

## O ENSINO DE FÍSICA E A COMPLEXIDADE: ESTADO DO CONHECIMENTO EM TESES E DISSERTAÇÕES BRASILEIRAS – TOMO II

## PHYSICS TEACHING AND COMPLEXITY: STATE OF KNOWLEDGE IN BRAZILIAN THESES AND DISSERTATIONS – PART II

## ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y COMPLEJIDAD: ESTADO DEL CONOCIMIENTO EN TESIS Y DISERTACIONES BRASILEÑAS – PARTE II

Ivan Fortunato<sup>1</sup>

Aline Luz Mesquita<sup>2</sup>

José Anderson Santos Cruz<sup>3</sup>

**Resumo:** Este artigo objetiva apresentar um mapeamento qualitativo de teses e dissertações brasileiras que enfocam o ensino de Física relacionado com a teoria da complexidade, amplamente discutida por Edgar Morin nos últimos anos. Nessa pesquisa exploratória e descritiva, buscou-se os trabalhos na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações para realização de um mapeamento do tipo Estado do Conhecimento na intenção de compreender como a complexidade pode se aproximar do ensino de Física. Os resultados apontam a pertinência e relevância de se estabelecer relações entre a complexidade e o ensino de Física em prol de práticas pedagógicas mais contextualizadas e significativas.

**Palavras-chave:** Ensino de Física. Complexidade. Estado do Conhecimento. Edgar Morin.

**Abstract:** This article aims to present a qualitative mapping of Brazilian theses and dissertations that focus on the teaching of Physics related to the theory of complexity, widely discussed by Edgar Morin in recent years. In this exploratory and descriptive research, we searched for works in the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations to carry out a mapping of the State of Knowledge type in order to understand how complexity can approach the teaching of Physics. The results point to the pertinence and relevance of establishing relations between complexity and the teaching of Physics for more contextualized and meaningful pedagogical practices.

**Keywords:** Physics Teaching. Complexity. State of Knowledge. Edgar Morin.

**Resumen:** Este artículo tiene como objetivo presentar un mapeo cualitativo de las tesis y disertaciones brasileñas que se centran en la enseñanza de la Física relacionada con la teoría de la complejidad, ampliamente discutida por Edgar Morin en los últimos años. En esta investigación exploratoria y descriptiva, buscamos trabajos en la Biblioteca Digital Brasileña de Tesis y Disertaciones para realizar un mapeo del tipo Estado del Conocimiento con el fin de comprender cómo la complejidad puede abordar la enseñanza de la Física. Los resultados apuntan a la pertinencia y pertinencia de establecer relaciones entre la complejidad y la enseñanza de la Física a favor de prácticas pedagógicas más contextualizadas y significativas.

**Palabras-clave:** Enseñanza de la Física. Complejidad. Estado del conocimiento. Edgar Morin.

Submetido 05/03/2023

Aceito 23/06/2023

Publicado 26/06/2023

<sup>1</sup> Licenciando em Física. Professor do Instituto Federal de São Paulo, Itapetininga, SP, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1870-7528>. E-mail: [ivanfrt@yahoo.com.br](mailto:ivanfrt@yahoo.com.br).

<sup>2</sup> Doutoranda em Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação - Universidade Federal de São Carlos. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7482-0795>. E-mail: [lih\\_mesquita@yahoo.com.br](mailto:lih_mesquita@yahoo.com.br).

<sup>3</sup> Doutorado em Educação Escolar (FCLAr/Unesp). Editor da RIAEE e da Editora Ibero-Americana de Educação. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5223-8078>. E-mail: [andersoncruz.unesp@gmail.com](mailto:andersoncruz.unesp@gmail.com).

## Introdução

Este artigo faz parte de uma pesquisa maior, cujo objetivo é o de apresentar um Estado do Conhecimento acerca da relação entre o Ensino de Física e a Teoria da Complexidade de Edgar Morin, por meio do mapeamento de teses e dissertações brasileiras. Trata-se de uma pesquisa de cunho exploratório e qualitativo com a intenção de compreender de que forma se dá a aproximação da complexidade com os processos educacionais desenvolvidos na disciplina de Física, além de perceber a incidência da temática nos estudos acadêmicos desenvolvidos e possíveis lacunas e possibilidades no âmbito do debate fomentado.

Assim, o presente estudo surge como resultado de um levantamento analítico utilizando como base de dados a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, no qual contamos com a contribuição de cinco dissertações (SILVEIRA, 2008; SANTOS, 2015; OLIVEIRA, 2016; CARMO, 2016) e uma tese (ARAÚJO, 2009). Já foram apresentados os primeiros resultados dessa pesquisa, inventariando quatro (4) dissertações e uma (1) única tese que conjugam aspectos da Teoria da Complexidade com o ensino de Física (MESQUITA et al. 2023).

Ao produzir os primeiros resultados, trouxemos um panorama do material inventariado no mapeamento, evidenciando aspectos mais superficiais de cada trabalho de pesquisa (ano, autor/a, orientador/a, instituição e curso), além de analisar seus objetivos, metodologia de pesquisa e seus resultados. Foi notado que: há pouquíssimas pesquisas que trabalham na interface do pensamento complexo com o Ensino de Física e, as que foram localizadas, não trouxeram com profundidade a complexidade como método de pesquisa, como solo paradigmático ou fundamento epistemológico. Mas, o fato do mapeamento ter trazido algumas pesquisas, nos deu esperança de que há um princípio de trabalho tateando pelas universidades.

Isso nos fez voltar aos nosso próprio mapeamento e a revisitar com mais profundidade esses cinco trabalhos de pesquisa que relacionam o pensamento complexo com o Ensino de Física. Por isso, o título deste artigo leva o aditamento de “tomo II”. Não se trata de uma nova pesquisa *per se*, mas da revisão de uma produção que se percebeu por ir além. Esse é nosso propósito principal aqui: rever o inventário e aprender com as pesquisas encontradas como podemos relacionar ainda mais e melhor o pensamento complexo com o Ensino de Física.

Para alcançar esse objetivo, o artigo foi desenvolvido em duas seções. A primeira engloba um esquadramento de cada dissertação e tese abordadas pelo mapeamento

realizado, em ordem cronológica, elucidando os objetivos, metodologia, sujeitos de pesquisa e principais resultados de cada uma. A segunda seção traça um “perfil analítico” a partir da leitura aprofundada de cada dissertação e da tese sobre complexidade e sua relação com o ensino de Física, construído com base em três categorias: (i.) visão da Física, (ii.) processos didático-metodológicos e (iii.) saberes docentes.

Por fim, espera-se que o estudo possa contribuir para lançar mais luz sobre complexidade enquanto caminho para assimilar e transformar os moldes educacionais, apontando o que já se percorreu cientificamente como forma de apontar promissoras e inusitadas possibilidades. Quem sabe até complexificando o Ensino de Física.

### **Uma leitura detalhada das pesquisas mapeadas**

Na pesquisa anterior (Mesquita et al. 2023), realizamos um rito de busca sistemática de teses e dissertação na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDBT), buscando trabalhos que relacionassem a teoria da Complexidade (conforme Edgar Morin) com o Ensino de Física. Mapeamos quatro dissertações e uma tese, sendo:

- Evolução das ideias da Física para alunos iniciantes de licenciatura em Física – dissertação, Silveira (2008);
- Prototexto, narrativa poética da Ciência: uma estratégia de construção do conhecimento e religação de saberes no ensino de Física – tese, Araujo (2009);
- Aproximações entre o ensino de Física e a complexidade na construção do conhecimento científico à luz de uma abordagem socioambiental – dissertação Santos (2015);
- Estudo de uma proposta de ensino de Física para o primeiro ano do Ensino Médio inspirada na teoria do pensamento complexo de Morin – dissertação, Oliveira (2016);
- A relação interdisciplinar entre Física e Filosofia no terceiro ano do Ensino Médio em uma escola pública na cidade de Manaus – dissertação, Carmo (2016).

Passamos, então, a esquadrihar cada uma das pesquisas localizadas em nosso mapeamento, agrupando informações para produção deste Estado do Conhecimento, que envolve a relação entre o Ensino de Física e a teoria da complexidade.

*Pesquisa I - Dissertação - Evolução das ideias da Física para alunos iniciantes de licenciatura em Física*

A primeira dissertação obtida nesse mapeamento foi produzida por Silveira (2008), tendo discutido a aplicação de uma disciplina de Evolução das Ideias da Física (EIF) para alunos do primeiro período de Licenciatura em Física. O autor do trabalho é professor universitário e, na ocasião da produção de sua dissertação, já lecionava na referida disciplina há cinco anos. Buscou-se relacionar a História e Filosofia da Ciência (HFC), o ensino de Ciências e o âmbito da formação docente, valorizando a inclusão de conteúdos dessa natureza em programas formativos para professores da área, o que permite ampliar a visão a respeito da evolução da Física e a mediação para escolha de rotas mais viáveis e eficazes na compreensão do mundo físico por parte dos estudantes.

