

doi 10.46943/X.CONEDU.2024.GT16.008

APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM PESQUISAS SOBRE ÓPTICA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Felipe Alexandre Medeiros de Freitas¹

Maria de Fátima Vilhena da Silva²

Francisco Hermes Santos da Silva³

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo analisar as abordagens e estratégias presentes em pesquisas sobre ensino de óptica associadas à aprendizagem significativa, por meio de uma revisão sistemática de artigos publicados na Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), no intervalo temporal de 2009 a 2023. Este levantamento bibliográfico justifica-se na tentativa de contribuir para apropriação e reflexão acerca de práticas metodológicas, e para repensar novas estratégias de ensino na formação inicial de licenciandos em física. A busca na revista deu-se segundo o método da Revisão Integrativa (RI) em duas etapas: 1. Busca com os descritores: “óptica”, “aprendizagem significativa”, “ótica e aprendizagem significativa”, “óptica e mapas conceituais”; 2. Análise integral dos artigos em relação aos seguintes aspectos: objetivos, relação entre a óptica e a aprendizagem significativa, e principais resultados encontrados. A partir dos descritores indicados e dos critérios estabelecidos, os resultados mostraram somente três artigos, que tratam de diversas situações de ensino e aprendizagem, uso de UEPS e jogos; uso das Tecnologias da Informação e Comunicação associadas ao método gráfico de Pierre Lucie; e de uma abordagem sobre ondulatória, acústica e óptica com utilização de mapas conceituais. Conclui-se que as diferentes abordagens do conteúdo e estratégias de ensino de óptica contribuem positivamente para potencializar a aprendizagem significativa dos estudantes.

Palavras-chave: Mapas conceituais, Estratégias de ensino, Ensino de física.

1 Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática – PPGCEM-REAMEC – Polo da Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil; felipe.freitas@ifal.edu.br.

2 Prof^a Doutora, docente do PPGCEM-REAMEC e do Instituto de Educação Matemática e Científica – IEMCI, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil; fvilhena23@gmail.com.

3 Prof. Doutor, Docente do PPGCEM-REAMEC, Polo Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil; fhermes@ufpa.br.

INTRODUÇÃO

Os conceitos relacionados à luz que culminaram no surgimento da óptica aparecem com frequência nos registros sobre as civilizações ao longo da História. Como exemplo, na Grécia antiga têm-se as proposições de Platão (427-347 a.C.) no intuito de entender o processo de visão relacionado ao que ele chamava de raios visuais do objeto. Atualmente, encontramos o assunto óptica no processo de fotossíntese, nas cirurgias à *laser* e em outras situações evidentes em nossas vidas, com uma vasta quantidade de fenômenos e aplicações tecnológicas.

A contribuição da evolução dos estudos sobre a compreensão da luz para a vida e para a sociedade pós-moderna, assim como das tecnologias relacionadas, ocorre em diversas áreas do conhecimento. No entanto, a importância deste conceito não é suficientemente abordada de modo a propiciar ao estudante a atentar-se para este fato (Freitas *et al.*, 2022).

É preciso ser dada mais atenção ao ensino de óptica, porém é sabido que no ensino médio e na graduação a carga horária destinada ao conteúdo a ser ensinado não é suficiente. Por outro lado, o conteúdo é preterido por muitos professores, o que implica uma formação inadequada do tema e uma aprendizagem não significativa.

No currículo de formação inicial do docente na licenciatura em física existem disciplinas “pedagógicas” e específicas, no entanto sem diálogo entre elas, e poucas vezes a Teoria da Aprendizagem Significativa é observada pelos professores, até por desconhecerem a referida teoria, que seria muito pertinente para compreender como e o que o outro aprende. Deste modo, “entendemos ser fundamental pensar mecanismos que contribuam para que o licenciando em Física se sinta preparado para a atuação em sala de aula, de modo que os saberes específicos sejam articulados aos saberes pedagógicos” (Calheiro; Errobidart; Moreira, 2021, p. 389).

A Teoria da Aprendizagem Significativa, fundamentada por Ausubel (1963), procura explicar por meio de alguns conceitos que o conhecimento ocorre na mente humana em decorrência da relação entre o aprendizado e a estruturação do conhecimento presente no sujeito. É uma das ferramentas para avaliar se o sujeito aprendeu podem ser os mapas conceituais, definidos por Novak e Gowin (1984), que caracterizam a organização e representação do conhecimento e as relações entre conceitos. Porém, poucos professores sabem utilizar mapas con-

ceituais para incentivar os estudantes a representarem os seus conhecimentos prévios e conceitos adquiridos de forma mais clara.

O trabalho de revisão sistemática permite evidenciar informações de estudos realizados sobre a área de óptica, física ou geométrica, e destacar as limitações nas pesquisas. “De forma geral, a revisão de literatura sistemática possui alto nível de evidência e se constitui em um importante documento para tomada de decisão nos contextos públicos e privados” (Galvão; Ricarte, 2019, p. 59). Aqui, a revisão tem foco na educação.

À vista dessa importância, o artigo está orientado pelo seguinte problema: que aspectos teórico-metodológicos e organizacionais observados nas pesquisas sobre óptica X aprendizagem significativa despertam maior interesse nos estudantes em formação inicial? Para responder à pergunta formulada, o objetivo deste artigo é analisar as evidências de aprendizagem a partir das abordagens teóricas e estratégias presentes em pesquisas sobre ensino de óptica associadas à aprendizagem significativa. Para tanto, o desenvolvimento deste trabalho propõe uma revisão sistemática sobre óptica em artigos publicados na Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), no período de 2009 a 2023.

