistemological Reconstructions (MARHE). The model connects the delimitation of a historical episode, the construction of a documentary corpus, the integrated analysis of primary sources and specialized historiography, the identification of structural elements underlying the development of scientific theories, and the development of analytical frameworks. Its potential is examined through Louis de Broglie's theory of matter waves as a case study. The application of MARHE identified six epistemological mechanisms: reformulation of scientific problems, generalization of principles, construction of new conceptual objects, integration of theoretical programs, articulation between theory and experimentation, and collective validation by the scientific community. We argue that this systematization transforms historical reconstructions into analytical tools for research on teacher education, Nature of Science, teaching materials, curriculum, and Modern and Contemporary Physics education. MARHE is presented as an open, non-prescriptive proposal that may be refined through its application to other episodes in the History of Science.

Keywords: Historical-epistemological reconstruction; Physics Education; History and Philosophy of Science; Matter waves; Louis de Broglie.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a História e Filosofia da Ciência (HFC) consolidou-se como um dos principais referenciais teóricos da pesquisa em Ensino de Ciências, ampliando significativamente as possibilidades de investigação sobre a Natureza da Ciência, a formação de professores, a elaboração de materiais didáticos e a organização curricular. Ao deslocar o foco dos produtos científicos para os processos históricos e epistemológicos de sua construção, a HFC passou a oferecer novas perspectivas para compreender como o conhecimento científico é produzido, validado e apropriado em contextos educacionais.

Essa compreensão tem orientado um número crescente de investigações que recorrem à História da Ciência para discutir episódios históricos da Física Moderna e Contemporânea, especialmente aqueles relacionados à constituição da Mecânica Quântica. Entretanto, embora haja amplo consenso sobre a importância da História e Filosofia da Ciência para a pesquisa em Ensino de Ciências, os fundamentos metodológicos das reconstruções histórico-epistemológicas utilizadas nesses estudos ainda permanecem pouco explicitados. Em muitas pesquisas, a reconstrução histórica aparece como etapa preparatória da investigação, mas raramente é assumida como objeto explícito de reflexão metodológica. Assim, questões relativas aos critérios de seleção das fontes, à articulação entre documentos primários e historiografia especializada, aos procedimentos de interpretação e à identificação dos elementos constitutivos das teorias científicas tendem a permanecer implícitas ou pouco sistematizadas.

Essa lacuna torna-se particularmente relevante quando se considera que diferentes formas de reconstrução histórica podem produzir interpretações distintas de um mesmo episódio científico e, conseqüentemente, fundamentar diferentes propostas para o Ensino de Ciências. Reconstruções baseadas exclusivamente em narrativas secundárias ou em relatos retrospectivos tendem a privilegiar versões consolidadas da história, frequentemente marcadas por simplificações, anacronismos e interpretações teleológicas. Em contrapartida, reconstruções fundamentadas na articulação entre fontes primárias e historiografia especializada permitem acompanhar os processos de elaboração conceitual das teorias científicas, identificar seus problemas originais, compreender seus contextos de produção e explicitar as dimensões epistemológicas que frequentemente permanecem invisíveis nas narrativas didáticas.

É nesse contexto que se insere a presente investigação. Parte-se do pressuposto de que a reconstrução histórico-epistemológica pode ser compreendida não apenas como um recurso de contextualização histórica, mas como um procedimento metodológico de pesquisa capaz de produzir referenciais teóricos para investigações em Ensino de Física. Sob essa perspectiva, reconstruir uma teoria científica significa identificar os elementos estruturantes de sua elaboração, compreender as relações estabelecidas entre conceitos, problemas e evidências e explicitar aspectos da produção do conhecimento científico que podem subsidiar pesquisas sobre formação de professores, materiais didáticos, Natureza da Ciência e processos de transposição do conhecimento científico.

Para discutir essa proposição, toma-se como estudo de caso a teoria das ondas de matéria formulada por Louis de Broglie entre 1922 e 1927. A escolha desse episódio decorre de três razões principais. Em primeiro lugar, trata-se de um dos momentos mais significativos da constituição da Mecânica Quântica, envolvendo profundas transformações conceituais nas relações entre matéria, radiação e movimento. Em segundo lugar, sua elaboração encontra-se amplamente documentada por meio de artigos científicos, da tese de doutorado de de Broglie e de uma historiografia consolidada, oferecendo condições particularmente favoráveis para uma reconstrução histórico-epistemológica rigorosa. Finalmente, a riqueza conceitual desse episódio permite discutir como diferentes elementos da produção do conhecimento científico podem ser sistematicamente identificados e organizados para fundamentar pesquisas em Ensino de Física.

À luz dessa problemática, o objetivo deste artigo consiste em discutir a reconstrução histórico-epistemológica como procedimento metodológico para pesquisas em Ensino de Física, tomando a teoria das ondas de matéria formulada por Louis de Broglie como estudo de caso. Defende-se que reconstruções histórico-epistemológicas fundamentadas em fontes primárias e na historiografia especializada constituem um procedimento capaz de identificar elementos estruturantes da elaboração das teorias científicas, oferecendo referenciais consistentes para investigações que articulam História e Filosofia da Ciência, Natureza da Ciência, formação inicial de professores e Ensino de Física.

2. UMA SISTEMATIZAÇÃO METODOLÓGICA DAS RECONSTRUÇÕES HISTÓRICO-EPISTEMOLÓGICAS PARA PESQUISAS EM ENSINO DE FÍSICA

Embora a utilização da História e Filosofia da Ciência tenha se consolidado como uma importante perspectiva para pesquisas em Ensino de Ciências, observa-se que as reconstruções histórico-epistemológicas utilizadas nesses estudos permanecem, em grande medida, como procedimentos metodológicos implícitos. Frequentemente, as pesquisas apresentam reconstruções históricas rigorosas, fundamentadas em fontes primárias e na historiografia especializada, sem, contudo, explicitar os critérios que orientaram sua elaboração, a lógica interpretativa adotada ou os processos pelos quais essas reconstruções foram convertidas em referenciais analíticos para investigações em Ensino de Física.