Para fundamentar o estudo em questão, Silveira (2008) utilizou-se de amplo referencial teórico, a saber: (i.) Conceito de educação dialógica de Paulo Freire, evidenciando o potencial transformador dos processos de ensino e aprendizagem e importância da valorização das opiniões e experiências individuais; (ii.) Conceito de equilíbrio majorante através dos processos de assimilação e acomodação de Piaget e a ideia de zona de desenvolvimento proximal de Vygotsky para justificar a apresentação de fatos e ideias “perturbadoras” em prol do desenvolvimento; e (iii.) Morin e o conceito de complexidade para tratar a forma de trabalho da evolução das ideias da Física no aspecto da dimensão individual, do “acoplamento estrutural”, das avaliações como instrumentos informadores da realidade e da necessidade de união entre conhecimentos separados por disciplinas.

O autor caracterizou e expôs todo percurso da disciplina de Evolução das Ideias da Física abordando o conteúdo previsto, materiais de apoio, diretrizes para trabalhos em grupo, bibliografia sugerida e métodos avaliativos empregados. Como instrumentos de avaliação da disciplina, utilizou questionários periódicos, para assegurar o alcance de um novo potencial cognoscente por parte dos alunos; um trabalho em grupo a ser apresentado, fator de desequilíbrio por propor temas que estão além do campo de domínio dos alunos e dos conceitos tratados em aula; e uma avaliação escrita.

Buscando alcançar o objetivo de captar o significado que a disciplina Evolução das Ideias da Física I teve para os alunos, Silveira (2008) aplicou um questionário do tipo aberto, com o intuito de melhor acolher os diferentes pontos de vista dos participantes, para quatro das

oito turmas que tiveram a oportunidade de cursar o programa entre os anos de 2003 e 2007. Houve a dificuldade da desfasagem temporal, pois no ato da aplicação do questionário a primeira turma já havia concluído a disciplina há três anos, dificultando o resgate de detalhes e impressões. O questionário como instrumento de coleta de dados, aplicado para 63 alunos que atendiam aos requisitos descritos, pretendeu averiguar se os alunos tinham conhecimento anterior sobre a História da Física, se após o curso houve modificação no conhecimento acerca do tema, a opinião sobre a metodologia empregada, se houve reflexo desta disciplina em outras subseqüentes durante a formação de Licenciatura em Física, e se houve reflexo da disciplina na atuação enquanto docente em sala de aula.

A partir da análise das respostas aos questionários, o estudo identificou pontos relevantes: (i.) o conhecimento sobre a História da Física e suas ideias era reduzido antes do ingresso no curso e a formação no Ensino Médio pouco contribuiu para tais referências, que dependeram do interesse do estudante e da busca por fontes de informação alternativas; (ii.) avaliou-se a escolha da bibliografia principal do curso enquanto base de consulta como bem sucedida, por ser um texto atraente e de fácil compreensão; (iii.) da mesma forma, a apostila fornecida com os demais textos da disciplina refletiu impressões positivas e até no uso deste referencial em outras situações do curso; (iv.) por unanimidade, o emprego de vídeos e trechos de documentários foi valorizado pelos alunos por ajudar na manutenção da atenção e estimular estudos mais avançados; (v.) quase a totalidade dos alunos respondentes declarou ter conseguido acompanhar bem as aulas e avaliam as propostas como dinâmicas, valorizando a postura do professor e o domínio do mesmo acerca dos temas propostos.

Houve elogios quanto aos instrumentos de avaliação eleitos que tiveram claro papel formador. Nos questionários solicitados ao longo do semestre por garantir a leitura e compreensão dos textos e assuntos tratados, além melhorar a capacidade expressiva, embora tenham exigido tempo e dedicação do professor na correção e retorno com comentários em cada atividade como maneira de reforçar o vínculo e segurança dos alunos. A avaliação final obrigatória foi avaliada como sendo adequada para a disciplina. Sobre o trabalho coletivo para apresentação, apresentou retorno bastante favorável nos questionários, reforçando a necessidade de grande acompanhamento do processo pelo professor e reforço da responsabilidade dos alunos na apresentação de conceitos fundamentais aos colegas que contribuirão na formação do grupo, para além da obtenção de nota nesse quesito.

Contudo, a pesquisa desenvolvida por Silveira (2008) concluiu que as aulas na disciplina abordada tiveram sucesso no desenvolvimento, não apenas no entendimento da Física e evolução de suas ideias, mas também em infundir nos estudantes maior entusiasmo pelo estudo da Física e a continuidade de uma postura epistemológica receptiva nesse sentido. Garantiu-se, assim, que esta etapa do curso de Licenciatura em Física teve impacto na formação dos alunos envolvidos, considerando que a influência das práticas vivenciadas foi caracterizada como duradoura. O autor salienta, por fim, a grande valia de ouvir os alunos enquanto oportunidade de tecer adaptações necessárias aos diversificados moldes formativos, com o intuito de ampliar a eficácia das ações de ensino e aprendizagem estabelecidas.

#### *Pesquisa II - Tese - Prototexto, narrativa poética da Ciência*

A segunda pesquisa em análise nesse levantamento foi desenvolvida por Araújo (2009) e abordou o prototexto como estratégia de construção do conhecimento científico. Prototexto é um conceito que foi desenvolvido pelo próprio autor como fruto de suas reflexões e práticas na docência no ensino de Física com ênfase matemática e no contexto da universidade. Araújo (2009) definiu prototexto como uma narrativa poética da ciência que opera como estratégia de construção de conhecimento e religação de saberes no ensino de Física. Trata-se de um texto literário com temática científica de caráter complexo, inacabado, com linguagem poética e escrito pelo aprendiz de ciência para compor gradativamente seu conhecimento (ARAÚJO, 2009, p. 12). Justifica-se o emprego desta estratégia para o alcance, a partir de um tema da Física, de um aprendizado que englobe os múltiplos aspectos do conhecimento dispersos em disciplinas, pois sendo uma matriz complexa o texto literário busca trazer concomitantemente aspectos do formalismo matemático e a discursividade da ciência.

O estudo abordado por Araújo (2009) consistiu em uma investigação de caráter bibliográfico, na qual o autor trouxe a proposta de uso do prototexto como estratégia eficaz para o ensino de Física mediante uma abordagem educacional em consonância com os preceitos advindos da complexidade. Para tanto, apoiou-se nas produções de Edgar Morin a fim de justificar a aliança entre a literatura e a Física como escolha eficaz para uma aprendizagem mais ampla e contextualizada. O termo prototexto foi adotado em razão de o prefixo “proto” apresentar o significado de esboço, início de um projeto, modelo provisório (ARAÚJO, 2009, p. 34). O prototexto, portanto, traz em seu significado uma matriz narrativa em que o sujeito

pode criar histórias resultantes de sua particular compreensão do universo mantendo o vínculo com o mundo e a natureza como maneira de obter um conhecimento objetivo que coexiste com a subjetividade do cosmos.

O trabalho de Araújo (2009) buscou utilizar-se de narrativas em parte autobiográficas a fim de superar os preceitos da objetividade e rigor científicos, por acreditar que as observações não podem ser concretizadas sem um observador, e que não é possível excluir do texto o sujeito do conhecimento que testemunha a própria aliança com a natureza. Com base em Edgar Morin, o autor sugeriu a reintegração do sujeito no processo do conhecimento de forma aplicada, mediante o desenvolvimento de uma estratégia de construção do conhecimento. Nessa, o foco seria uma compreensão do universo a partir do reencantamento da natureza como parte da história dos “aprendizes de ciência”, termo adotado para substituir a palavra “aluno”, considerando o ensino como processo complexo e ativo. Defendeu-se, deste modo, uma prática pedagógica que não se esgota em confirmar o previsto com uma ênfase matemática no ensino como verdade a ser seguida, mas que contemple a complexidade do conhecimento e do ser humano.

Tendo sido educado nesse pensamento de separabilidade disciplinar, Araújo (2009) buscou modificar essa visão aplicando, no período de 1997 a 2004, a metodologia abordada em suas aulas de Física e assumindo como estratégia para produção de conhecimento. Contrapondo-se ao rigor e fixidez das leis da Física na ciência moderna, os textos foram se constituindo como uma estratégia pedagógica em que os saberes são inacabados e associados ao aspecto da historicidade. Buscou, dessa forma, criar espaço para dimensão humana dos estudantes ao manifestarem as aptidões filosóficas, científicas, criativas e estéticas como materialização educacional na prática escolar.

Para fundamentação teórica da pesquisa, Araújo (2009) utilizou-se da relação entre educação e complexidade, adotando as ideias colocadas por Morin para relacionar a discursividade e a matemática como caminho possível em busca da religação de saberes. Voltou-se à ação educacional para situações-problema de cada área do conhecimento e dialogia entre elas em prol de atender a demanda da complexidade da natureza e do mundo contemporâneo. Ressaltou a necessidade de entender a Física como disciplina em interação com o contexto circundante e produtora de um conhecimento pertinente, apoiado nos princípios regentes do pensamento complexo elaborados por Edgar Morin: o princípio sistêmico ou

organizacional, hologramático, do anel recursivo, o anel retroativo, da auto-eco-organização, dialógico, da reintrodução do conhecimento em todo conhecimento. Araújo reforçou, dessa forma, a necessidade de aplicar princípios que permitam a religação de saberes em detrimento aos três pilares da certeza, elementos também discutidos por Edgar Morin. O autor buscou, a partir dos pressupostos elencados, na literatura e na poesia enquanto elementos capazes de alcançar rotas que levam a um fator ignorado pelas ciências: o sujeito humano.