Acreditamos, pois, que o levantamento bibliográfico poderá contribuir para apropriação e reflexão acerca de práticas metodológicas, e para repensar novas estratégias de ensino na formação inicial de licenciandos em física.

O ENSINO DE ÓPTICA NA LICENCIATURA EM FÍSICA

Promover o ensino superior no Brasil, especialmente em cursos de licenciatura, é complexo e desafiador, pois há altos índices de evasão, currículos incompatíveis com as necessidades do mundo do trabalho, desvalorização histórica da docência etc. Na licenciatura em física, esses fatores não são diferentes. Para mudar esta perspectiva, são necessárias mudanças significativas na formação inicial de professores, como, por exemplo, temas curriculares aprofundados, objetivos bem planejados e ações orientadoras no curso que culminem com melhores chances de aumentar o número de alunos motivados a serem professores de física bem qualificados para o mister docente na área.

Trata-se de rever a organização pedagógica, os espaços institucionais e a qualificação docente que favoreçam “o desenvolvimento das competências docentes que serão requeridas para ensinar e fazer com que os alunos aprendam

de acordo com os objetivos e diretrizes pedagógicas traçados para a educação básica” (Mello, 2000, p. 101).

O trabalho recente de Barbosa, Fraga e Lima (2023) discute a influência do desempenho acadêmico na evasão escolar, no curso de licenciatura em física no IFRS, campus Bento Gonçalves. O estudo baseado na Sociologia da Educação de Pierre Bourdieu aponta que a reprovação nas disciplinas de Física 1 e Cálculo 1 (por falta de frequência ou por baixo desempenho) está mais associada à evasão, enquanto a aprovação está associada à permanência no curso. Os autores constataam que as principais causas de evasão são a escolha do curso, questões relacionadas ao currículo e ao curso, questões socioeconômicas e desempenho acadêmico. Entretanto, um dos fatores citados pelos autores é o fato do currículo ser estruturado e desenvolvido de forma tradicional nas licenciaturas brasileiras. Por exemplo, nas licenciaturas em física, as disciplinas experimentais são segregadas. As teóricas não dialogam com as pedagógicas e os outros componentes curriculares, como História da Ciência, Filosofia da Ciência e Epistemologia. Conseqüentemente, a formação inicial do licenciando apresenta lacunas na formação do futuro professor, pois “só se mobiliza numa atividade intelectual quem acha um sentido nela” (Charlot, 2009, p. 29). As lacunas dizem respeito à falta de sentido para o estudante dado o excesso de divisão curricular e falta de articulação entre os conteúdos.

A nosso ver, tais lacunas são resultado do ensino tradicional baseado em epistemologias ainda mais tradicionais como o behaviorismo, psicologia do comportamento humano e animal que estuda o comportamento da ação do sujeito sempre decorrente de estímulos, o que significa dizer que esta epistemologia é previsível e determinista. Sendo assim, os conceitos podem ser esfacelados para que o sujeito os aprenda desconectados dos do contexto.

Para superar este tipo de epistemologia, temos as epistemologias cognitivistas, que defendem o desenvolvimento sustentado num processo de interação entre conhecimentos aprendidos e a aprender. É o caso da aprendizagem significativa de David Ausubel (1963), que defende que o novo a ser aprendido deve ser conectado com o conhecimento já existente na estrutura cognitiva do aluno; como também a Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud, que defende que um conceito, para ser aprendido, depende de uma rede de outros conceitos e de um conjunto de situações-problemas interligados por um conjunto de símbolos que permitem a comunicação necessária para o pleno desenvolvimento do novo conceito. Este conjunto de conceitos inter-

-relacionados é associado a diferentes tipos de situações-problemas em um determinado domínio de conhecimento chamado de campo conceitual, definido por Vergnaud (1986, p. 84) como “um conjunto de situações cujo domínio requer uma variedade de conceitos, de procedimentos e de representações simbólicas em estreita conexão”.

A nosso ver, uma das formas de se amenizar os problemas citados sobre o ensino de conteúdos seria trabalhar o currículo de modo mais articulado e diversificado com metodologias ativas de ensino e de aprendizagem, e modificando a estrutura curricular de acordo com as especificidades da região e do público. Outros fatores poderiam ser: abordagens epistemológicas dos conteúdos de física, tratar a história e a filosofia da ciência integradamente, bem como discutir e aplicar o uso das tecnologias educacionais. Portanto, o conteúdo de óptica, foco deste trabalho, requer conhecimentos conceituais sobre a natureza da luz e as aplicações tecnológicas; exemplo disso é o desenvolvimento da fotônica, que exige abordagens integradas para sua compreensão.

ABORDAGENS EM ESTUDOS RELACIONADOS À ÓPTICA

Veremos, a seguir, que as abordagens no estudo de óptica são diversificados, uns mais conceituais e outros mais experimentais.

Silva, Souza e Júnior (2018) investigaram as relações, na visão dos docentes, entre sua formação inicial e sua atuação enquanto professores da educação básica no que se refere aos conteúdos de Óptica Geométrica e à realização de atividades experimentais. Os dados foram obtidos por meio de questionários, com perguntas fechadas e abertas. Os resultados indicam que, no grupo de professores investigados, a maioria não teve acesso a esse conteúdo formalmente nos cursos de formação inicial, assim como não houve atividades experimentais. O trabalho mostra uma deficiência na formação inicial de vários docentes, pois não tiveram acesso às aulas experimentais de óptica.