Essa constatação sugere que a discussão metodológica sobre as reconstruções histórico-epistemológicas ainda ocupa um espaço secundário na literatura da área. O debate concentra-se, predominantemente, na defesa da importância da História e Filosofia da Ciência para a formação científica e para a compreensão da Natureza da Ciência, permanecendo menos exploradas as questões relacionadas aos procedimentos de pesquisa empregados para produzir reconstruções historicamente consistentes e epistemologicamente significativas. Em consequência, diferentes investigações recorrem a episódios históricos como fundamento de suas análises, mas raramente discutem de forma sistemática como esses episódios foram reconstruídos e quais critérios permitiram identificar os elementos considerados relevantes para o desenvolvimento da pesquisa.

Partindo dessa lacuna, este trabalho sistematiza a reconstrução histórico-epistemológica como um procedimento metodológico de pesquisa. Nessa perspectiva, reconstruir uma teoria científica significa desenvolver um processo interpretativo que articula fontes

primárias, historiografia especializada e análise epistemológica com o objetivo de identificar elementos estruturantes da elaboração das teorias científicas e reorganizá-los em referenciais analíticos para pesquisas em Ensino de Física.

Essa concepção aproxima-se das discussões desenvolvidas por Matthews (1994), Martins (2006), Forato, Pietrocola e Martins (2011), Allchin (2011; 2013), Peduzzi (2011), Freire Jr. (2015), Pietrocola (2001) e Ostermann e Moreira (2001), ao reconhecer que a História e Filosofia da Ciência possui potencial para fundamentar investigações sobre Natureza da Ciência, formação de professores, materiais didáticos e ensino de conceitos científicos. Entretanto, avança ao procurar sistematizar os procedimentos envolvidos na elaboração dessas reconstruções, tornando explícitas etapas que frequentemente permanecem dispersas ou apenas implicitamente assumidas nas pesquisas da área.

A partir dessa compreensão, este trabalho organiza o Modelo Analítico para Reconstruções Histórico-Epistemológicas (MARHE) como uma sistematização metodológica destinada a orientar pesquisas que utilizam episódios históricos como objeto de investigação ou como fundamento para análises em Ensino de Física. O MARHE não pretende substituir abordagens historiográficas consolidadas nem estabelecer um protocolo rígido de investigação. Seu propósito consiste em explicitar e organizar procedimentos frequentemente presentes, mas dispersos ou implícitos, nas reconstruções histórico-epistemológicas desenvolvidas na literatura da área.

Como síntese das discussões anteriores, propõe-se o Modelo Analítico para Reconstruções Histórico-Epistemológicas (MARHE),

estruturado em seis etapas interdependentes, apresentadas no Quadro 1. Embora descritas sequencialmente para fins de sistematização, essas etapas estabelecem relações permanentes de retroalimentação durante o desenvolvimento da pesquisa. A interpretação produzida em uma etapa frequentemente conduz à revisão de decisões tomadas nas etapas anteriores, caracterizando um processo investigativo essencialmente dinâmico e interpretativo.

Quadro 1. Modelo Analítico para Reconstruções Histórico-Epistemológicas (MARHE): etapas, objetivos e produtos da reconstrução

Etapas	Questão orientadora	Produto
Delimitação do episódio histórico	Qual episódio científico será reconstruído e por que ele é relevante para a pesquisa?	Definição do objeto de investigação
Constituição do corpus documental	Quais fontes primárias e quais estudos historiográficos fundamentam a reconstrução?	Corpus documental historicamente consistente
Reconstrução histórico-epistemológica	Como ocorreu a elaboração da teoria científica em seu contexto histórico?	Narrativa histórico-epistemológica fundamentada
Identificação dos elementos estruturantes	Quais problemas, conceitos, modelos, evidências e debates constituem a estrutura da teoria?	Elementos estruturantes da elaboração das teorias científicas
Construção do referencial analítico	Como esses elementos podem ser reorganizados	Referencial analítico para investigação

	para orientar pesquisas em Ensino de Física?	
Aplicações em Ensino de Física	Como o referencial produzido pode subsidiar novas pesquisas?	Estudos sobre formação docente, livros didáticos, Natureza da Ciência, currículo e ensino de Física

Fonte: Elaborado pelos autores.

Etapas do MARHE	Procedimento desenvolvido
Delimitação do episódio	Formulação da teoria das ondas de matéria (1922–1927)
Constituição do corpus	Artigos de 1922 e 1923, tese de 1924, documentos relacionados aos debates de 1927 e historiografia especializada
Reconstrução histórico-epistemológica	Leitura integrada das fontes primárias e secundárias
Identificação dos elementos estruturantes	Análise interpretativa dos processos de elaboração da teoria
Reorganização analítica	Construção dos mecanismos epistemológicos discutidos na Seção 5
Potencial investigativo	Aplicações em pesquisas sobre formação docente, Natureza da Ciência, currículo e materiais didáticos

O aspecto central do MARHE reside na transformação da reconstrução histórico-epistemológica em um procedimento capaz de produzir referenciais analíticos para pesquisas em Ensino de Física. Enquanto muitas investigações encerram a reconstrução na descrição do episódio histórico, a sistematização aqui proposta

compreende essa etapa como um momento intermediário do processo investigativo. Seu principal resultado consiste na identificação dos elementos estruturantes da elaboração das teorias científicas, posteriormente reorganizados em categorias analíticas que podem orientar investigações sobre formação de professores, Natureza da Ciência, materiais didáticos, currículo e ensino de Física Moderna e Contemporânea.

Essa passagem da compreensão histórica para a produção de categorias interpretativas constitui a principal contribuição metodológica do MARHE. Ao tornar explícitos os procedimentos que articulam fontes primárias, historiografia especializada e análise epistemológica, a reconstrução deixa de representar apenas uma narrativa sobre o desenvolvimento da ciência e passa a constituir um instrumento de investigação. É nessa perspectiva que, nas seções seguintes, a teoria das ondas de matéria formulada por Louis de Broglie é utilizada como estudo de caso, exemplificando como a reconstrução histórico-epistemológica pode produzir referenciais analíticos destinados à pesquisa em Ensino de Física.

3. APLICAÇÃO DO MODELO ANALÍTICO PARA RECONSTRUÇÕES HISTÓRICO-EPISTEMOLÓGICAS (MARHE): O CASO DA TEORIA DAS ONDAS DE MATÉRIA

Com o objetivo de discutir a potencialidade do Modelo Analítico para Reconstruções Histórico-Epistemológicas (MARHE), sua aplicação é exemplificada neste trabalho por meio da reconstrução da teoria das ondas de matéria formulada por Louis de Broglie entre 1922 e 1927. A escolha desse episódio fundamenta-se tanto em sua relevância para a constituição da Mecânica Quântica quanto na disponibilidade de

um conjunto documental suficientemente consistente para permitir uma reconstrução histórico-epistemológica rigorosa.