Verificou-se, assim, o prototexto como um princípio organizador do conhecimento enquanto sistema complexo em favor de um ensino de Física no qual há a convivência das matrizes matemáticas e metáforas na construção de modelos de leitura dos enigmas da natureza. Araújo (2009) defende a utilização do prototexto não como única ferramenta metodológica, mas como estratégia possível na garantia da inteligibilidade da ciência com o uso da imaginação, amplamente possibilitada pela atividade literária.

*Pesquisa III - Dissertação - Aproximações entre o ensino de Física e a complexidade na construção do conhecimento científico à luz de uma abordagem socioambiental*

A terceira pesquisa que compõe este mapeamento, escrita por Santos (2015), buscou refletir sobre o potencial de situações de ensino que podem ser desenvolvidas em aulas de Física, visando a construção de uma cultura científica voltada ao desenvolvimento de um pensamento complexo. Por proposta educacional que visa uma formação pautada na complexidade, a autora explicou ser a formação de cidadãos com competência e autonomia para associar os saberes escolares, atribuindo-lhes significados no contexto social e cultural a partir de incertezas, contradições e da não linearidade.

Para atingir o objetivo principal traçado, Santos (2015) apoiou-se como pressuposto teórico na concepção de pensamento complexo de Edgar Morin e no vetor epistemológico proposto com Gaston Bachelard, por identificar aproximações entre tais vertentes em contraposição aos métodos de ensino puramente mecanizados pelo rigor determinista, defendendo a ideia de complexidade na ciência. Ambos os referenciais trazem a necessidade de repensar o conhecimento científico rompendo com as evidências cartesianas através da perspectiva complexa.

Utilizando-se dos conhecimentos trazidos por Edgar Morin, vimos que Santos (2015) embasou a construção de indicadores que sintetizam as características de um pensamento

complexo, a saber: (i.) capacidade de perceber a complementaridade entre os fenômenos ou situações aparentemente excludentes; (ii.) capacidade de compreender o conhecimento como processo de constante reforma do pensamento havendo um diálogo entre certezas e incertezas; (iii.) capacidade de estabelecer um diálogo entre a ordem, desordem e organização compreendendo que somos produtos de uma sociedade por nós produzida; (iv.) capacidade de distinguir sem desunir, associar sem reduzir e reconhecer a existência de unidades na diversidade e da diversidade a partir de unidades, articulando diferentes conhecimentos e saberes percebidos como constituintes de um conhecimento maior; (v.) capacidade de construir e atribuir significados a determinados conteúdos e fenômenos a partir de relações e conexões entre eles e o contexto mais amplo no qual se inserem.

Associando esses indicadores com a ideia do perfil epistemológico de Gaston Bachelard, foi considerado, nessa dissertação, que o pensamento complexo na construção do conhecimento escolar pode se desenvolver em um sentido crescente de abstração organizado a partir de um vetor epistemológico. Assim, Santos (2015) delimitou três regiões como base teórica para análise dos dados: a primeira região caracterizada por um pensamento simples e imediato; a segunda região que se caracteriza por um pensamento expressado através de construções argumentativas mais elaboradas, ainda que de forma direta e causal; e a terceira região que demarca o início do desenvolvimento de um pensamento complexo, com articulações elaboradas e argumentações mais abstratas em análises críticas e reflexivas diante das situações.

Como suporte na opção metodológica de uma proposta de ensino a ser aplicada, viabilizando a realização da investigação de sua dissertação, Santos (2015) fez a aplicação de uma sequência de aulas intitulada “Aquecimento Global: alguns encaminhamentos para sala de aula”, que tratava das questões ambientais nas aulas de Física, por meio de uma perspectiva da complexidade, objetivando contribuir para uma formação crítica, complexa e reflexiva.

A sequência didática foi descrita em cinco momentos, com base nos conteúdos programados em cada etapa. A pesquisadora, professora de Física na unidade escolar há quatro anos, aplicou a proposta de ensino em suas aulas para alunos de três turmas diferentes do segundo ano do Ensino Médio. Para análise de dados, foram considerados 27 sujeitos, com frequência superior a 80% nos encontros previstos. Essa pesquisa foi do tipo investigação

participante e utilizou como instrumentos para coleta de dados as gravações de áudio das aulas, questionários abertos e produção verbal e escrita por parte dos alunos.

Tomando como referência as regiões definidas anteriormente para caracterização do pensamento complexo, a autora transpôs as diretrizes para o contexto da proposta de ensino e no tema do aquecimento global como forma de avaliar e categorizar as respostas e comentários dos discentes. Para tanto, considerou que respostas enquadradas em uma mesma região poderiam apresentar diferentes níveis de argumentação. Além disso, alguns dados poderiam ser classificados em mais de uma região, sendo priorizada aquela mais próxima da noção de pensamento complexo. A cada atividade proposta, Santos (2015) classificou as respostas e participações verbais e escritas dos alunos nas regiões do pensamento complexo delineadas, analisando a frequência e variedade de construções.

Com as etapas mencionadas, foi possível perceber que, antes do desenvolvimento das aulas, os alunos expressavam majoritariamente, em seus argumentos, um pensamento simples e imediato, percebendo pouca relação entre o objeto de estudo e o contexto científico e social no qual estavam inseridos. Gradativamente, foi possível afirmar que houve avanços na compreensão da relação entre objeto e contexto e a diminuição dos argumentos indicativos do pensamento mais simples e imediato. Isso indica que as atividades trouxeram contribuições para construção de uma visão mais elaborada sobre as questões ambientais.

A autora, com essas etapas analíticas, concluiu que o processo educativo trouxe indícios do desenvolvimento de um pensamento com maior poder explicativo mediante alterações nas argumentações fornecidas, sinalizando que as atividades e discussões fomentadas na disciplina facilitaram o desenvolvimento de um pensamento que começa a apresentar características de um pensamento complexo.

*Pesquisa IV - Dissertação - Estudo de uma proposta de ensino de Física para o primeiro ano do Ensino Médio inspirada na teoria do pensamento complexo de Morin*

A pesquisa de Oliveira (2016), quarto trabalho analisado, trouxe como objetivo a reestruturação da própria prática pedagógica de ensino de Física para o primeiro ano do Ensino Médio, mediante um processo reflexivo e respeitando o Currículo Oficial do Estado de São Paulo, na busca por contribuir para o desenvolvimento do pensamento complexo dos alunos. Buscou-se, com as ações de ensino e aprendizagem desenvolvidas, para além da simples

acumulação de conhecimentos, ao possibilitar a reflexão e obtenção de soluções para problemas mais amplos e reais, levando os envolvidos a pensarem mais complexamente. Como fundamentação teórica, o autor utilizou majoritariamente os sete saberes necessários para educação do futuro, definidos por Edgar Morin, descrevendo cada um deles: o conhecimento, o conhecimento pertinente, a identidade humana, a compreensão humana, a incerteza, a condição planetária e a antro-po-ética.

Oliveira (2016) iniciou, para tanto, com uma análise curricular com relação a usual ordem de apresentação dos conteúdos previstos na série em questão, a fim de planejar ações que possibilitassem a construção de um conhecimento pertinente. Utilizando uma problematização como ponto de partida no início do ano letivo, buscou integrar todo conteúdo de Física envolvendo os estudantes em um processo investigativo. Através de um triplo diálogo, consigo mesmo, com os outros e com as situações, o professor e pesquisador estabeleceu processos reflexivos sobre a prática pedagógica comumente adotada, possibilitando alterações e ressignificações.

Como produto, foi construída uma sequência didática implementada com as turmas do primeiro ano do Ensino Médio, durante um ano letivo. Tal sequência visou não apenas avançar nos conhecimentos conceituais dos alunos, mas atender aos pressupostos dos sete saberes propostos por Edgar Morin para o desenvolvimento de um pensamento complexo. É importante destacar que o processo de aplicação das atividades não era o foco da pesquisa e não foi descrito analiticamente, houve apenas a apresentação da proposta construída.

O pesquisador detalhou cada atividade da sequência didática junto a orientações de aplicação e trouxe quais saberes de Edgar Morin poderiam ser desenvolvidos com a prática. Diferentes saberes se repetiram nas diferentes atividades, contudo, sempre em nível superior de exigência e contribuindo para que o pensamento complexo pudesse se estabelecer. Ao final, construiu-se um quadro no qual foi possível consultar quais dos sets saberes poderiam ser desenvolvidos a cada uma das atividades previstas. As propostas descritas eram interdisciplinares, considerando que relacionam não apenas conteúdos de Física, como também abriam diálogo com outras áreas do conhecimento e até mesmo com o campo da ética, natureza humana e construção de saberes, arte, incerteza e a compreensão do homem.