Na proposta de Marinho, Cavalcante e Ferreira (2019), o objetivo é apresentar as funcionalidades de um *software* voltado para o ensino de óptica por meio de simulações de experimentos e criação de simulações em óptica. Os autores utilizaram o programa Algodoo, acrônimo das palavras em inglês *Algorithm* e *Do* (“algoritmo” e “fazer”); o *software* possui, entre os seus recursos, alguns relacionados a óptica. O trabalho foi realizado com alunos de PIBIC no Curso de Licenciatura em Física do IFG, campus Jataí, com uso do Algodoo para

observarem a reflexão e a refração da luz, além do estudo de lentes esféricas. Por meio de simulações interativas propostas pelos professores, os alunos observaram o comportamento da luz, estudaram os fenômenos da reflexão e refração e caracterizaram o comportamento dos raios de luz nas lentes esféricas.

A partir dos resultados, notamos que as simulações por meio do referido *software* são instrumentos potencialmente significativos e interativos que podem ser usadas para se observar o comportamento da luz (na reflexão e refração da luz), sendo possível a construção e análise do comportamento das lentes e medição dos ângulos de reflexão e refração da luz.

No mesmo viés, Lima *et al.* (2021) objetivaram mapear o impacto da aplicação de uma sequência didática gamificada no ensino de óptica geométrica, sendo esta proposta aplicada em uma turma de graduação. Os autores utilizaram técnicas de gamificação com o roteiro didático para simulação virtual, palavras cruzadas, *quiz* conceitual e listas de exercícios. Por fim, aplicaram um questionário para mapearem o impacto da aplicação da sequência didática. Foi verificado que a proposta proporcionou maior engajamento entre os alunos, tendo a motivação como elemento fundamental para alcançarem os objetivos de maneira prazerosa e atrativa. O fator motivacional, de acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa, está relacionada com a intencionalidade.

A partir do uso de jogos, é possível identificar os conhecimentos prévios relevantes e existentes na estrutura cognitiva do aprendiz para aprender novos conteúdos. A partir desse estágio de compreensão, o novo conhecimento passa a fazer sentido para o aprendiz à medida que se conecta com o que já sabe.

De acordo com os autores, os instrumentos da sequência didática tiveram grande aceitação entre os estudantes, apontando as palavras cruzadas como instrumento eficaz na revisão conceitual, os *quizzes* como prática lúdica e motivadora, e a utilização da simulação virtual pela autonomia nas mudanças de configurações do sistema. Os resultados indicam a necessidade de se diversificar as metodologias de aprendizagem para o ensino superior por meio de estratégias gamificadas no ensino de física enquanto ferramentas metodológicas facilitadoras e motivadoras do processo de ensino e aprendizagem em física. Em outras palavras, os resultados revelam que os jogos possuem alto potencial como estratégia de ensino, desde que se tenha um objetivo bem definido quanto ao uso da ferramenta metodológica no processo de ensino e aprendizagem, indo-se além do lúdico. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Schaeffer (2006), Pereira (2013) e Garcia (2015).

No projeto de Gil *et al.* (2023), foi verificada a percepção dos estudantes do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Amazonas sobre a projeção e formação de imagens no ensino de física. Os autores desenvolveram pesquisas e debates temáticos/teóricos, uma oficina com experimento simples e uma atividade com usos de tecnologia com animação e simulação.

Quanto às percepções dos estudantes, os autores destacam: i) A investigação foi importante para o conhecimento histórico dos projetores de imagens, e que as descobertas e verificações dos conceitos de física contribuíram para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem; ii) A experimentação contribuiu para compreender o processo de formação das imagens; iii) As animações possibilitaram aulas mais dinâmicas e maior interação dos estudantes com o simulador e tratamento com as variáveis.

Os autores da pesquisa apontam melhor compreensão dos conceitos abordados pelos discentes quando colocados em situações novas de aprendizagem, diferentes das tradicionalmente ofertadas a eles. As conclusões evidenciam o seguinte: quando os alunos são provocados em situações diferentes de aprendizagem, ocorre maior desenvolvimento da capacidade investigativa, das habilidades de montagem, execução e escrita, além de maior capacidade criativa e de construção de modelos de animação e simulação.

Santos e Roehrig (2024) abordam o estudo de óptica e inclusão. A pesquisa foi realizada por meio de uma intervenção pedagógica na forma de *workshop* virtual, com a participação de um grupo de estudantes do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Curitiba. A intervenção consistiu em quatro encontros realizados remotamente, onde foram abordados aspectos teóricos e práticos sobre a promoção da educação inclusiva no ensino de física.

A proposta foi constituída de duas categorias de abordagens: i) inclusão *versus* ensino de física, com foco no conteúdo; ii) possibilidades de inclusão no ensino de física (onde houve atividades envolvendo ensino de óptica para alunos cegos e com baixa visão). Como resultados, os futuros professores reconheceram a necessidade de uma abordagem mais aprofundada do tema e sobre inclusão na graduação, para que tenham condições de apropriar-se destes conhecimentos e promover aulas inclusivas nas suas futuras práticas docentes.

Durante as análises dos trabalhos desta seção, temos que todos eles tratam de pesquisas com diferentes abordagens e metodologias do conteúdo de óptica na formação inicial de professores de física. Entre as metodologias, destacam-se o uso de simuladores, experimentos e realização de evento acadêmico no

modelo de *workshop* virtual. Esse ponto revela a importância em se diversificar as metodologias de ensino com vistas à aprendizagem do estudante na formação inicial. Além disso, algumas práticas podem ser muito úteis na educação básica.