A teoria das ondas de matéria constitui um caso particularmente adequado para a aplicação do modelo proposto porque reúne características que contemplam todas as etapas do MARHE. Em primeiro lugar, dispõe de um conjunto expressivo de fontes primárias, formado pelos artigos publicados por Louis de Broglie entre 1922 e 1927, sua tese de doutorado de 1924, correspondências e registros das discussões ocorridas durante a Quinta Conferência Solvay. Em segundo lugar, existe uma historiografia especializada consolidada, representada por autores como Jammer (1966), Kragh (1999), Darrigol (1992), Bacciagaluppi e Valentini (2009), Martins (2014), Rosa (2004), Freire Jr. (2015) e Barros e Barros (2018), permitindo confrontar interpretações e evitar leituras retrospectivas ou simplificadas da elaboração da teoria.

A aplicação do MARHE desenvolveu-se conforme as etapas apresentadas no Quadro 1. Inicialmente, procedeu-se à constituição do corpus documental mediante seleção das fontes primárias e da historiografia especializada pertinente ao episódio investigado. Em seguida, realizou-se a reconstrução histórico-epistemológica propriamente dita, buscando compreender o processo de elaboração da teoria das ondas de matéria em seu contexto histórico e epistemológico. A partir dessa reconstrução, foram identificados os elementos estruturantes que caracterizam a formulação original da teoria e que, posteriormente, foram reorganizados em um referencial analítico destinado à pesquisa em Ensino de Física.

Diferentemente de uma narrativa cronológica dos acontecimentos, a reconstrução apresentada nas seções seguintes organiza-se

segundo os elementos estruturantes identificados durante a análise documental. Essa opção metodológica procura evidenciar que o desenvolvimento da teoria das ondas de matéria não correspondeu à simples sucessão de descobertas, mas à progressiva articulação entre problemas científicos, conceitos, modelos, evidências experimentais e debates epistemológicos que marcaram a constituição da Mecânica Quântica nas primeiras décadas do século XX.

Em consonância com essa perspectiva, a reconstrução histórico-epistemológica foi organizada em seis elementos estruturantes: (i) a influência da teoria dos quanta e a reformulação da dualidade; (ii) a periodicidade associada à matéria; (iii) a construção do conceito de onda de fase; (iv) a aproximação entre óptica e mecânica; (v) o papel das evidências experimentais na consolidação da hipótese; e (vi) os debates epistemológicos que acompanharam sua recepção e desenvolvimento. A identificação desses elementos não decorreu de categorias previamente definidas, mas emergiu da análise integrada das fontes primárias e da historiografia especializada, constituindo o principal resultado da aplicação do MARHE ao episódio investigado.

4. A TEORIA DOS QUANTA E A REFORMULAÇÃO DA DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA

A formulação da teoria das ondas de matéria por Louis de Broglie não pode ser compreendida como uma hipótese concebida de forma isolada ou como consequência imediata da consolidação da teoria quântica. Sua elaboração constituiu resposta a um problema científico específico que emergiu das dificuldades enfrentadas pela Física nas primeiras décadas do século XX para compreender, de maneira unificada, os fenômenos associados à matéria e à radiação.

Em consonância com essa interpretação, a hipótese das ondas de matéria não representa simplesmente a extensão da dualidade onda-partícula aos elétrons, mas uma tentativa de reorganizar conceitualmente dois programas de investigação que, até então, permaneciam parcialmente dissociados: a teoria eletromagnética da luz e a mecânica das partículas materiais.

Esse contexto histórico evidencia um primeiro aspecto metodologicamente relevante da reconstrução histórico-epistemológica proposta neste trabalho. A análise das fontes primárias mostra que de Broglie não iniciou sua investigação buscando demonstrar que partículas materiais possuíam comportamento ondulatório. Seu ponto de partida consistia na tentativa de compreender por que a natureza parecia apresentar descrições distintas para entidades físicas submetidas a princípios aparentemente semelhantes. Em seus primeiros artigos, publicados entre 1922 e 1923, de Broglie parte das contribuições de Planck e Einstein para sustentar que a dualidade observada na radiação poderia indicar um princípio físico mais geral, aplicável também às partículas materiais (DE BROGLIE, 1922; 1923).

A historiografia especializada confirma essa interpretação. Jammer (1966) observa que a originalidade da proposta de de Broglie não reside apenas na associação de um comprimento de onda às partículas, mas na inversão da própria direção do problema científico. Em vez de perguntar por que a luz apresentava propriedades corpusculares, De Broglie passou a investigar se a matéria também deveria possuir propriedades ondulatórias. Kragh (1999) interpreta essa mudança como uma ampliação conceitual da dualidade introduzida por Einstein, enquanto Bacciagaluppi e Valentini (2009) mostram que essa hipótese passou a desempenhar

papel central nas discussões que antecederam a Quinta Conferência Solvay. De forma convergente, Rosa (2004) destaca que a proposta de de Broglie não decorreu da simples analogia entre luz e matéria, mas de um esforço sistemático para construir uma descrição unificada da natureza física.

Sob a aplicação do MARHE, esse episódio permite identificar o primeiro elemento estruturante da teoria das ondas de matéria: a formulação de novos conceitos científicos nasce da reorganização de problemas previamente existentes, e não da simples acumulação de resultados experimentais. A hipótese ondulatória não surgiu como resposta direta a uma evidência empírica inédita, mas como consequência de uma reinterpretação conceitual das contribuições de Planck e Einstein. Esse aspecto possui importante significado para pesquisas em Ensino de Física, pois evidencia que a construção das teorias científicas frequentemente decorre da reformulação de problemas e da ampliação de referenciais explicativos, rompendo com interpretações que apresentam a ciência como sucessão linear de descobertas independentes.

Assim, a aplicação do MARHE sugere que a reconstrução histórico-epistemológica ultrapassa a simples descrição cronológica dos acontecimentos. Ao articular fontes primárias e historiografia especializada, torna-se possível identificar que a origem da teoria das ondas de matéria está menos associada ao aparecimento de uma nova equação do que à redefinição de um problema epistemológico fundamental da Física do início do século XX: a busca por uma descrição unificada das propriedades da matéria e da radiação. É precisamente essa reorganização conceitual que constitui o primeiro elemento estruturante da teoria reconstruída e que orientará a análise dos episódios subsequentes.