Sua proposta didática foi apresentada para 67 professores da área de Ciências da Natureza e Matemática, provenientes de escolas públicas em uma cidade no interior de São

Paulo, sendo 12 de Física, 10 de Química, 25 de Matemática e 10 de Biologia. Tal apresentação iniciou elucidando a teoria do pensamento complexo como primeira etapa e se deu em um curso de dois dias (16 horas totais). Para que os sujeitos opinassem sobre a viabilidade e valor do projeto abordado, foi aplicado um questionário com nove questões estruturadas e fechadas e uma questão estruturada e aberta.

Com a análise das respostas, foi possível identificar alguns pontos relevantes, citados a seguir: (i.) a maior parte dos professores está insatisfeita com a própria prática; (ii.) os professores desconhecem a teoria de Morin sobre o pensamento complexo; (iii.) grande parte do público considera difícil aplicar a teoria abordada apenas conhecendo a parte conceitual; (iv.) os professores demonstraram gostar da sequência didática apresentada e entenderam as atividades como exemplo que viabiliza contextualizar as práticas em sala de aula efetivamente; (v.) as atividades propostas facilitam a implementação de práticas interdisciplinares; (vi.) os docentes acreditam que as aulas seriam mais atrativas com a implementação das atividades; (vii.) há ainda uma parcela de professores que considera que os conteúdos previstos, quanto aos saberes específicos, seriam lesados com o uso de propostas desta natureza; e (viii.) a proposta se mostra de fato como exequível.

Com os retornos nas questões abertas por uma parcela reduzida dos envolvidos, com apenas 11 respondentes, foi possível constatar que esses professores compreenderam a sequência apresentada como receita a ser seguida, com reduzida postura reflexiva e crítica diante do exposto. Partiu-se da ideia de que os docentes encontram obstáculos para pensar sobre o ensino que lecionam, aprofundando-se em seus limites e possibilidades; da mesma forma que pouco buscam referenciais teóricos capazes de subsidiar as práticas laborais e apontar caminhos inusitados possíveis e promissores.

O ponto de partida para Oliveira (2016) foi a busca por uma metodologia eficaz para o ensino de Física, intuito esse que foi se remodelando em profunda reflexão sobre a prática docente pessoal. Ao olhar para cada atividade, almejando identificar pontos que poderiam desenvolver o pensamento complexo, o autor acabou desenvolvendo o próprio pensamento complexo. Nesse processo, o ensino específico de conceitos de Física deixou de ser o objetivo final da docência, sendo entendido como instrumento educativo para formação de um cidadão crítico, consciente e atuante na sociedade.

*Pesquisa V - Dissertação - A relação interdisciplinar entre Física e Filosofia no terceiro ano do Ensino Médio em uma escola pública na cidade de Manaus*

A quinta e última pesquisa que compõe o mapeamento foi realizada por Carmo (2016) e trouxe como objetivo analisar as concepções dos alunos e dos professores sobre o trabalho interdisciplinar das disciplinas de Física e Filosofia. A pesquisa apresentou questões evidenciadas em ambos os campos do conhecimento, expondo os alunos frente a situações concretas e reais. A interdisciplinaridade foi entendida ser um elo entre a compreensão das disciplinas nas suas mais variadas áreas ao abranger temáticas e conteúdos viabilizando recursos inovadores e dinâmicos com a ampliação das aprendizagens a fim de conhecer todo percurso histórico, social e as habilidades desenvolvidas pelos alunos.

Como parte do processo de obtenção do conhecimento, a autora teceu um mapeamento do tipo Estado da Arte, fazendo um resgate de publicações feitas entre os anos de 2005 e 2015 nacionais e internacionais que contribuíam e ofereciam propostas para o ensino de Física e de Filosofia, em uma abordagem interdisciplinar. Como produto dessa etapa foi identificado o crescimento do componente da interdisciplinaridade na produção acadêmica, proporcionando maior capacidade argumentativa entre professores e alunos e sendo um caminho relevante para construção do conhecimento em Física e Filosofia.

Metodologicamente, a dissertação de Carmo (2016) englobou quatro momentos: entrevistas semiestruturadas com dois professores de Física e uma professora de Filosofia (para identificar opiniões sobre o tema e proporcionar uma reflexão); questionários com seis perguntas fechadas aplicados aos alunos de duas turmas do terceiro ano do Ensino Médio antes e após a aula observada, analisados quantitativamente pela escala Likert (para conhecer se os sujeitos sabiam qual a relação entre Física e Filosofia); observações em sala de aula em três ocasiões analisadas a partir de roteiro pré-definido (para constatação minuciosa dos fatos com relação ao conteúdo e comportamento do professor).

Pelas entrevistas, foi possível constatar que os professores entendem que há uma contribuição significativa e que o trabalho eficaz da interdisciplinaridade entre a Física e Filosofia oportuniza aulas mais produtivas, permitindo ao aluno a construção de saberes significativos. Os docentes demonstram tentativas em prol de um trabalho interdisciplinar, entretanto, afirmaram que a interdisciplinaridade precisaria constar como componente

favorável ao ensino e estar delineada no plano de aula para melhor compreensão dessa estratégia de interligação de conhecimentos.

Os questionários, conforme mencionado anteriormente, foram avaliados pela escala Likert, que mede atitudes e comportamentos utilizando opções de resposta que variam de um extremo a outro (nesse caso de “discordo totalmente” para “concordo totalmente” em cinco fatores), permitindo revelar níveis de opinião. As respostas obtidas nos questionários iniciais revelaram que os discentes não têm opinião formada sobre se possuem dificuldade para aprender Física e Filosofia, sobre o apreço pelo processo de ensino e aprendizagem nas disciplinas, sobre a existência de relação entre ambas as disciplinas e sobre a Filosofia enquanto facilitador para o aprendizado de Física. Apontou que concordam que os conteúdos de Física e Filosofia são importantes para a vida e que os conhecimentos de Física e Filosofia estão relacionados com o dia a dia.

As observações em sala de aula compuseram uma etapa para complementar os processos investigativos anteriores. Os apontamentos realizados permitiram à autora afirmar que a questão da interdisciplinaridade esteve presente de maneira superficial, mesmo não sendo contemplada no plano de ensino. Percebe-se que a relação do professor com o aluno consiste em fator importante para adequar as propostas pedagógicas e viabilizar a motivação para aprendizagem. É constatado ainda que o emprego de recursos tecnológicos foi elemento que proporcionou maior interesse em aprender de forma compatível com o contexto da atualidade.

Por fim, houve a aplicação do mesmo questionário inicial após as aulas dos professores. As respostas obtidas revelaram modificações: os discentes discordam sobre se possuem dificuldade para aprender Física e Filosofia; concordam sobre o apreço pelo processo de ensino e aprendizagem nas disciplinas; acreditam na existência de relação entre ambas as disciplinas, não tem opinião formada sobre a Filosofia enquanto facilitador para o aprendizado de Física, concordam que os conteúdos de Física e Filosofia são importantes para a vida; e concordam que os conhecimentos de Física e Filosofia estão relacionados com o dia a dia.

Os docentes participantes se mostram conscientes da interdependência entre as disciplinas, prevendo a Filosofia como base no entendimento de todas as outras áreas curriculares por contemplar um importante elo histórico. A sugestão colocada de relacionar os conteúdos de ciências, especificamente de Física e Filosofia, após o estudo, é reafirmada como benéfica ao entendimento do aluno e ao estímulo da autonomia do professor, bem como

enquanto passo importante na direção de uma real mudança de pensamento como maneira de superar os desafios impostos pelo século XXI.

Com este estudo, Carmo (2016) concluiu que há relação entre os conteúdos de Física e Filosofia. No entanto, se faz necessário criar alternativas e estratégias para conduzir os conceitos sob nova perspectiva em sala de aula, propiciando ao aluno conhecer e estudar com prazer ambas as disciplinas com contextualização e resgate histórico. Deixa, ao final, uma relação de conteúdos escolares que podem ser trabalhados nas aulas de Física e Filosofia de forma interdisciplinar, reforçando o fato de que quaisquer disciplinas podem ser trabalhadas com integração, a depender da proposta prevista no plano e atitude problematizadora por parte do professor.

### **O que o inventário nos diz sobre Edgar Morin no Ensino de Física**

Atualmente, Edgar Morin consiste em um dos grandes expoentes das ideias da complexidade, defendendo que “a complexidade é um tecido (*complexus*: o que é tecido junto) de constituintes heterogêneas inseparavelmente associadas: ela coloca o paradoxo do uno e do múltiplo” (MORIN, 2005, p. 13). Além disso, descreve o pensamento complexo como “tecido de acontecimentos, ações, interações, retroações, determinações, acasos, que constituem nosso mundo fenomênico”. O autor francês ressalta a articulação entre todo o conhecimento como forma de contribuir na promoção de situações efetivamente possíveis para formação desejada e significativa.

Quando pensamos na educação básica, particularmente no contexto que se insere esta nossa pesquisa, é comum que estudantes percebam as aulas da disciplina de Física como fatídicas e sem significado, com dizeres como “é muito complicado”, “eu não consigo entender” ou “qual o motivo de aprender isso?”. Concomitantemente, temos professores buscando trazer os tópicos abordados pela área do conhecimento ainda de forma bastante tradicional em sua maioria, lutando contra a desistência e falta de interesse por parte dos discentes na resolução das atividades propostas, o que muitas vezes gera frustração e outros obstáculos a serem superados no cotidiano em sala de aula. Estudantes e docentes frustram-se mútua e simultaneamente, pois estão reféns de um modelo de escola arcaico e construído sobre insígnias que não edificam um lugar de educação plena, mas de respostas prontas e entregues prontamente, sob demanda.