Os estudos de óptica quase sempre exploram abordagens experimentais. No entanto, não é tão comum as pesquisas envolverem uma reflexão sobre a importância das atividades experimentais na formação inicial. Por isso, ressaltamos a importância do trabalho de Silva, Souza e Júnior (2018), o qual investiga a importância das atividades experimentais de óptica e os impactos negativos na prática docente provocados pela falta de abordagem deste conteúdo na graduação. Por meio de questionários com professores atuantes na educação básica, os autores destacam que boa parte dos professores entrevistados assumem que estudaram o conteúdo de óptica em sua formação inicial.

A partir destes trabalhos, ficam evidentes suas contribuições para que se repense a formação de professores em nosso país, destacando-se dois aspectos citados nas pesquisas, direta ou subjacentemente, que são: i) necessidade de se diversificar as práticas em sala de aula no ensino superior, pois é na formação inicial que o professor forma sua identidade, e ele deve ter repertório mais amplo a fim de saber exercer a docência em diversas situações de ensino; ii) necessidade urgente de reestruturação do currículo para atender às demandas emergentes do professor do século XXI.

Notamos, a partir da literatura levantada, que para ensinar e haver aprendizagem é fundamental trabalhar conteúdos articulados às teorias e tecnologias educacionais, dialogar com outras áreas do conhecimento, compreender e aplicar diversas estratégias de abordagem dos conteúdos e atender às necessidades do público.

A articulação entre o conteúdo específico (no nosso caso, o de óptica) e a Teoria da Aprendizagem Significativa facilita identificar o que o aluno já sabe e pôr em prática os pilares da teoria. “Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigüe isso e ensine-o de acordo” (Ausubel, 1968, p. 4).

É muito importante certificar-se se a aprendizagem foi de fato significativa, “se as ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe”, como defendem Moreira e Mansini (2001, p. 7).

Nessas perspectivas é que o estudo de óptica deve ser ensinado e apreendido.

METODOLOGIA

O levantamento e análise dos artigos foram feitos por meio de uma revisão sistemática, que, segundo Sampaio e Mancini (2007, p. 84), “nos permitem incorporar um espectro maior de resultados relevantes, ao invés de limitar as conclusões à leitura de somente alguns artigos”.

A revisão sistemática constitui-se de um estado da arte, além de comprovar o impacto de contribuição da pesquisa com algo relevante e novo para o corpo de conhecimento existente (conhecimento acumulado devido às pesquisas já realizadas em uma determinada área). Ela informa e explica em que patamar estão as pesquisas e suas tendências. Assim, de acordo com Levy e Ellis (2006, p. 183), a revisão sistemática contribui para:

- Ajudar o pesquisador no dimensionamento e compreensão do corpo de conhecimento referente a um determinado assunto, incluindo identificar pesquisas que já foram realizadas, o que falta pesquisar e quais são as lacunas;
- Prover um embasamento teórico sólido para o estudo proposto, como complemento ao item anterior;
- Prover evidência e o devido embasamento para o problema de pesquisa que guiará a investigação;
- Apresentar as devidas justificativas para a condução do estudo, e qual a contribuição original para o corpo de conhecimento e/ou teoria;
- Contribuir para definir e estruturar melhor o método de pesquisa, objetivos e questões para o estudo proposto.

Quanto ao lócus da pesquisa para a construção deste artigo, ele ocorreu na Revista Brasileira de Ensino de Física, que é um dos periódicos gratuitos de maior circulação do Brasil (Qualis A1, de acordo com o extrato da Capes) na área de ensino de física e na base de dados Scielo. Quanto aos critérios de inclusão, os trabalhos devem ter sido publicados no período de 2009 a 2023; tratarem de ensino de óptica, embasados na aprendizagem significativa enquanto ferramenta facilitadora do processo de ensino e aprendizagem nessa área de estudo; terem sido realizados no ensino superior.

A revisão foi realizada em duas etapas:

1ª etapa – pesquisa no *site* da Revista Brasileira de Ensino de Física utilizando os descritores: “óptica”, “aprendizagem significativa”, “ótica e aprendizagem significativa”, “óptica e mapas conceituais”. Inicialmente, identificamos o quantitativo de 91 trabalhos, que estão resumidos por descritores no Quadro 1.

Quadro 01 – Quantitativo de trabalhos encontrados conforme os descritores.

Tema (Descritores)	Nº de trabalhos encontrados
1. Óptica e aprendizagem significativa	3
2. Óptica e mapas conceituais	1*
3. Óptica	87**
4. Aprendizagem significativa	0

*Artigo repetido no descritor 1;

**artigos excluídos por não atenderem os critérios de inclusão.

Fonte: Os autores (2024).

Após o filtro pelos critérios de inclusão, foram selecionados três trabalhos que serão apresentados e analisados no tópico de Resultados e Discussão.

2ª etapa – análise e discussão dos artigos na íntegra em relação aos seguintes aspectos: objetivos do trabalho, relação entre a óptica e a aprendizagem significativa e principais resultados encontrados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico, apresentamos uma análise dos conteúdos abordados nos artigos selecionados (Quadro 2).

Quadro 02 – Trabalhos relacionados ao estudo da óptica e aprendizagem significativa.