5. A PERIODICIDADE ASSOCIADA À MATÉRIA: DA ANALOGIA FÍSICA À FORMULAÇÃO DE UM NOVO PRINCÍPIO

O segundo elemento estruturante identificado pela aplicação do MARHE refere-se ao conceito de periodicidade associada à matéria, considerado por Louis de Broglie o fundamento físico de sua hipótese ondulatória. Diferentemente da interpretação frequentemente encontrada em livros didáticos, segundo a qual a relação $\lambda = h / p$ constitui o ponto de partida da teoria, a análise das fontes primárias revela que a hipótese das ondas de matéria nasceu da tentativa de atribuir às partículas materiais uma periodicidade intrínseca análoga àquela já reconhecida para a radiação eletromagnética.

Nos artigos publicados entre 1922 e 1923, de Broglie parte da relação estabelecida por Planck e Einstein entre energia e frequência para argumentar que toda entidade material dotada de energia deveria possuir igualmente um fenômeno periódico associado. Em sua tese de doutorado, essa ideia aparece formulada de maneira explícita ao afirmar que "é natural supor que a toda porção isolada de energia esteja associado um fenômeno periódico" (DE BROGLIE, 1924). A periodicidade deixa de ser uma propriedade exclusiva da radiação para tornar-se um atributo geral da matéria, constituindo o fundamento conceitual sobre o qual posteriormente será estabelecida a relação entre comprimento de onda e quantidade de movimento.

A historiografia especializada confirma que essa hipótese representa uma das principais contribuições originais de de Broglie. Jammer (1966) observa que a associação entre matéria e periodicidade constitui o núcleo conceitual da tese de 1924, enquanto Kragh (1999)

destaca que essa formulação ampliou significativamente o alcance da dualidade introduzida por Einstein. Bacciagaluppi e Valentini (2009) mostram ainda que essa concepção desempenhou papel decisivo nas discussões que antecederam a Conferência Solvay de 1927, sobretudo por oferecer uma nova perspectiva para compreender a relação entre partículas materiais e fenômenos ondulatórios. Rosa (2004), por sua vez, argumenta que a hipótese da periodicidade não deve ser interpretada como simples analogia matemática, mas como uma proposição física destinada a reorganizar a compreensão das propriedades fundamentais da matéria.

A partir da perspectiva do MARHE, esse episódio evidencia que novos conceitos científicos frequentemente emergem por meio da generalização de princípios previamente estabelecidos. A periodicidade da matéria não resulta da observação direta de um novo fenômeno experimental, mas da extensão de um princípio inicialmente formulado para a radiação a um domínio até então considerado distinto. A reconstrução histórico-epistemológica permite tornar explícito esse movimento conceitual, mostrando que a elaboração de novas teorias frequentemente ocorre por meio da ampliação do alcance explicativo de conceitos anteriormente consolidados.

Esse resultado possui importantes implicações para a pesquisa em Ensino de Física. Em abordagens didáticas tradicionais, a teoria das ondas de matéria costuma ser apresentada diretamente a partir da expressão $\lambda = h / p$, sem que o estudante tenha acesso ao problema conceitual que motivou sua formulação. A reconstrução realizada neste trabalho evidencia que a compreensão da hipótese de de Broglie depende, antes de tudo, da compreensão da ideia de

periodicidade como princípio físico geral. Ao identificar essa relação, o MARHE permite transformar um episódio histórico em categoria analítica para investigações sobre ensino de Mecânica Quântica, elaboração de materiais didáticos e formação inicial de professores.

6. A CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE ONDA DE FASE: UMA NOVA REPRESENTAÇÃO DA MATÉRIA

O terceiro elemento estruturante identificado pela aplicação do MARHE corresponde à elaboração do conceito de onda de fase, considerado por Louis de Broglie como o mecanismo físico capaz de explicar a propagação das ondas associadas às partículas materiais. A reconstrução histórico-epistemológica desse episódio evidencia que a contribuição de de Broglie ultrapassa a conhecida relação entre comprimento de onda e quantidade de movimento, envolvendo a construção de uma nova representação conceitual destinada a estabelecer uma correspondência entre os princípios da mecânica clássica, da relatividade e da teoria dos quanta.

Nas fontes primárias, a noção de onda de fase ocupa posição central desde os primeiros trabalhos publicados por de Broglie, sendo posteriormente desenvolvida de forma sistemática em sua tese de doutorado de 1924. Ao discutir a natureza das partículas materiais, o autor afirma que a existência de uma periodicidade interna implica necessariamente a propagação de uma onda cuja fase permanece associada ao movimento da partícula. Ao estabelecer o fundamento de sua teoria, de Broglie admite que a cada porção de energia dotada de massa própria pode ser associado “um fenômeno periódico de frequência ν_0 ” e acrescenta que essa hipótese constitui a base de sua construção teórica (DE BROGLIE, 1924, p. 9, tradução nossa).

Essa passagem demonstra que a hipótese das ondas de matéria não se limita à associação entre uma partícula e um comprimento de onda, mas introduz uma estrutura conceitual inteiramente nova. A onda de fase deixa de representar um simples recurso matemático para tornar-se o elemento responsável pela coerência física da teoria, permitindo explicar como propriedades ondulatórias poderiam coexistir com a descrição corpuscular da matéria.

A historiografia especializada confirma essa interpretação. Jammer (1966) observa que a noção de onda de fase constitui o verdadeiro núcleo da construção teórica de de Broglie, uma vez que estabelece a conexão entre a periodicidade interna da matéria e sua representação ondulatória. Kragh (1999) acrescenta que a importância dessa formulação reside precisamente no abandono da interpretação puramente mecânica das partículas, substituindo-a por uma descrição que articula conceitos oriundos da relatividade especial, da teoria quântica e da óptica ondulatória. Na mesma direção, Darrigol (1992) destaca que a elaboração da onda de fase representa uma das mais sofisticadas tentativas de unificação conceitual produzidas durante a Física dos anos 1920.

Bacciagaluppi e Valentini (2009), ao analisarem os documentos preparatórios da Quinta Conferência Solvay, mostram que esse conceito desempenhou papel decisivo nas discussões entre De Broglie, Einstein, Schrödinger e Born, justamente porque ultrapassava a interpretação estritamente corpuscular predominante naquele momento. Rosa (2004) também observa que a onda de fase constitui um dos aspectos menos compreendidos da teoria original, frequentemente reduzido ou mesmo omitido nas apresentações didáticas posteriores, que privilegiam apenas a expressão matemática da relação $\lambda = h/p$.

