

CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL

Submetido em: 16/11/2024

Aceito em: 28/6/2025

Publicado em: 2/1/2026

Rosalide Carvalho de Sousa¹

Francisco Régis Vieira Alves²

Daniel Brandão Menezes³

PRE-PROOF

(as accepted)

Esta é uma versão preliminar e não editada de um manuscrito que foi aceito para publicação na Revista Contexto & Educação. Como um serviço aos nossos leitores, estamos disponibilizando esta versão inicial do manuscrito, conforme aceita. O manuscrito ainda passará por revisão, formatação e aprovação pelos autores antes de ser publicado em sua forma final.

<https://doi.org/10.21527/2179-1309.2026.123.16726>

RESUMO

Este trabalho aborda as dificuldades intrínsecas ao ensino de Geometria Espacial e as mudanças paradigmáticas nas abordagens pedagógicas desse tema. O objetivo do estudo é analisar a relação entre as orientações presentes nos guias para professores de Geometria Espacial, encontrados em livros didáticos do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD quadriênio 2020-2024), e os princípios da Engenharia Didática de Formação (EDF). A

¹ Secretaria de Educação do Estado do Ceará – SEDUC. Fortaleza/CE, Brasil.

<https://orcid.org/0000-0002-8059-1159>

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE. Fortaleza/CE, Brasil.

<https://orcid.org/0000-0003-3710-1561>

³ Universidade Estadual do Ceará – UECE. Fortaleza/CE, Brasil.

<https://orcid.org/0000-0002-5930-7969>

CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL

metodologia compreende a primeira fase da Engenharia Didática – análises preliminares – e baseia-se no exame de três coleções de livros didáticos elaboradas a partir da Base Nacional Comum Curricular e das novas diretrizes para o Ensino Médio. Busca-se, com isso, relacionar a abordagem da Geometria Espacial nos guias selecionados aos pressupostos da EDF, visando propor reflexões e melhorias para o ensino. Os resultados indicam uma estreita relação entre os guias didáticos e a EDF, evidenciando o potencial desta engenharia para aprimorar a formação docente e promover estratégias didáticas eficazes.

Palavras-chave: Livro didático. Engenharia didática de formação. Formação docente. Ensino de matemática.

CONTRIBUTIONS OF DIDACTIC ENGINEERING FOR TEACHER TRAINING TO THE TEACHING OF SPATIAL GEOMETRY

ABSTRACT

This paper addresses the inherent difficulties in teaching Spatial Geometry, as well as the paradigmatic shifts in instructional approaches to this topic. The study's objective is to analyze the relationship between the guidelines present in teacher manuals for Spatial Geometry, found in textbooks from the National Textbook Program (PNLD 2020-2024 quadrennium), and the principles of Didactic Engineering for Teacher Training (DETT). The methodology encompasses the first phase of Didactic Engineering – preliminary analyses – and is based on the examination of three textbook collections developed in alignment with the Brazilian Common Core Standards (BNCC) and the new guidelines for Secondary Education. The aim is, therefore, to relate the approach to Spatial Geometry in the selected guides to DETT's assumptions, seeking to propose reflections and possible improvements for teaching. The results indicate a close relationship between the didactic guides and DETT, highlighting this engineering's potential to enhance teacher training and promote effective didactic strategies.

Keywords: Textbook. Didactic Engineering for Teacher Training. Teacher training. Mathematics education.

INTRODUÇÃO

O ensino de Geometria Espacial desempenha um papel essencial no desenvolvimento do raciocínio espacial e na compreensão do espaço tridimensional (Slezáková, 2011; Yilmaz, 2009). Este campo trata das propriedades e relações das figuras geométricas como sólidos, poliedros, pirâmides, cones e esferas, sendo importante em várias áreas, desde a Arquitetura e *design* até a Engenharia, Ciências e Tecnologia (Leivas, 2009; Sousa *et al.*, 2021).

Contudo, mesmo sendo um tema relevante, ainda há entraves em seu ensino e, conseqüentemente, na aprendizagem dos estudantes. Sousa *et al.* (2021, p. 110) ressaltam que “[...] Há uma ruptura na transição da Geometria Plana para a Geometria Espacial, existindo maior dificuldade na percepção e associação dos entes geométricos fundamentais e sua respectiva associação à composição de figuras espaciais”. Assim, compreender as dificuldades atreladas ao ensino da Geometria Espacial é uma necessidade e, sobretudo, uma maneira de orientar a elaboração de estratégias que busquem a superação destas.