Já há tempo sabemos que é necessário promover processos educativos que propiciem um olhar mais contextualizado com a realidade dos sujeitos envolvidos, assumindo uma perspectiva crítica com processos reflexivos, a fim de que se possa melhor abarcar as incertezas e a pluralidade da(s) ciência(s). Assim, cresce a relevância do pensamento complexo como paradigma que estabelece a religação e relação entre os saberes e o pensamento multidimensional, sendo essencial infundir tal visão nas diferentes dimensões que envolvem o ensino e a aprendizagem.

Retomando nosso objetivo inicial, que consiste em analisar como e em que medida o pensamento complexo pode influenciar a formação docente na licenciatura em Física, fortalecendo a formação humana, foi preciso verificar como Edgar Morin esteve presente nos estudos que compõe este mapeamento. Em todos eles, o autor esteve presente com conceitos importantes que sustentaram o referencial teórico. Para além desta aplicação, Santos (2015), ao traçar categorias para análise de dados aliando a complexidade com os pressupostos teóricos de Gaston Bachelard sobre o perfil epistemológico, o fez de acordo com a organização do pensamento complexo, definindo três regiões hierarquizadas que marcam a evolução deste tipo de pensamento. Essa construção contribuiu para posteriormente analisar e interpretar as construções argumentativas dos sujeitos participantes. Oliveira (2016), de modo similar, utilizou os sete saberes necessários para educação do futuro, definidos por Edgar Morin, para avaliar quais deles foram desenvolvidos nas propostas pedagógicas que compuseram a sequência didática aplicada e descrita ao longo da pesquisa.

Os autores citados trouxeram ideias e conceitos do pensamento complexo para compor a metodologia adotada e análise de dados, não permanecendo apenas na aplicação exclusiva como subsídio na bibliografia. O restante do acervo de pesquisas, sendo as de Silveira (2008), Araujo (2009) e Carmo (2016), exploraram mais a teoria do pensamento complexo como referencial teórico, associando com as ideias e conclusões fomentadas a partir do percurso metodológico desenvolvido em grande parte com as ideias de Morin.

A fim de melhor organizar os pontos de análise, trazendo elementos que apontam de que modo o pensamento complexo pode influenciar a formação docente na Licenciatura em Física, definimos três categorias de acordo com as convergências entre os focos temáticos das teses e dissertações que compuseram o mapeamento: visão da Física, processos didático-metodológicos e saberes docentes. A seguir, detalhamos cada um desses elementos, analisando-

os criticamente a partir do que localizamos nas pesquisas inventariadas pelo Estado do Conhecimento.

### *Visão da Física*

Os estudos evidenciam estratégias e metodologias utilizadas pelos professores, como explicações expositivas, resolução de exercícios e direcionamento por meio dos livros didáticos. Isso tudo visa atender às demandas do sistema educacional no que se refere ao material didático norteador, avaliações externas, diretrizes curriculares, planejamento e tempo disponível. Nesse sentido, Araújo (2009) ressalta que a ciência praticada na maior parte das situações de ensino tem uma característica muito peculiar, que é a desvinculação com a realidade e com as experiências do estudante. A primazia de estratégias tradicionais é também citada por Carmo (2016), ao caracterizar as aulas muitas vezes vivenciadas por professores e alunos como expositivas, permeadas por exercícios repetitivos, assegurando um certo distanciamento dos conteúdos com a realidade circundante. Mas, já não é sabido que práticas mais contextualizadas poderiam favorecer a compreensão e aprendizado dos conteúdos, bem como o estímulo ao estudar? O que se passa com a escola que não consegue incorporar, no seu cotidiano, a necessária mudança de paradigmas – da cabeça bem-cheia para a cabeça bem-feita, como propôs Morin (2003)?

O aspecto do conservadorismo metodológico é bastante relacionado à falta de aplicabilidade dos conhecimentos provenientes da disciplina abordada e, conseqüentemente ao desinteresse, dificuldade e aversão por parte dos estudantes. É importante considerar que a maior parte das pesquisas mapeadas foi desenvolvida tendo como sujeitos de produção de dados alunos cursando o Ensino Médio, fase na qual um olhar pragmático para os conceitos físicos é ainda mais predominante. Considera-se a discrepância entre o que se espera do ensino de Física e o que se ensina de fato nas aulas como a grande origem de desinteresse e falta de conhecimento apresentados pelos alunos (OLIVEIRA, 2016).

Contudo, a única investigação desenvolvida com licenciandos em Física no primeiro semestre do curso trouxe, da mesma forma, a dificuldade mencionada pelo desafio de cativar e incentivar a continuar investindo esforço e recursos financeiros em um curso de formação de professores de Física, por se tratar de uma instituição particular (SILVEIRA, 2008). Além, é claro, da necessidade de se atender às exigências legislativas e pedagógicas de se adequar a

disciplina ao público recém-egresso do Ensino Médio. Assim, as etapas desenvolvidas no estudo permitiram identificar que, “mesmo os alunos que procuram um curso de Licenciatura em Física pouco conhecem sobre a história ou ideias da Física” (SILVEIRA, 2008, p. 96).

Para o curso de Física em análise, a relação de candidatos por vaga é baixa e não há processo seletivo de ingresso devido à ausência de demanda. Sendo assim, Silveira (2008, p. 55) aponta que uma parcela dos calouros inicia a formação com “dificuldades básicas, inclusive em leitura e compreensão de textos”. Há, ainda, o fator de programas sociais que subsidiam os estudos em centros deste tipo, e proporcionam o acesso de trabalhadores com tempo reduzido de dedicação, exigindo do professor formador além de conhecimentos técnicos e pedagógicos. No caso apresentado na pesquisa de Silveira (2008), o docente optou pelo uso de textos para estudo e discussão, valendo-se de aulas expositivas como forma de facilitar o ensino e aprendizagem dos primeiros pontos tratados no programa para alunos iniciantes e com sérias limitações, especialmente no que se refere a leitura e compreensão textual.

Do mesmo modo, Oliveira (2016) expôs o importante papel do professor diante desta realidade educacional, ao resgatar a própria dimensão crítica, reflexiva e de profissional intelectual para de fato ter condições de se tornar pesquisador da própria prática com aptidão em questionar o ensino e as ações pedagógicas tradicionais. A citada mudança de perspectiva é um exercício complexo que exige um novo entendimento da Física enquanto disciplina, considerando os aspectos históricos, sociais, políticos, comunicativos, ambientais e todas as relações que estabelece com o meio circundante como parte de um conhecimento mais amplo.

Araújo (2009, p. 43) fundamentou reflexões sobre o inacabamento dos saberes e reforçou que, cada vez, mais é restringido aos professores de Física a função de repassar um banco de dados construído pela ciência após o processo de transposição didática e simplificação para o ensino, “por meio da linguagem inquestionável da matemática e mostrando apenas qual a equação mais adequada para representar determinado fenômeno natural”. Identificou-se, assim, a necessidade de se estabelecer uma prática pedagógica reflexiva que, somada ao envolvimento e execução de estratégias de ensino, permite um posicionamento crítico e garante o ajuste das práticas desenvolvidas à realidade vigente, em meio a uma atitude permanente de questionamento e formulação de hipóteses, por entender, conforme Silveira (2008, p. 86), que a “Física que está sendo descoberta, ao invés de apenas enumerarmos fatos e leis”.

Silveira (2008) apontou que uma visão mais crítica da Física é resultante da compreensão por parte dos alunos de possibilidades para lidar com problemas a partir da reflexão espontânea sobre conceitos e incentivo a um pensamento mais conceitual, não puramente técnico ou de fórmulas que exigem conhecimento matemático. O citado olhar inusitado para o ensino da Física foi identificado na fala de alguns autores das pesquisas do inventário como sendo algo integrante das experiências pessoais enquanto professores dessa ciência.

Por exemplo, Araújo (2009, p. 18) que, apesar de estar “acostumado com a ênfase matemática no ensino como verdade a ser seguida, ansiava por uma prática pedagógica que não se esgotasse em confirmar o previsto, mas que contemplasse a complexidade do conhecimento e do ser humano”. Portanto, em contraposição a simples transmissão de conceitos, o pesquisador tentava promover uma aprendizagem em que o estudante incluísse a própria visão de mundo no estudo da Física e o conhecimento pudesse acontecer como uma libertação ao longo de suas tentativas de aprender conceitos e leis, e não a mera aceitação tácita desses.

Segundo o registrado na tese, em suas aulas, Araújo (2009) buscava discutir para além dos conteúdos programáticos e utilizava-se de textos como uma estratégia pedagógica em que o conhecimento era inacabado, indo além da fixidez das leis físicas supostas pela ciência moderna como eternas e a-históricas. A opção pela construção de contos e crônicas foi devido ao entendimento de tais recursos como estratégias capazes de tornar mais palatáveis conceitos de física e considerando o fato que, no percurso da escrita, a incerteza é quase uma certeza aberta para recepção dos conteúdos em função das reflexões, das pesquisas e discussões com os colegas, reafirmando o caráter fluido e infinito do saber.