Na perspectiva do MARHE, esse episódio evidencia um aspecto importante da produção do conhecimento científico: novas teorias frequentemente exigem a construção de novos objetos conceituais, capazes de reorganizar explicações anteriormente incompatíveis. A onda de fase não corresponde à simples aplicação de conceitos já existentes, mas à elaboração de uma entidade teórica destinada a integrar diferentes referenciais científicos em um único sistema explicativo. A reconstrução histórico-epistemológica torna visível esse movimento conceitual, permitindo compreender que a inovação científica frequentemente ocorre por meio da criação de estruturas explicativas inéditas e não apenas pela obtenção de novos resultados experimentais.

Essa interpretação apresenta implicações relevantes para a pesquisa em Ensino de Física. Em muitos livros universitários, a teoria das ondas de matéria é reduzida à dedução da relação entre comprimento de onda e momento linear, sem que a função epistemológica desempenhada pela onda de fase seja discutida. A reconstrução realizada neste trabalho demonstra, entretanto, que compreender a teoria de de Broglie implica compreender também o processo de construção desse novo objeto conceitual e sua função na reorganização da Mecânica Quântica nascente. Ao explicitar esse aspecto, o MARHE permite transformar um conceito historicamente situado em categoria analítica para investigações sobre ensino de Física Moderna, formação inicial de professores e Natureza da Ciência.

7. A APROXIMAÇÃO ENTRE ÓPTICA E MECÂNICA: ANALOGIAS E INTEGRAÇÃO DE PROGRAMAS CIENTÍFICOS

O quarto elemento estruturante identificado pela aplicação do MARHE refere-se à aproximação estabelecida por Louis de Broglie entre a óptica e a mecânica. A reconstrução histórico-epistemológica demonstra que essa aproximação não consistiu em uma simples analogia didática ou em uma correspondência formal entre equações matemáticas. Ao contrário, representou uma estratégia epistemológica destinada a integrar dois programas científicos que, até então, haviam sido desenvolvidos de forma relativamente independente. A teoria das ondas de matéria emerge, nesse contexto, como uma tentativa de reorganizar conceitos provenientes da óptica ondulatória, da mecânica clássica, da relatividade especial e da teoria dos quanta em uma estrutura conceitual unificada.

Nas fontes primárias, essa aproximação torna-se particularmente evidente na tese de doutorado de 1924, quando De Broglie estabelece um paralelo entre o princípio de Fermat, utilizado na óptica geométrica, e o princípio da mínima ação formulado por Maupertuis e Hamilton na mecânica clássica. Para o autor, ambos poderiam ser compreendidos como manifestações particulares de uma mesma estrutura matemática, permitindo interpretar o movimento das partículas por meio da propagação de ondas associadas. De Broglie sintetiza essa correspondência ao afirmar que o princípio de Fermat aplicado à onda de fase é equivalente ao princípio de Maupertuis aplicado à partícula em movimento, de modo que “as trajetórias possíveis da partícula são idênticas aos raios da onda de fase” (DE BROGLIE, 1924, p. 23, tradução nossa).

Essa passagem revela que a hipótese ondulatória não foi construída apenas pela introdução de um novo conceito físico, mas pela identificação de uma profunda correspondência entre diferentes

tradições teóricas da Física. A analogia entre óptica e mecânica deixa de desempenhar função meramente heurística para assumir papel estruturante na elaboração da teoria, fornecendo o arcabouço conceitual que tornaria possível interpretar a propagação das partículas materiais segundo princípios anteriormente reservados aos fenômenos ondulatórios.

A historiografia especializada atribui grande importância a esse aspecto. Jammer (1966) observa que a aproximação entre óptica e mecânica constitui uma das principais inovações conceituais da tese de de Broglie, pois permitiu reinterpretar a dinâmica das partículas a partir de princípios variacionais comuns às duas teorias. Kragh (1999) destaca que essa estratégia foi decisiva para o desenvolvimento posterior da Mecânica Ondulatória por Erwin Schrödinger, cuja formulação matemática preservou precisamente essa correspondência entre trajetórias mecânicas e propagação ondulatória. Darrigol (1992) acrescenta que a influência da mecânica hamiltoniana sobre a construção da teoria das ondas de matéria demonstra que a Mecânica Quântica não surgiu em ruptura absoluta com a Física Clássica, mas mediante uma profunda reorganização de conceitos anteriormente estabelecidos.

Bacciagaluppi e Valentini (2009) mostram que essa integração entre programas científicos ocupou posição central nas discussões da Quinta Conferência Solvay, especialmente nos debates envolvendo de Broglie, Einstein, Schrödinger e Born acerca do significado físico das ondas associadas à matéria. De modo semelhante, Rosa (2004) argumenta que a analogia entre óptica e mecânica constitui um dos aspectos mais originais da proposta de de Broglie, embora raramente receba destaque nas apresentações didáticas da teoria.

Com base na perspectiva do MARHE, esse episódio mostra um mecanismo epistemológico recorrente na produção do conhecimento científico: novas teorias frequentemente resultam da integração de referenciais conceituais anteriormente pertencentes a diferentes programas de investigação. A reconstrução histórico-epistemológica permite tornar explícito esse processo de integração, mostrando que a inovação científica nem sempre decorre da substituição completa de teorias anteriores, mas frequentemente da reorganização de conceitos provenientes de diferentes tradições científicas.

As implicações desse resultado para a pesquisa em Ensino de Física são significativas. A apresentação da teoria das ondas de matéria como simples consequência da dualidade onda-partícula tende a ocultar a riqueza das relações estabelecidas por de Broglie entre óptica, mecânica e teoria quântica. Ao identificar essa articulação como elemento estruturante da elaboração da teoria, o MARHE oferece um referencial analítico que favorece abordagens didáticas centradas na construção histórica dos modelos científicos e na compreensão das analogias como instrumentos legítimos da produção do conhecimento científico.