Título do artigo/Autor	Conteúdo de óptica abordado	Ano de Publicação	Recursos Metodológicos	Nível de ensino
Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre óptica geométrica apoiada por vídeos, aplicativos e jogos para <i>smartphones</i> . Autores: Ferreira, Filho, Moreira, Franz, Portugal, Nogueira.	I) Refração da luz; II) Dispersão; III) Espalhamento da luz; IV) Lentes esféricas; V) Óptica da visão.	2020	UEPS Vídeos, aplicativos, jogos	E. Médio

Título do artigo/Autor	Conteúdo de óptica abordado	Ano de Publicação	Recursos Metodológicos	Nível de ensino
Formação de imagens na óptica geométrica por meio do método gráfico de Pierre Lucie. Autores: Barroso, Carvalho, Huguenin, Tort.	I) Lentes esféricas (estudo analítico).	2018	Sequência didática Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC's) Plataformas PhET e Geogebra	E. Médio
A utilização de diagramas conceituais no ensino de física em nível médio: um estudo em conteúdos de ondulatória, acústica e óptica. Autores: Martins, Verdeaux, Sousa	I) Introdução à óptica geométrica; II) Reflexão da luz.	2009	Mapas conceituais Aulas expositivas e demonstrativas	E. Médio

Fonte: Os autores (2024).

Os trabalhos do Quadro 2 discutem o conhecimento em óptica com base teórica na aprendizagem significativa; os conteúdos utilizados pelos pesquisadores estão focados nos objetivos.

A partir desta seleção, passamos a fazer a análise sistemática de cada artigo segundo orientações da revisão sistemática, que centra na pergunta ou problema para mapear as evidências nas pesquisas.

O artigo de Ferreira *et al.* (2020) propõe uma sequência didática sobre óptica geométrica em que aborda grande parte do conteúdo usualmente apresentado no ensino médio, utilizando vídeos, aplicativos e jogos para *smartphones*. A sequência didática e metodológica foi norteada de acordo com os princípios da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). O objetivo era descrever a UEPS para o ensino de óptica geométrica, consistindo de reflexões e possibilidades de modo que outros docentes sejam capazes de replicá-la, adaptá-la ou aprimorá-la, de acordo com seus anseios, necessidades e contextos.

As principais referências que embasaram a proposta de Ferreira *et al.* (2020) foram Moreira (2011) e Ausubel (1968). A pesquisa com estrutura da UEPS foi fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa e aplicada em turmas do ensino médio. De acordo com Moreira (2011), as UEPS são sequências didáticas com dois importantes princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa, a diferenciação progressiva e reconciliação integradora.

No trabalho de Ferreira *et al.* (2020), os autores utilizaram um jogo chamado Glass, desenvolvido pelo pseudônimo cube3rd e do tipo quebra-cabeças, onde o jogador deve desviar a trajetória de raios de luz utilizando instrumentos ópticos (espelhos planos, lentes convergentes e divergentes e prismas); os resultados mostraram ser satisfatórios no uso da metodologia da UEPS, pois houve indícios de aprendizagem significativa nos estudantes. Além disto, foi percebido que não é apenas jogando que os alunos aprenderão óptica geométrica; deve-se satisfazer critérios necessários para que o jogo seja efetivo à aprendizagem, como, por exemplo, o desenvolvimento da capacidade de representar os fenômenos físicos de maneira correta. Segundo Moreira (2011), a UEPS tem resultados positivos quando desenvolvida para envolver os alunos em uma situação-problema, com objetivo de identificar os subsunçores e provocar a mudança na estrutura cognitiva.

O artigo de Barroso *et al.* (2018) teve o propósito de aplicar uma sequência didática para o estudo da formação de imagens nas lentes esféricas por meio do método gráfico de Pierre Lucie em turmas do ensino médio, utilizando Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), tendo por base a Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel. A sequência didática fez uso de um material potencialmente significativo, as TICs, que contribuíram para despertar interesse e pré-disposição ao aprendizado, e as plataformas PhET e Geogebra serviram de organizadores prévios no processo de ensino-aprendizagem.

Barroso *et al.* (2018) identificaram maior participação dos alunos nas atividades propostas, em comparação com a participação nas aulas tradicionais de exposição e passividade. Houve um rendimento médio acima de 90% nos resultados das perguntas voltadas para o *software* Geogebra. Os resultados apontam que o uso das TICs, associado ao método gráfico de Pierre Lucie⁴, mostrou-se potencialmente significativo e facilitou a aprendizagem dos discentes. Neste artigo, a sequência didática elaborada e aplicada e o uso das TICs no estudo das lentes esféricas foram potencialmente significativos. O método e os materiais serviram de organizadores prévios e de instrumentos de identificação dos conhecimentos prévios em relação aos fenômenos da reflexão e refração da luz.

4 O método gráfico de Pierre Lucie foi desenvolvido pelo Professor Francês Pierre H. Lucie. Trata-se de uma técnica alternativa em relação à equação de Gauss para representar a formação de imagens em sistemas ópticos (espelhos e lentes esféricas) de maneira visual, sem a necessidade de um tratamento analítico complexo.

A manipulação das simulações pode melhorar a abstração quanto aos conceitos de óptica relacionados às propriedades das lentes esféricas, e, à medida que as simulações utilizam recursos visuais interativos, há a possibilidade de os alunos, ao manipularem suas imagens, verificarem mudanças nas suas características. Tal método e recursos estimulam os estudantes a chegarem a suas próprias conclusões, passando do simples fato de constatação ou de aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa sobre o tema estudado. Considerando essas vantagens sobre as simulações concordamos com a assertiva de que “a aprendizagem significativa não é natural, nem automática; ela depende da existência de subsunçores adequados, da predisposição do aluno para zona cinza, incorporação substantiva, não arbitrária, com significado” (Moreira, 2010, p. 13).