Com isso, observamos que “*Visão da Física*” se torna, efetivamente, uma categoria deveras relevante no que diz respeito à transição do tal tradicionalismo para o pensamento complexo no Ensino de Física.

#### *Processos didático-metodológicos*

As pesquisas mapeadas reconhecem a necessidade de unir os conhecimentos que se mostram na maior parte das situações de maneira fragmentada, sendo esse um ponto bastante explorado pelo pensamento complexo de Morin (2001, p. 69), que critica o fato de “as disciplinas com seus programas e conteúdos não se integram ou complementam, dificultando a

perspectiva de conjunto e de globalização, que favorece a aprendizagem”. Assim, alguns dos autores estudados colocam estratégias e ideias para superação deste entendimento fragmentado da Física.

O programa formativo proposto e aplicado por Silveira (2008) teve como intuito oportunizar o entendimento da evolução das ideias da Física, lançando um olhar filosófico, histórico e físico sobre cada momento estudado. Oliveira (2016), de maneira similar, a partir de um problema geral proposto no início do ano letivo, teve como objetivo integrar todo o conteúdo de Física propondo envolver os estudantes em um processo investigativo. A proposta trouxe a possibilidade de integrar os conteúdos antes abordados de maneira estanque nos diferentes livros didáticos cabendo ao professor evidenciar a pertinência do conhecimento construído sem descaracterizá-lo, evitando limitar sua abordagem a situações descontextualizadas com a vida. Essa maneira de apresentar os conceitos pode proporcionar o estabelecimento de relações da temática abordada com o cotidiano, o que acabará por favorecer o alcance do objetivo do conhecimento científico: resolver problemas originados em nossa existência.

Em uma das atividades que compuseram a sequência didática aplicada na investigação de Oliveira (2016), foi exigido o uso de conhecimentos geográficos, históricos, matemáticos, astronômicos, e uma boa capacidade de abstração para se chegar ao comprimento da Terra. O autor aponta que, mais importante do que os cálculos em si, foi a discussão apropriada desse método, ajudando os alunos a compreenderem que, para a resolução de um problema concreto, faz-se necessário integrar diferentes tipos de conhecimento. Em outro momento, foi proposta a integração de vários conteúdos para a construção dos conhecimentos necessários para a determinação das causas do movimento circular a fim de desenvolver a “percepção de que todo o conhecimento está conectado e que uma visão geral do assunto em questão é essencial para a resolução de um problema” (OLIVEIRA, 2016, p. 74).

Araújo (2009) cita seu propósito de encarar a Física como uma disciplina em interação com o mundo em busca de um conhecimento pertinente que se dirige à totalidade do ser humano, apoiado nos princípios regentes do pensamento complexo elaborados por Morin e religação dos saberes em contraposição aos três pilares da certeza: o princípio da ordem, o princípio da separabilidade e o princípio da razão absoluta. O pesquisador apresenta para tanto uma estratégia de construção do conhecimento que, ao invés da causalidade unilinear e

unidirecional, apresenta-a como circular e multireferencial. Isso quer dizer que a construção do conhecimento opera sobre uma lógica capaz de conceber a convivência de noções simultaneamente complementares e antagônicas, com o imbricamento da integração das partes ao todo e o reconhecimento do todo no interior das partes. Na proposta que compôs, “a pluralidade e a matemática se entrelaçam no ensino de Física e dão suporte para que a narrativa poética da ciência efetive o propósito de pensar a educação com fins a religação dos saberes” (ARAÚJO, 2009, p. 44). Dessa forma, o pesquisador evitou um modo de pensar fragmentário e reducionista que impedem o ser humano de desenvolver um conhecimento notadamente transdisciplinar e dinâmico, assim como é a complexidade da natureza e do mundo.

Nessa perspectiva, Carmo (2016) trata da precisão de compreender e entender as partes de ligação entre as diferentes áreas de conhecimento, unindo para transpor em algo inovador e ultrapassar o fragmentado. Sobre isso cita que, com o intuito de superar o isolamento entre as disciplinas e repensar o próprio papel dos professores na formação dos alunos para o contexto atual, a interdisciplinaridade propõe um “avanço em relação ao ensino tradicional com base na reflexão crítica sobre a própria estrutura do conhecimento” (CARMO, 2016, p. 81).

Outros trabalhos analisados contribuem para a abordagem da interdisciplinaridade como prática didático-metodológica importante e que favorece uma abordagem em prol da complexidade. Oliveira (2016) enfatiza a importância da adoção de práticas interdisciplinares em aulas de ciências, visando preparar os alunos para análise de situações concretas que envolvem o cotidiano. Identifica, assim, o potencial deste tipo de prática no desenvolvimento de seus estudantes nas dimensões procedimentais (capacidade em aplicar o conhecimento construído) e atitudinais (desenvolvimento de valores e princípios éticos que devem moderar as suas relações sociais).

No contexto da pesquisa desenvolvida, Oliveira (2016) buscou estabelecer relações entre temáticas da própria Física que normalmente são abordadas desconexamente e abriu um diálogo com outras disciplinas não científicas (nas palavras do autor). Para isso, trouxe questões e reflexões que levam em consideração “a ética, a natureza humana, a construção do conhecimento humano na história, a incerteza que permeia tudo aquilo que foi construído pelo homem, e a compreensão humana como algo essencial para a construção do conhecimento” (OLIVEIRA, 2016, p. 87). Tais escolhas metodológicas se deram por considerar que o

pensamento complexo pode ser desenvolvido a partir de uma estratégia pedagógica que considera o geral e a integração de diversificadas concepções.

Ao final de sua pesquisa, Carmo (2016) concluiu que ainda há falta de preparo profissional para os docentes compreenderem e trabalharem com a interdisciplinaridade, mas, que os próprios docentes reconhecem haver uma contribuição significativa a partir do trabalho adequado interdisciplinar entre a Física e Filosofia. A autora salienta que “os professores entrevistados acreditam na grande possibilidade de mudanças e que a interdisciplinaridade pode e deve fazer parte integrante de toda a discussão na formação pedagógica” (Carmo, 2016, p. 56). Essa crença se assenta na ideia de fortalecimento do ensino mediante práticas interdisciplinares de construção do conhecimento, que podem contribuir com novas aprendizagens e maior interesse pelas ciências.

Em conformidade com as ideias de Morin (2002, p. 29), sobre o valor de “formar alunos aptos a articular, religar, contextualizar, situar num contexto e, se possível, globalizar, reunir os conhecimentos adquiridos”, Carmo (2016) nos alerta com relação à necessidade de as disciplinas escolares possibilitarem espaços que favoreçam a reflexão coletiva, visando a construção de um aprendizado contextualizado e significativo, pela prática interdisciplinar. Para aplicação de tais diretrizes, a autora orienta os docentes a tecerem uma “retrospectiva do início da história da Filosofia concomitantemente com a história da Física, rompendo as questões que foram emitidas de que a Física é somente cálculos e que a filosofia não tem importância” (CARMO, 2016, p. 92). Ao final, conclui que pode haver relação entre todas as disciplinas dentro de um contexto sócio-histórico-cultural como eixo integrador. Esse tipo de prática oportuniza também um olhar para além da própria disciplina pelos professores com a retomada do objetivo comum que ultrapassa as diferentes áreas do conhecimento.

Outro ponto de destaque, identificado nas pesquisas mapeadas, refere-se ao reconhecimento da pluralidade de estratégias metodológicas como fator enriquecedor das aulas de Física. Silveira (2008), por exemplo, ao compor a disciplina de Evolução das Ideias da Física, englobou o uso de aulas expositivas, exibição de vídeos, trabalhos escritos, apresentação de trabalhos feitos em grupo pelos alunos e de prova escrita. Essas estratégias foram adotadas na intenção de ampliar a possibilidade de sucesso na aprendizagem, ao considerar as particularidades de cada aluno matriculado na disciplina.

Ao interpretar as respostas obtidas nos questionários da pesquisa, o autor identificou uma justificativa para a opção pela via da complexidade enquanto fundamentação teórica do trabalho e fundamentação dos processos educativos aplicados: “a variedade de recursos sempre é positiva na aprendizagem; um mesmo assunto, visto de várias maneiras, se torna mais claro e significativo para o aluno” (SILVEIRA, 2008, p. 110). Ao reconhecer as individualidades, pode reafirmar sua assertividade na adoção do pensamento complexo como inspiração para trazer múltiplos recursos em prol de alcançar os objetivos pedagógicos. Como forma de garantir a eficácia das escolhas ao longo das práticas, a perspectiva complexa utiliza-se das avaliações como “instrumentos informadores sobre o que está ocorrendo na relação ensino/aprendizagem, para que sejam tomadas as providências para eventuais mudanças de estratégia” (Silveira, 2008, p. 68).