8. EVIDÊNCIAS EXPERIMENTAIS E CONSOLIDAÇÃO DA TEORIA: A RELAÇÃO ENTRE PREVISÃO TEÓRICA E VALIDAÇÃO EMPÍRICA

O quinto elemento estruturante identificado pela aplicação do Modelo Analítico para Reconstruções Histórico-Epistemológicas (MARHE) refere-se ao papel desempenhado pelas evidências experimentais na consolidação da teoria das ondas de matéria. A reconstrução histórico-epistemológica mostra que a proposta formulada por Louis de Broglie não foi imediatamente incorporada

ao desenvolvimento da Mecânica Quântica em virtude de sua elegância matemática ou de sua coerência conceitual. Ao contrário, sua aceitação ocorreu por meio de um processo gradual de validação, no qual previsões teóricas, resultados experimentais e interpretações historiográficas desempenharam funções complementares.

As fontes primárias revelam que de Broglie reconhecia explicitamente a ausência de comprovação experimental para sua hipótese quando apresentou sua tese de doutorado. Embora sustentasse que a associação entre matéria e ondas possuía sólida fundamentação teórica, o autor admitia que sua proposição permanecia, naquele momento, como uma hipótese física cuja confirmação dependeria de futuras investigações experimentais (DE BROGLIE, 1924). Essa passagem evidencia que o próprio de Broglie compreendia a natureza provisória de sua proposta. Sua confiança na teoria não decorria de evidências experimentais já disponíveis, mas da consistência conceitual obtida pela articulação entre relatividade, teoria dos quanta e mecânica clássica. A hipótese das ondas de matéria nasceu, portanto, como uma construção eminentemente teórica, cuja validação dependeria do desenvolvimento posterior da pesquisa experimental.

A historiografia especializada confirma essa interpretação. Jammer (1966) observa que a proposta de de Broglie foi inicialmente recebida com prudência pela comunidade científica justamente pela inexistência de evidências experimentais diretas capazes de confirmar a existência de ondas associadas às partículas materiais. Kragh (1999) acrescenta que a repercussão da tese somente se ampliou após o reconhecimento de Albert Einstein, cuja avaliação

favorável conferiu legitimidade científica à hipótese e estimulou novas investigações sobre suas consequências físicas.

Esse cenário modificou-se significativamente a partir das experiências realizadas por Clinton Davisson e Lester Germer, nos Estados Unidos, e por George Paget Thomson, na Inglaterra. Os experimentos de difração de elétrons forneceram evidências empíricas compatíveis com as previsões formuladas por de Broglie, fortalecendo decisivamente sua proposta e contribuindo para sua incorporação ao desenvolvimento da Mecânica Ondulatória. Conforme discutem Bacciagaluppi e Valentini (2009), esses resultados exerceram influência significativa sobre os debates da Quinta Conferência Solvay, consolidando a hipótese ondulatória como uma das bases conceituais da nova teoria quântica. Darrigol (1992) também destaca que a confirmação experimental não apenas fortaleceu a proposta de de Broglie, mas redefiniu o próprio estatuto epistemológico da dualidade onda-partícula no interior da Mecânica Quântica.

À luz do MARHE, esse episódio evidencia um aspecto central da produção do conhecimento científico: a consolidação de novas teorias resulta da interação entre elaboração conceitual, previsão teórica, validação experimental e reconhecimento pela comunidade científica. A reconstrução histórico-epistemológica permite explicitar essa dinâmica, mostrando que a aceitação de uma teoria não depende exclusivamente de sua coerência lógica nem exclusivamente da experimentação, mas da articulação entre diferentes práticas constitutivas da atividade científica.

Essa interpretação possui importantes implicações para a pesquisa em Ensino de Física. Frequentemente, os livros didáticos

apresentam as experiências de Davisson-Germer como demonstrações diretas da hipótese de de Broglie, produzindo a impressão de que teoria e experimento estabelecem uma relação linear de confirmação. A reconstrução desenvolvida neste trabalho apresenta, entretanto, que o percurso histórico foi muito mais complexo, envolvendo reconhecimento institucional, debates conceituais, previsões teóricas e diferentes interpretações acerca do significado físico dos resultados experimentais. Ao tornar explícita essa dinâmica, o MARHE amplia as possibilidades de investigação sobre Natureza da Ciência, argumentação científica e relações entre teoria e experimento na formação inicial de professores.

9. DEBATES EPISTEMOLÓGICOS E CONSOLIDAÇÃO DA TEORIA: A COMUNIDADE CIENTÍFICA COMO ESPAÇO DE VALIDAÇÃO DO CONHECIMENTO

O sexto elemento estruturante identificado pela aplicação do Modelo Analítico para Reconstruções Histórico-Epistemológicas (MARHE) refere-se aos debates epistemológicos que acompanharam a recepção e a consolidação da teoria das ondas de matéria no contexto da Mecânica Quântica. A reconstrução histórico-epistemológica revela que a aceitação da proposta formulada por Louis de Broglie não decorreu exclusivamente de sua consistência conceitual ou da confirmação experimental obtida posteriormente, mas resultou de um processo coletivo de discussão, crítica, reformulação e negociação envolvendo diferentes pesquisadores que participavam da constituição da nova teoria quântica.

As fontes históricas revelam que a hipótese das ondas de matéria passou a ocupar posição central nas discussões científicas da

segunda metade da década de 1920, especialmente após sua recepção favorável por Albert Einstein e sua incorporação aos trabalhos desenvolvidos por Erwin Schrödinger. A realização da Quinta Conferência Solvay, em 1927, constituiu um momento privilegiado desse processo, reunindo alguns dos principais protagonistas da Física Quântica para discutir o significado físico das novas formulações teóricas. Longe de representar consenso imediato, essas discussões evidenciaram divergências profundas acerca da interpretação das ondas de matéria, do papel da função de onda e da própria natureza da realidade física.

A historiografia especializada tem demonstrado que esses debates exerceram papel decisivo na consolidação da Mecânica Quântica. Bacciagaluppi e Valentini (2009), ao reconstruírem detalhadamente as discussões da Conferência Solvay, mostram que as interpretações defendidas por De Broglie, Schrödinger, Born, Heisenberg, Bohr e Einstein coexistiam em permanente tensão, revelando que a teoria ainda se encontrava em processo de elaboração. Jammer (1966) observa que a consolidação da interpretação probabilística não representou consequência inevitável da evolução da Mecânica Quântica, mas resultou de um complexo processo de debates conceituais, no qual diferentes alternativas permaneceram em disputa durante vários anos. Kragh (1999) e Darrigol (1992) igualmente destacam que a recepção da hipótese ondulatória foi marcada por sucessivas reformulações e reinterpretções, afastando qualquer leitura linear da história da teoria.