Martins, Verdeaux e Sousa (2009) propõem a utilização de mapas conceituais no ensino da física incorporados às aulas expositivas e demonstrativas, com o objetivo de se promover a aprendizagem significativa de conteúdos sobre ondulatória, acústica e óptica; os principais autores que embasaram a proposta foram Moreira (2005), Ausubel (1968), Novak e Gowin (1984). Nesse estudo, a aplicação da proposta gerou nos alunos o aumento do engajamento nas atividades propostas. Exemplo disso foi a construção e análise dos mapas conceituais e identificação com clareza das deficiências em relação à construção dos conceitos e a relação entre eles, o que é uma característica marcante dos mapas conceituais.

Outro ponto importante do trabalho de Martins, Verdeaux e Sousa (2009) é que os autores se preocuparam em dar um suporte maior àqueles que pretendem aplicar a proposta. Eles elaboraram um material instrucional dirigido a professores de física e de outras disciplinas, constituído de definições, exemplos e figuras explicativas sobre a elaboração de mapas conceituais (diagramas) no ensino da física que servem de sugestões para os professores.

Os resultados revelaram que o uso de mapas conceituais contribuiu para os alunos organizarem o conhecimento de forma mais clara e lógica, além de visualizar melhor as relações entre os conceitos de ondulatória, acústica e óptica, o que ajudou na compreensão dos fenômenos físicos abordados. Além disto, os mapas conceituais permitiram aos alunos identificarem conceitos fundamentais e suas relações, como os princípios das ondas, a natureza da luz e o som, promovendo uma visão mais integrada entre estes temas.

Ainda em relação aos mapas conceituais utilizados como instrumentos de representação e avaliação do conhecimento, eles possibilitam compreender como os conceitos se interconectam, avançam, ou não, de um conhecimento prévio para conhecimentos mais complexos.

Na investigação de Martins, Verdeaux e Sousa (2009), os autores concluíram que mapas conceituais são ferramentas com alto potencial para uma compreensão mais profunda dos conteúdos de ondulatória, acústica e óptica, sendo possível seu uso em outras áreas da física, e eles também promoveram aprendizagem significativa e geraram maior retenção das informações.

Em nosso ponto de vista, o trabalho de Martins, Verdeaux e Sousa (2009) gerou o desenvolvimento de habilidades cognitivas dos alunos, no momento que eles são postos em uma situação em que precisam discutir em grupo a construção do mapa conceitual. Os mapas conceituais foram alternativas de abordagem de conteúdos com alto potencial pedagógico, e promoveram a aprendizagem significativa ao abordarem conteúdos de física com alto grau de complexidade e abstração, como a óptica.

Os mapas conceituais são instrumentos multifuncionais que podem ser utilizados para auxiliar e potencializar a aprendizagem significativa, e como ferramentas avaliativas, organizadores de currículo, de disciplina ou de temas, entre outras facetas em diversas áreas (Souza; Boruchovitch, 2010; Oliveira et al., 2021).

Trabalhar com mapas conceituais exige preparo do professor para dominar a teoria que subjaz os mapas conceituais, e ensinar demanda tempo e orientação inicial do educador, o que se torna uma barreira no contexto de ensino de física, pois não há um quantitativo de aulas semanais suficientes associado a turmas com muitos alunos.

De acordo com os trabalhos selecionados nesta revisão sistemática, destacamos alguns aspectos importantes relacionados aos objetivos da nossa pesquisa:

Os trabalhos selecionados versam sobre temas de óptica voltados para o ensino médio; tratam principalmente de óptica geométrica em detrimento da óptica física, porém esta regra não é geral, visto que o locus da revisão ficou restrito somente a um periódico, e, portanto, pode ser mais explorada; as referências utilizam a Teoria da Aprendizagem Significativa.

Outro aspecto não menos importante é que, a partir da revisão de literatura, a associação do assunto óptica e aprendizagem significativa parece ter

contingente muito tímido de pesquisas, tanto no ensino médio quanto no ensino superior. Portanto, tem-se a existência de um campo aberto a ser explorado em novas pesquisas voltadas para a área de metodologias no ensino de óptica no ensino superior.

Quanto às limitações dos trabalhos, no artigo de Ferreira *et al.* (2020) foi proposto, na UEPS construída pelos autores, que a avaliação seria composta por seis questões discursivas, onde a análise das respostas dos alunos buscaria evidências da aprendizagem significativa. No entanto, os autores não mostraram, ao longo do texto, quais os critérios adotados com fundamento nos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa e que revelariam a aprendizagem significativa.

Sendo assim, parece haver descompasso entre o método de ensino e o propósito da avaliação deste método. A proposta avaliativa da aprendizagem significativa, em geral, é feita por meio de mapa conceitual, ou o V de Gowin.

No artigo de Barroso *et al.* (2018), não foi apresentado pelos autores como seriam trabalhadas a identificação e caracterização dos conhecimentos prévios durante a aplicação da proposta. Tal fator é primordial a ser considerado na apresentação de um novo conceito aos alunos. Esta prerrogativa está proposta na Teoria da Aprendizagem Significativa quando Ausubel (1978) afirma que a aprendizagem se torna significativa quando é valorizado o que o aprendiz tem assimilado em sua estrutura congênita.