O trabalho colaborativo se mostrou como relevante nas pesquisas analisadas partindo da concepção de que “o avanço da ciência não é linear: faz-se pelas diferentes opiniões, discussões, debates, controvérsias e negociações” (OLIVEIRA, 2016, p. 58). Oliveira (2016) vê as oportunidades de trabalho em equipe como capazes de exercitar o saber, conforme delineado por Morin (2000), da compreensão humana na interação para o levantamento de informações para cumprir a atividade proposta. Entende-se que “mais importante do que o cálculo em si, é a discussão que pode ser desencadeada com os resultados obtidos, pois o principal objetivo é o desenvolvimento do pensamento complexo do aluno” (OLIVEIRA, 2016, p. 68).

Nas ações que compuseram a sequência didática de Silveira (2008), a coletividade e relacionamentos também foram aspectos abordados ao integrar e incentivar a solidariedade entre os alunos. Tais medidas tiveram como propósito permitir experiências significativas que poderão contribuir para futura atividade docente desses estudantes de licenciatura, pois esse é um ofício que exige a colaboração e consciência de classe. Nesse processo, enfatizou-se a oportunidade para exercitar o papel de professores e educadores, ajudando os colegas dos outros grupos a conhecerem algo novo para transformação e crescimento como futuros professores de Física. Foi estimulada a “capacidade de trabalhar em equipe, que, pela nossa experiência pessoal, é extremamente importante no magistério” (SILVEIRA, 2008, p. 90).

Dessa maneira, pudemos evidenciar que a categoria “*Processos didático-metodológicos*” é uma opção fundamentada para se pensar, pesquisar e trabalhar a

complexidade, ou pensamento complexo, dentro de sala de aula, nos processos de ensino e aprendizagem. Essa categoria envolve a interdisciplinaridade, a multirreferencialidade, os princípios da complexidade e estratégias plurais de trabalho pedagógico, incluindo diálogo e cooperação como elementos fundantes.

### *Saberes docentes*

Sobre este eixo de análise, os trabalhos mapeados revelam a contribuição do vínculo com a complexidade para aprendizagem, garantindo moldes formativos mais humanizados. Araújo (2009) se mostra favorável à substituição da convicção tradicional, na qual o professor é mero elemento transmissor passivo de saberes especializados, por uma pedagogia em que professor e estudante compartilham experiências, descobrem potencialidades e se abrem para descoberta de um mundo plural. Aponta essa medida como uma das articulações necessárias entre pedagogia e complexidade, entendendo razão e emoção como instâncias humanas indissociáveis. Em seu exercício enquanto professor, Araújo (2009) procurou fomentar espaços de abertura para a dimensão humana dos estudantes na manifestação das aptidões filosóficas, científicas, criativas e estéticas como materialização educacional na prática escolar.

Durante as atividades propostas e descritas na dissertação de Silveira (2008), a relação afetiva com o professor é reforçada por diálogos formais e informais, bem como em comentários deixados como devolutiva para as atividades entregues periodicamente, devolvidas com correções e observações de cunho personalizado, que alimentam no educando a percepção de que há interesse pelo seu aprendizado. O vínculo resultante “contribui fortemente para que as explanações do professor passem a ter maior força para o aluno, que passa a lhes reservar maior atenção e interesse (SILVEIRA, 2008, p. 64). Faz-se preciso haver o comprometimento mútuo entre as partes envolvidas, construído por meio de diálogo, confiança e compromissos compartilhados. Sob esse cenário, a educação deixa de seguir as diretrizes de certa ditadura racionalista, fazendo emergir alma, sentimentos, emoções e sonhos sem repressão.

Para Carmo (2016), ocasiões de ensino e aprendizagem são necessariamente comunicativas e todos os elementos que compõe as práticas coparticipam com essencial influência no êxito do percurso. Em uma das observações em campo, no ambiente da sala de aula, Carmo (2016, p. 83) percebeu que a professora tem domínio do assunto sendo ensinado, no entanto, “por serem muitas turmas para ministrar aulas se torna inviável a proximidade com

os alunos, comprometendo na preparação de aulas e aplicação de metodologias e didáticas concernentes ao aprendizado”. Portanto, as aulas eram mecanizadas, impessoais e nem sempre as metodologias eram adequadas ao perfil discente.

Os saberes docentes são tratados nas produções acadêmicas como construções ao longo da carreira que favorecem a prática pedagógica e propiciam reflexões essenciais ao desenvolvimento na profissão. No caso particular de Silveira (2008), é ressaltado o potencial de conhecimentos oriundos da história da ciência na formação do professor de Física, capacitando este profissional para visualizar relações históricas entre conceitos físicos, proporcionando melhor entendimento de dúvidas e criando assertividade no suporte aos alunos. Busca-se, desse modo, “propiciar elementos para que os docentes adquiram maior capacidade de reflexão sobre sua própria prática, e ajuda-los a estarem conscientes da epistemologia que sustenta sua abordagem do conhecimento” (Silveira, 2008, p. 38). Na análise das atividades desenvolvidas, o retorno de um dos alunos validou a relevância do domínio e destreza docente ao dizer que “o vasto conhecimento do professor contribuiu para uma melhor compreensão do conteúdo apresentado, pois este foi mostrado de forma clara, objetiva e simples” (Silveira, 2008, p. 112).

Oliveira (2016) coloca que o seu desejo pelo ofício emergiu da intenção de tornar o estudo da Física algo significativo e envolvente para alunos do Ensino Médio, por meio de aulas experimentais. Segundo o próprio autor, trata-se de um desafio que exige preparo, reflexão, referencial, pesquisa e ação para que essas práticas pedagógicas possam se tornar significativas na formação do cidadão crítico e participativo possam ser implementadas. É um movimento de retomada à função de educação plena que foi reduzida, mediante a descaracterização do ofício docente, sendo atribuída apenas a parte de ministrar aulas, desconsiderando as dimensões de pensar e planejar o ensino. Como consequência, o professorado cada vez mais foi se limitando a aplicação de práticas pedagógicas prontas e impostas, sem que lhe sejam permitidas as devidas análises do conteúdo nem seu preparo para partilhar os saberes.

Esse exercício de experiência permitiu ao professor-pesquisador discutir resultados alcançados com os alunos e sobre suas hipóteses, fazendo com que fosse possível refletir novamente acerca dos seus significados para aprendizagem. Oliveira (2016, p. 63) explica que “se uma questão, por mais simples que seja, for aproveitada para que o processo reflexivo se instale, então uma oportunidade para que novas questões mais elaboradas surjam é bastante

possível”. O autor estabeleceu métodos para estimular o desenvolvimento de diversos saberes da complexidade citados por Morin (2000) de forma simultânea contando com a sensibilidade do professor em proporcionar discussões e intervenções que favoreçam a retomada desses saberes em um nível mais elevado a cada atividade desenvolvida. Foi reforçado, por Oliveira (2016), diversas vezes que a sensibilidade na promoção de discussões e reflexões teve valor mais significativo que a execução das orientações didáticas em si, sendo mais profícuo que a mera exposição do conteúdo curricular.

Ao final da dissertação, Oliveira (2016) concluiu que a busca por uma metodologia eficaz ao ensino de Física acabou se tornando um processo reflexivo diante a própria prática. Analisou-se cada atividade em prol de despertar o pensamento complexo dos educandos, o que acabou por desenvolver o próprio pensamento complexo do pesquisador à medida em que era propiciada uma aproximação com os pressupostos teóricos. Nesse contexto, o ensino de Física consistiu em uma ferramenta para formação de um cidadão mais crítico, reflexivo e consciente, comprovando que “os professores precisam de oportunidades reflexivas em que possam ter mais contato com a universidade e usufruir da reflexão, referenciais teóricos, ideias inovadoras e contribuir com a experiência de sala de aula” (OLIVEIRA, 2016, p. 96).

Vimos nos trabalhos mapeados que, até mesmo para promover a interdisciplinaridade, o papel do professor é relevante. Como coloca Carmo (2016), cabe ao docente identificar atividades e projetos que contemplem o interesse e entusiasmo dos alunos para resultados mais satisfatórios. A atitude interdisciplinar revela o envolvimento do professor ao “levantar questões que levem a discussão científica produzindo conhecimento, ainda que tenha como base o cotidiano e fazendo com que ele seja despertado pela curiosidade” (CARMO, 2016, p. 64). A autora chama de atitude interdisciplinar a citada condição manifestada no compromisso profissional do educador.

O último ponto abordado que concerne aos saberes docentes é a percepção da necessidade de desenvolvimento do pensamento complexo como forma de priorizar aprendizados com aplicabilidade para a vida. Santos (2015, p. 13) ressalta a importância de se promover na escola as situações didáticas que fomentem o desenvolvimento de um pensamento complexo, visando “uma formação de cidadãos com competência e autonomia para associar os saberes escolares, dando-lhes significado dentro do contexto social e cultural”.

A possibilidade de desenvolver o pensamento complexo é garantida por essa autora através dos resultados obtidos em sua investigação, que indicam que após o desenvolvimento das aulas planejadas para favorecer esse desenvolvimento. Segundo ela, houve uma diminuição dos argumentos que indicam um pensamento simples e imediato, ao mesmo tempo em que se percebeu um aumento dos argumentos que fazem menção a explicações, procedimentos e resultados científicos que consideram diferentes interações sociais. Foi percebido que “as atividades desenvolvidas ao longo da proposta didática podem contribuir para a construção de uma interpretação mais complexa sobre as questões que envolvem o meio ambiente (SANTOS, 2015, p. 96).