Essas análises historiográficas convergem para um aspecto particularmente relevante: a teoria das ondas de matéria não permaneceu inalterada após sua formulação original. Ao contrário, sua incorporação ao desenvolvimento da Mecânica Ondulatória

implicou modificações conceituais importantes, especialmente a partir dos trabalhos de Schrödinger e das interpretações probabilísticas propostas por Max Born. A reconstrução histórico-epistemológica revela, portanto, que teorias científicas não constituem produtos acabados, mas estruturas conceituais continuamente reinterpretadas e reconstruídas pela própria comunidade científica.

Do ponto de vista do MARHE, esse episódio revela um último mecanismo epistemológico da produção do conhecimento científico: a consolidação das teorias depende da dinâmica de validação coletiva promovida pela comunidade científica. A reconstrução histórico-epistemológica torna explícito que a aceitação de novas ideias envolve processos de argumentação, crítica, negociação e reformulação que ultrapassam tanto a elaboração individual quanto a comprovação experimental. Nesse sentido, a produção do conhecimento científico apresenta-se como empreendimento essencialmente coletivo, historicamente situado e permanentemente aberto à revisão.

Essa interpretação possui implicações particularmente relevantes para a pesquisa em Ensino de Física. Narrativas didáticas frequentemente apresentam a Mecânica Quântica como um conjunto de conceitos definitivamente estabelecidos, omitindo os debates que acompanharam sua elaboração e consolidando uma imagem excessivamente consensual da atividade científica. A reconstrução desenvolvida neste trabalho mostra, ao contrário, que compreender a teoria das ondas de matéria implica compreender também as controvérsias que marcaram sua recepção, permitindo discutir aspectos centrais da Natureza da Ciência, como o papel da argumentação, da crítica entre pares, da coexistência de

interpretações concorrentes e da construção coletiva do conhecimento científico.

10. CONTRIBUIÇÕES METODOLÓGICAS DO MARHE PARA A PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA

A aplicação do Modelo Analítico para Reconstruções Histórico-Epistemológicas (MARHE) ao processo de elaboração da teoria das ondas de matéria permitiu identificar seis mecanismos epistemológicos que caracterizam a produção do conhecimento científico e que podem ser reorganizados como categorias analíticas para pesquisas em Ensino de Física. Mais do que reconstruir um episódio da História da Física, o modelo possibilitou explicitar aspectos da elaboração científica que frequentemente permanecem invisíveis em narrativas históricas convencionais ou em apresentações didáticas centradas exclusivamente na formalização matemática das teorias.

Essa característica constitui, a nosso ver, a principal contribuição metodológica do MARHE. Ao articular fontes primárias, historiografia especializada e interpretação histórico-epistemológica, a reconstrução deixa de produzir apenas uma narrativa sobre determinado episódio histórico e passa a organizar um conjunto de categorias interpretativas capazes de orientar diferentes linhas de investigação em Ensino de Física. Nesse sentido, o modelo transforma acontecimentos históricos em instrumentos analíticos para compreender processos de construção, representação e circulação do conhecimento científico.

Os seis elementos estruturantes identificados ao longo da reconstrução histórico-epistemológica podem ser sintetizados no

Quadro 2.

Quadro 2. Síntese dos mecanismos epistemológicos identificados na aplicação do MARHE e seus potenciais para pesquisas em Ensino de Física

Elemento estruturante	Mecanismo epistemológico evidenciado	Potencial para pesquisas em Ensino de Física
Reformulação de problemas científicos	Novas teorias surgem da redefinição de problemas científicos	Contextualização histórica de conceitos
Generalização de princípios físicos	Ampliação do domínio de validade de conceitos estabelecidos	Evolução conceitual e modelagem científica
Construção de novos objetos conceituais	Elaboração de entidades teóricas inéditas	Relação entre conceitos, modelos e formalismo
Integração entre programas científicos	Articulação entre diferentes tradições teóricas	Analogias, interdisciplinaridade e modelização
Articulação entre teoria e experimentação	Consolidação mediante previsões e evidências	Natureza da Ciência e práticas científicas
Consolidação pela comunidade científica	Validação por meio de debates e negociações	Argumentação científica e formação docente

Fonte: Elaborado pelos autores.

O Quadro 2 evidencia que os resultados produzidos pela reconstrução histórico-epistemológica ultrapassam a descrição do episódio investigado. Os mecanismos identificados não constituem

características exclusivas da teoria das ondas de matéria, mas expressam processos recorrentes da produção do conhecimento científico que podem ser investigados em diferentes episódios da História da Física e de outras áreas das Ciências Naturais. Essa característica amplia significativamente o alcance metodológico do MARHE, permitindo sua utilização em pesquisas que tenham como objetivo compreender a construção histórica de teorias científicas e sua posterior apropriação em contextos educacionais.

Considerando esse quadro teórico, a principal contribuição do modelo consiste em estabelecer uma mediação entre a História e Filosofia da Ciência e a pesquisa em Ensino de Física. Enquanto as reconstruções historiográficas procuram compreender a produção do conhecimento científico em seu contexto histórico, o MARHE sistematiza uma etapa adicional de investigação, dedicada à reorganização dessa compreensão em categorias analíticas destinadas à pesquisa educacional. Esse deslocamento metodológico permite transformar a reconstrução histórica em instrumento para investigar processos de formação inicial de professores, elaboração de materiais didáticos, organização curricular e abordagens relacionadas à Natureza da Ciência.

Essa proposição dialoga diretamente com Matthews (1994), ao reconhecer que a História da Ciência deve integrar a formação científica de maneira estrutural, e com Martins (2006), ao enfatizar a necessidade de reconstruções historicamente rigorosas. Também converge com as contribuições de Forato, Pietrocola e Martins (2011), que defendem a preservação da complexidade histórica durante os processos de transposição didática, bem como com Allchin (2011, 2013), ao compreender os episódios históricos como contextos privilegiados para discutir a Natureza da Ciência. Entretanto,

diferentemente dessas abordagens, o MARHE procura explicitar os procedimentos pelos quais uma reconstrução histórico-epistemológica pode ser organizada metodologicamente para produzir referenciais analíticos destinados à pesquisa em Ensino de Física.