Já no artigo de Martins, Verdeaux e Sousa (2009), que objetivava investigar a eficácia de mapas conceituais em nível médio sobre os conteúdos de ondulatória, acústica e óptica, na análise dos mapas elaborados pelos grupos de alunos foi atribuída uma pontuação baseada em elementos a serem encontrados nos mapas conceituais (proposições, hierarquia e ligações transversais) em comparação a um mapa de referência. Entretanto, a atribuição de nota neste tipo de análise implica comparar a construção cognitiva do sujeito ou aprendiz.

Vale comentar que o mapa de referência não se alinha à Teoria da Aprendizagem Significativa, pois o mapa conceitual representa o que o sujeito conhece ou como compreende; logo, um mapa não tem nota (zero ou dez). O mapa indica as possibilidades dos conceitos que estão na estrutura cognitiva do sujeito, mostra o que ele sabe ou não e o que aprendeu ou assimilou sobre determinado assunto ou conteúdo.

Os artigos de Ferreira *et al.* (2020), Martins, Verdeaux e Sousa (2009) e Barroso *et al.* (2018) analisados nesta revisão de literatura indicam diferentes possibilidades metodológicas para o ensino do conteúdo de óptica.

Entre as possibilidades, temos abordagens experimentais, uso de TICs, mapas conceituais, aulas expositivas, uso do programa Geogebra, entre outras que podem ser meios pedagógicos para se melhorar práticas docentes em sala de aula, introduzindo metodologias e recursos didáticos potencialmente significativos à medida que envolvem diversas situações de ensino e possam contribuir com a aprendizagem do aluno.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tendência de se nortear a pesquisa em ensino de física vinculada à Teoria da Aprendizagem Significativa mostra ser uma opção metodológica e teórica emergente. Para comprovar este fato, basta comparar o quantitativo tímido dos trabalhos publicados em um intervalo de quatorze anos na Revista Brasileira de Ensino de Física.

Os aspectos teórico-metodológicos e organizacionais observados nas pesquisas que tratam os assuntos óptica X aprendizagem significativa mostram a relação entre conceitos e alternativas de processo de ensino e aprendizagem como essenciais quando envolvem diferentes situações de ensino, como o ensino tradicional de aulas expositivas e o uso de tecnologias de educação e de comunicação, bem como metodologias mais complexas e atuais, como o Geogebra, com a finalidade de os discentes compreenderem o tema ao serem desafiados a pesquisar e debater os assuntos no contexto da sala de aula.

Entre outros aspectos observados na revisão deste trabalho, destacam-se a motivação para aprender, o despertar da curiosidade do estudante, as diferentes abordagens teóricas e metodológicas que o leva à aprendizagem duradoura, assimilação e retenção dos conceitos.

Nos artigos analisados, é nítido que a abordagem de um conteúdo fundamentada nos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa propicia a aprendizagem do conhecimento de maneira relevante para a vida do discente.

Nos artigos encontrados e associados ao conteúdo de óptica e aprendizagem, na revisão sistemática na Revista Brasileira de Ensino de Física, constata-se alguns fatores potencialmente influenciadores, que são:

- i. Falta de maior diversificação de metodologias no ensino de conteúdo de óptica no processo de ensino e aprendizagem para a formação de professores de física. A prática parece ser mais aplicada no ensino fundamental e médio do que no ensino superior;
- ii. Há predileção por trabalhos associados à área da física em mecânica;
- iii. Necessidade de nova estruturação curricular em cursos de formação inicial de professores de física que contemple o tema óptica, além de metodologias fundamentadas na aprendizagem significativa;
- iv. Falta de diálogo mais próximo entre os componentes curriculares específicos e o eixo pedagógico na formação de professores de física.

Acreditamos que esse panorama poderá se alterar quanto ao aumento de número de trabalhos voltados para estratégias de facilitação do processo de ensino e aprendizagem pela Teoria da Aprendizagem Significativa e dos mapas conceituais no ensino de física se houver mudança estrutural curricular e maior incentivo na formação de professores, com os temas sendo desenvolvidos com metodologias e recursos tecnológicos que despertem mais interesse nos estudantes.

Por fim, espera-se que com tais mudanças esperadas na formação inicial docente nas licenciaturas, elas tenham ressonâncias positivas na educação básica.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. **Educational psychology: a cognitive view**. New York: Holt, Rinehart, and Winston Inc., 1968.

AUSUBEL, D. P. In defense of advance organizers: a reply to the critics. **Review of Educational Research**, [S. l.], v. 48, n. 2, p. 251-257, 1978.

AUSUBEL, D. P. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune and Stratton, 1963.

BARBOSA, R. de C.; FRAGA, J.; LIMA, P. Em que medida o desempenho acadêmico contribui para a evasão? O caso de um curso de licenciatura em física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 45, e20230210, 2023.

Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/j8wYwypcfQrVgCtmVzGVy5p/>>.
Acesso em: 10 mai. 2024.

BARROSO, F. F. *et al.* Formação de imagens na óptica geométrica por meio do método gráfico de Pierre Lucie. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 40, n. 2, e2501, 2017 Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/745zkM-drB4fPjv99X9D9z/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 02 jun. 2024.

CALHEIRO, L. B.; ERROBIDART, N. C. G.; MOREIRA, M. A. A relação teoria e prática na formação inicial de professores: um olhar sobre a utilização da teoria da aprendizagem significativa no planejamento de ensino. **Interfaces da educação**, Paranaíba, v. 12, n. 36, p. 387-411, 2021. Disponível em: <<https://periodicosonline.uems.br/index.php/interfaces/article/view/6285>>. Acesso em: 10 abr. 2024.