Já na disciplina proposta por Silveira (2008), com os mesmos objetivos de que o aprendizado se dê de maneira global e significativa, o aluno é incentivado a jamais deixar de se informar sobre novas pesquisas e análises críticas dos fundamentos da Física, à luz da evolução dos conceitos dessa ciência. Entende-se como o maior legado desse processo educacional a “percepção de que a ciência não é absoluta e que com frequência foi preciso abandonar teorias que tinham grande crédito, em benefício de uma melhor compreensão da natureza” (Silveira, 2008, p. 62). Essa é, segundo o autor, uma percepção e postura essencial na conquista de uma permanente e vigilante criticidade.

Tendo o desenvolvimento efetivo e contínuo se consolidado como meta a ser alcançada através das aulas, surge uma contradição com a exigência que haja um método avaliativo mais tradicional com prova escrita. Silveira (2008, p. 103), enquanto professor, não demonstrou o propósito de aplicar provas para demonstração do conhecimento obtido porque sua proposta rompia com os limites da transmissão de saberes, priorizando capacitar os alunos “a compreender textos de caráter histórico-filosófico e a pesquisar de forma autônoma temas na área de evolução das ideias da ciência, de um modo geral, e da Física, em particular”. Assim, Silveira (2008) trouxe outra forma de avaliação final como maneira para mensurar as capacidades citadas, não só a acumulação de informações adquiridas no percurso.

Além disso, Silveira (2008) revela ter consciência do potencial de influência da disciplina pela qual é responsável, por se tratar de um curso para preparação de futuros professores e por reconhecer como os reflexos do trabalho dos graduandos poderá emergir na vida de seus alunos futuramente. Justifica isso citando uma experiência pessoal, na qual durante o Ensino Médio “tivemos a honra de sermos alunos de dois professores extraordinários, que

marcaram indelevelmente nossa maneira de lecionar, e possivelmente selaram nossa vocação para o magistério” (SILVEIRA, 2008, p. 120). Por ser consciente de tamanha responsabilidade, alegou ter preparado a disciplina do curso de Licenciatura em Física com extremo cuidado na intenção de que a atuação na sua docência apontasse caminhos e valorização da escolha profissional de ser professor para as carreiras futuras dos estudantes.

Nessa mesma direção, com postura e entendimento muito similares, Oliveira (2016, p. 87) entende ser possível transformar as propostas de ensino para os alunos em “ferramentas que poderão fazer deles protagonistas na construção de seu próprio conhecimento e não meros ouvintes e repetidores de conclusões alheias, habilitando-os para o desenvolvimento do pensamento complexo”.

Dessa maneira, trouxemos os “*Saberes docentes*” como mais uma categoria importante para se pensar na relação entre o Ensino de Física e o pensamento complexo. No diálogo com os trabalhos mapeados, vimos emergir coisas como a transição de uma educação tradicional de transmissão de conhecimentos para uma pedagogia de diálogo, assim como a mudança do que foi colocado como “ditadura” racionalista da educação, voltada apenas para aspectos cognitivos, para uma educação complexa e mais completa, envolvendo emoções e sonhos das pessoas. Além disso, foi focado na questão da docência como reflexão da própria prática e outra avaliação.

Assim, esses saberes se apresentam como elementos importantes para ir se pensando e (re)construindo a docência para outro solo paradigmático, o da complexidade. Importante deixar registrado que nada disso é simples, muito menos fácil, pois a educação é parte de uma conjuntura maior que, quase sempre, é a conjuntura que inibe a transformação, dando sustentação ao *status quo*.

### **Considerações finais**

No presente artigo, apresentamos novos resultados de uma pesquisa sobre o Estado do Conhecimento de teses e dissertações brasileiras que focalizam o Ensino de Física relacionando com a teoria da complexidade, tendo como base as produções de Silveira (2008), Santos (2015), Oliveira (2016), Carmo (2016) e Araújo (2009). Para análise mais aprofundada dos trabalhos, foram estabelecidas categorias considerando os enfoques temáticos identificados, processo que buscou analisar a maneira com que a complexidade foi citada e empregada nas discussões

fomentadas e de que modo o pensamento complexo pode influenciar a formação docente pela Licenciatura em Física. Tais categorias definidas foram: Visão da Física, Processos didático-metodológicos e Saberes docentes.

Na categoria sobre visão da Física, foi apontado o uso majoritário de metodologias tradicionais e expositivas, nessa área do conhecimento, de forma desvinculada com as realidades vividas pelos estudantes. Identifica-se, assim, certo conservadorismo metodológico que resulta em desinteresse e dificuldades de aprendizagem por grande parte dos envolvidos. Há o destaque da necessidade de resgatar a dimensão crítica e reflexiva do saber ao compreender a Física como ciência em construção e o caráter transitório e ilimitado do conhecimento, visão essa em conformidade com os preceitos provenientes da teoria da complexidade.

Considerando a categoria dos Processos didático-metodológicos, os trabalhos revelam reconhecer a relevância de se unir os saberes fragmentados em uma aproximação com a realidade para resolver problemas concretos circundantes aos alunos. Ao reconhecer o conhecimento como transdisciplinar e dinâmico, é possível melhor atender às demandas impostas pela atual complexidade do meio mundano. Identifica-se a defesa de um aprendizado contextualizado e mais significativo mediante uma pluralidade metodológica que visa atender às individualidades de cada sujeito, utilizando-se para tanto múltiplos recursos e métodos com base na complexidade. Nesse contexto, é citada a interdisciplinaridade como estratégia importante e eficaz na religação de saberes e para o estabelecimento de situações de ensino e aprendizagem contextualizadas e eficazes. Por fim, cita-se o trabalho colaborativo e o relacionamento como pontos relevantes na promoção de situações de ensino.

A última categoria, sobre os Saberes docentes, trata do papel do vínculo entre professor e estudante na aprendizagem ao compartilhar experiências permitindo maior proximidade em detrimento de aulas mecanizadas e impessoais. Entende-se os saberes docentes como (re)construção do ofício ao longo da carreira tendo como elemento propulsor a reflexão acerca da própria prática. Diante de tal perspectiva, o docente passa a ser entendido como parte fundamental no processo de ensino ao pensar e planejar as próprias situações didáticas, e não apenas como transmissor daquilo que lhe é imposto pela comunidade científica e materiais norteadores. Ressalta-se que o desenvolvimento de um pensamento complexo também no

professor é de grande valia para que haja uma educação para vida, que valoriza o papel do aluno e prioriza uma permanente e vigilante criticidade.

Diante do mapeamento realizado e das análises construídas com os pontos trazidos pelos autores abordados, reforçamos a importância de pesquisas do tipo Estado do Conhecimento por oferecer dados a respeito do aporte teórico já desenvolvido e oferecer caminhos a fim de que outros trabalhos ampliem as discussões em andamento. Com o exercício trazido nesse artigo, fica evidente a potencialidade e pertinência de estudos relacionando a complexidade ao ensino de Física como forma de melhor atender as demandas da educação na atualidade e proporcionar situações de ensino e aprendizagem mais pertinentes e significativas aos alunos cursando o Ensino Médio e Superior.

Além disso, ao recuperarmos uma pesquisa já pronta e publicada, com o objetivo de (re)pensar sobre o que foi inventariado e analisado, abrimos espaço para outra forma de (re)ver pesquisas do tipo Estado do Conhecimento, revelando que há sempre lugar para outros aprendizados.

## Referências

MESQUITA, A. L.; FORTUNATO, I.; CRUZ, J. A. S. O pensamento complexo de Edgar Morin e o Ensino de Física: mapeamento das teses e dissertações brasileiras. **Educação e Fronteiras**, v. 13, e023006, 2023.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. São Paulo: Cortez, 2000.

MORIN, E. **A religião dos saberes: o desafio do século XXI**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

MORIN, E. **A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2005.

## *Tese e dissertações mapeadas*

ARAÚJO, V. H. **Prototexto, narrativa poética da ciência: uma estratégia de construção do conhecimento e religião de saberes no Ensino de Física**. 125 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN, 2009.

CARMO, W. S. P. **A relação interdisciplinar entre Física e Filosofia no terceiro ano do Ensino Médio em uma escola pública da cidade de Manaus**. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade do Estado do Amazonas. Manaus, AM, 2016.

OLIVEIRA, A. F. **Estudo de uma proposta de ensino de Física para o primeiro ano do Ensino Médio inspirada na teoria do pensamento complexo de Morin.** 256 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Projetos Educacionais em Ciências) – Universidade de São Paulo. Lorena, SP, 2016.

SANTOS, F. A. **Aproximações entre o ensino de Física e a complexidade na construção do conhecimento científico à luz de uma abordagem socioambiental.** 176 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal do ABC. Santo André, SP, 2015.

SILVEIRA, T. A. **Evolução das ideias da Física para alunos iniciantes de Licenciatura em Física.** 248 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, 2008.