Essa sistematização amplia igualmente as possibilidades de investigação sobre livros didáticos universitários. Em vez de analisar apenas a presença ou ausência de determinados conteúdos históricos, torna-se possível examinar quais elementos estruturantes da elaboração das teorias científicas são preservados, transformados ou omitidos durante os processos de representação didática das teorias. Da mesma forma, pesquisas voltadas à formação inicial de professores podem utilizar esses elementos para discutir a construção histórica dos conceitos científicos, favorecendo abordagens que ultrapassem a apresentação exclusivamente formal dos conteúdos da Física Moderna e Contemporânea.

Por fim, considera-se que o MARHE pode ser aplicado à reconstrução de outros episódios relevantes da História da Física, como o desenvolvimento da teoria dos quanta de Planck, a formulação do princípio da incerteza por Heisenberg, o debate Einstein-Podolsky-Rosen, o teorema de Bell ou a descoberta dos raios catódicos. Em todos esses casos, a articulação entre fontes primárias, historiografia especializada e interpretação histórico-epistemológica poderá favorecer a identificação de novos elementos estruturantes da elaboração das teorias científicas, ampliando as possibilidades de pesquisa na interface entre História e Filosofia da Ciência e Ensino de Física.

11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo partiu do reconhecimento de que, embora a História e Filosofia da Ciência tenha se consolidado como importante referencial para pesquisas em Ensino de Ciências, permanecem pouco explicitados os procedimentos metodológicos pelos quais reconstruções histórico-epistemológicas são elaboradas e transformadas em referenciais analíticos para investigação. Diante dessa lacuna, propôs-se compreender a reconstrução histórico-epistemológica não apenas como estratégia de contextualização histórica, mas como procedimento metodológico capaz de produzir conhecimento para pesquisas em Ensino de Física.

A sistematização apresentada neste trabalho, denominada Modelo Analítico para Reconstruções Histórico-Epistemológicas (MARHE), procurou tornar explícitas as etapas envolvidas nesse processo, articulando fontes primárias, historiografia especializada, interpretação histórico-epistemológica, identificação de elementos estruturantes e construção de referenciais analíticos destinados à pesquisa educacional. Mais do que estabelecer um protocolo de investigação, o modelo busca oferecer uma arquitetura metodológica suficientemente flexível para orientar reconstruções de diferentes episódios da História da Ciência.

Sua aplicação à teoria das ondas de matéria formulada por Louis de Broglie evidenciou que a reconstrução histórico-epistemológica permite identificar mecanismos epistemológicos relacionados à produção do conhecimento científico, tais como a reformulação de problemas, a generalização de princípios, a construção de novos objetos conceituais, a integração entre programas científicos, a articulação entre teoria e experimentação e a consolidação das teorias por meio da dinâmica da comunidade científica. Esses mecanismos, identificados a partir de um estudo de caso, foram

reorganizados como categorias analíticas voltadas à pesquisa em Ensino de Física, demonstrando a potencialidade metodológica da proposta.

Considera-se que a principal contribuição deste trabalho consiste na sistematização de um procedimento investigativo que aproxima a História e Filosofia da Ciência da pesquisa em Ensino de Física por meio de uma reconstrução histórico-epistemológica explicitamente fundamentada. Ao tornar transparentes as etapas desse processo, pretende-se contribuir para o desenvolvimento de investigações sobre formação inicial de professores, Natureza da Ciência, análise de livros didáticos, organização curricular e ensino de Física Moderna e Contemporânea. Naturalmente, a proposta aqui apresentada não pretende esgotar as possibilidades metodológicas das reconstruções histórico-epistemológicas nem estabelecer um modelo prescritivo para pesquisas futuras. Ao contrário, ao explicitar os procedimentos envolvidos na elaboração de reconstruções histórico-epistemológicas, o MARHE pretende contribuir para consolidar um campo metodológico de investigação na interface entre História e Filosofia da Ciência e Ensino de Física, ampliando as possibilidades de produção de conhecimento nessa área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allchin, D. (2011). **Evaluating knowledge of the nature of (whole) science.** Science Education, 95(3), 518–542.
<https://doi.org/10.1002/sce.20432>

Allchin, D. (2013). Teaching the Nature of Science: Perspectives and Resources. SHiPS Education Press.

Bacciagaluppi, G., & Valentini, A. (2009). Quantum Theory at the Crossroads: Reconsidering the 1927 Solvay Conference. Cambridge University Press.

Barros, A. A., & Barros, M. A. (2018). Uma teoria experimental dos quanta de luz de Louis de Broglie: uma tradução comentada. Revista SUSTINERE, 6(1), 175–200. <https://doi.org/10.12957/sustinere.2018.31732>

Darrigol, O. (1992). From c-Numbers to q-Numbers: The Classical Analogy in the History of Quantum Theory. University of California Press.

de Broglie, L. (1922). Sur les quanta de lumière. Journal de Physique et le Radium, 3, 422–428.

de Broglie, L. (1923). Ondes et quanta. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. 177, 507-510.

de Broglie, L. (1924). Recherches sur la théorie des quanta (Thèse de doctorat). Faculté des Sciences, Université de Paris.

Forato, T. C. de M., Pietrocola, M., & Martins, R. de A. (2011). Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. Caderno Brasileiro De Ensino De Física, 28(1), 27–59. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2011v28n1p27>.

Freire Jr., O. (2015). Quantum dissidents: rebuilding the foundations of quantum mechanics (1950-1990). Springer Berlin, 356 págs.

Irzik, G., & Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science for science education. Science & Education, 20, 591–607. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4>

Jammer, M. (1966). The Conceptual Development of Quantum Mechanics. McGraw-Hill.

Kragh, H. (1999). Quantum Generations: A History of Physics in the Twentieth Century. Princeton University Press.

Martins, R. A. (2006). A História das Ciências e seus usos na Educação. In C. C. Silva (Org.), Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para aplicação no ensino. Livraria da Física.

Matthews, M. R. (1994). Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science. Routledge.

Ostermann, F., & Moreira, M. A. (2001). Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. Caderno Brasileiro De Ensino De Física, 18(2), 135–151. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6676>.

Pietrocola, M. (2001). Construção e Realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo. In M. Pietrocola (Org.), Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Editora da UFSC/INEP, Florianópolis, 2001

Rosa, P. S. (2004). Louis de Broglie e as ondas de matéria. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Física “Gleb Wataghin”. Campinas, SP. <https://www.ghtc.usp.br/server/Teses/Pedro-Sergio-Rosa.pdf>

¹ Discente do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática (PPGECM) da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB Campus I. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

² Docente do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB Campus I. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)