CHARLOT, B. A construção social da noção de fracasso escolar: do objeto sociomidiático ao objeto de pesquisa. In: ARROYO, M.; ABRAMOWICZ, A. **A reconfiguração da escola: entre a negação e a afirmação de direitos**. Campinas: Papirus, 2009.

FERREIRA, M. *et al.* Unidade de ensino potencialmente significativa sobre óptica geométrica apoiada por vídeos, aplicativos e jogos para smartphones. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 42, e20200057, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/dJv9Vkf6434ffg5tJDPbpM/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 29 mai. 2024.

FREITAS, F. A. M., ALBINO JUNIOR, A., NASCIMENTO, M. D. G. F., SILVA FILHO, P. C. Unidade didática para o estudo dos comportamentos ondulatório e corpuscular da luz. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, n. 1, p. 1302-1319, 2022. Disponível em: <<https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/3967>>. Acesso em: 06 mai. 2024.

GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. **Logeion Filosofia da Informação**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 57–73, 2019. Disponível em: <<https://revista.ibict.br/fiinf/article/view/4835>>. Acesso em: 02 abr. 2024.

GARCIA, A. **Gamificação como prática pedagógica docente no processo ensino e aprendizagem matemática da inclusão social**. 2015. 89 f. Dissertação

(Mestrado em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2015.

GIL, A. X. *et al.* Percepções sobre o fenômeno da projeção e formação de imagens no ensino de física. **Foco**, [S. l.], v. 16, n. 9, p. 1-27, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n9-055>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

LEVY, Y.; ELLIS, T.J. A system approach to conduct an effective literature review in support of information systems research. **Informing Science**, Santa Rosa (EUA), v. 9, p. 181-212, 2006. Disponível em: <<https://www.informingscience.org/Publications/479>>. Acesso em: 20 abr. 2024.

LIMA, M. M. *et al.* Uma sequência didática gamificada aplicada ao ensino de óptica geométrica. **Conexões - Ciência e Tecnologia**, Fortaleza, v. 15, p. 1-11, 2021. Disponível em: <<https://conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/view/2088>>. Acesso em: 28 jun. 2024.

MARINHO, R. F.; CAVALCANTE, G. S. A; FERREIRA, I. A. S. O uso do software algodoo para construção de experimentos de óptica. In: SEMANA DE LICENCIATURA, 19., 2019, Jataí. **Anais...** Jataí: IFG, 2019. p. 509-514. Disponível em: <<https://periodicos.ifg.edu.br/index.php/semlic/article/view/722>>. Acesso em: 08 mai. 2024.

MARTINS, R. L. C.; VERDEAUX, M. F. S.; SOUSA, C. M. S. G. A utilização de diagramas conceituais no ensino de física em nível médio: um estudo em conteúdos de ondulatória, acústica e óptica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 186-200, jun. 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/fswd5V6g8h8HB6zZysGqH4j/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 17 jun. 2024.

MELLO, G. N. Formação inicial de professores para a educação básica: uma (re) visão radical. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 98-110, 2000. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/spp/a/d6PXJjNMc3qjBMxQBQcVknNq/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 02 abr. 2024.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educação Científica**, [S. l.], v. 4, p. 38-44, 2005. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2024.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Aula inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, abr. 2010.

MOREIRA, M. A. Unidades de ensino potencialmente significativas.

Aprendizagem Significativa em Revista, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID10/v1_n2_a2011.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2024.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E.F.S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro, 2001.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. 1. ed. português. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1984. 212 p.

OLIVEIRA, N. M. *et al.* Avaliação da aprendizagem: uma revisão sobre concepções e instrumentos de avaliação da aprendizagem da educação básica ao ensino superior. **Actio**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 1-21, set. 2021. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/14475>>. Acesso em: 11 mai. 2024.

Pereira, A. L. L. **A utilização do jogo como recurso de motivação e aprendizagem**. 2013. 132 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Letras, Universidade do Porto, Porto (Portugal), 2013. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/302972855.pdf>>. Acesso em: 01 mai. 2024.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 83-89, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbfis/a/79nG9Vk3syHhnSgY7VsB6jG/>>. Acesso em: 01 mai. 2024.

SANTOS, C. R.; ROEHRIG, S. A. G. Percepções sobre o ensino de física em uma perspectiva inclusiva na formação inicial de professores. **Transmutare**, Curitiba, v. 9, p. 1-15, 2024. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rtr/article/view/17449>>. Acesso em: 05 jul. 2024.

SCHAEFFER, E. H. **O jogo matemático como experiência de diálogo: análise fenomenológica da percepção de professores de matemática**. 2006. 180 p. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

SOUZA, N. A. de; BORUCHOVITCH, E. Mapas conceituais: estratégia de ensino/aprendizagem e ferramenta avaliativa. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 26, n. 3, p. 195-217, 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/edur/a/LyJBCdDvGvdzmn6tRQv5JJL>>. Acesso em: 07 jul. 2024.

SILVA, A. P.; SOUZA, A. M.; JUNIOR, M. F. R. A óptica geométrica e as atividades experimentais: entre a formação e a regência. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 7, n. 2, p. 1-22, 2018. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/journal/5606/560659009003/html/>>. Acesso em: 12 set. 2024.

VERGNAUD, G. Psicologia do desenvolvimento cognitivo e didática das matemáticas. Um exemplo: as estruturas aditivas. **Análise Psicológica**, Lisboa (Portugal), v. 5, p. 75-90, 1986. Disponível em: <<https://repositorio.ispa.pt/handle/10400.12/2150>>. Acesso em: 28 set. 2024.