A Engenharia Didática de Formação (EDF) é uma metodologia de pesquisa, caracterizada por objetivar a criação de dispositivos e/ou ferramentas voltadas para a sala de aula, bem como fortalecer o processo de formação docente, subsidiando a atuação profissional do professor (Alves; Dias, 2017). Dito isto, a EDF pode fornecer suporte à abordagem pedagógica do professor, visando desenvolver estratégias eficazes para o ensino de conceitos específicos. De modo complementar, no contexto da Geometria Espacial, considera-se que esta metodologia pode assumir um papel relevante, como suporte à elaboração de métodos e materiais que facilitem a compreensão dos alunos sobre as propriedades dos sólidos e suas aplicações.

Conforme Alves e Dias (2017), na EDF o interesse é direcionado para a compreensão e modelagem do papel do docente no processo de ensino. Neste contexto, o foco recai sobre as reflexões acerca da atuação do professor, aliadas à melhoria da prática pedagógica. Aqui enfatiza-se a prática docente no ensino da Geometria Espacial a partir da visão da EDF, associada ao que se propõe nos guias dos livros didáticos.

O livro didático é um recurso valioso na elaboração das aulas para o professor de Matemática, sendo uma ferramenta importante para direcionar o planejamento e execução do ensino. Também é considerado o principal material didático utilizado, por ser uma

CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL

ferramenta que todos os estudantes têm acesso (Turíbio; Silva, 2017). Em consonância às normativas oficiais, os livros didáticos seguem as diretrizes e os currículos educacionais estabelecidos, fornecendo uma estrutura alinhada aos objetivos e competências esperados para cada etapa escolar.

Bittencourt (2004), Choppin (2004), Turíbio e Silva (2017), entre outros, têm se debruçado em pesquisas sobre as funções do livro didático, as mudanças ocorridas nos exemplares ao longo do tempo e a forma de apresentação dos conteúdos. “Relações contraditórias estabelecidas entre livro didático e a sociedade têm instigado investigações variadas, por meio das quais é possível identificar a importância desse instrumento de comunicação, de produção e transmissão de conhecimento da tradição escolar” (Bittencourt, 2004, p. 471).

Este trabalho tem como objetivo analisar a intersecção entre as propostas dos guias didáticos para o professor e os pressupostos da Engenharia Didática de Formação, buscando compreender como essa relação pode otimizar o ensino de Geometria Espacial e subsidiar a prática docente. Para tanto, este estudo foi guiado pela seguinte questão: *De que forma as orientações contidas nos guias didáticos para o ensino de Geometria Espacial se alinham aos princípios da Engenharia Didática de Formação, e quais as implicações dessa relação para a prática pedagógica?*

Para atingir o objetivo delineado, utilizam-se os pressupostos da Engenharia Didática com ênfase em sua primeira fase – análises preliminares (Artigue, 2020a) –, constituída a partir da análise de três (03) coleções de livros didáticos referentes ao novo Programa Nacional do Livro Didático (quadriênio 2020-2024). Nesta etapa, debruçamo-nos especificamente sobre os modelos de abordagem teórico-prática referentes ao tópico de Geometria Espacial sugeridos aos professores.

Nas seções seguintes apresentamos os pressupostos da EDF para o ensino de Matemática e analisamos os obstáculos didáticos no ensino de Geometria Espacial. Em seguida, examinamos as obras selecionadas, sugerimos apontamentos para o ensino do tema e refletimos sobre como a EDF pode colaborar com a prática docente, destacando a relação entre ela e os guias didáticos analisados.

A ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO NO CONTEXTO DO ENSINO DE MATEMÁTICA

A Engenharia Didática (ED) estabelece uma conexão intrínseca entre a pesquisa e o ensino regular. Nesse contexto, as primeiras abordagens da ED tinham como objetivo propor o estudo e a elaboração de uma transposição didática para o ensino. Simultaneamente, dedicavam-se à investigação do desenvolvimento de outros fenômenos didáticos mais abrangentes, contribuindo para o enriquecimento e a expansão das teorias já existentes (Artigue, 2020a).

O crescente interesse pela ED demandou uma compreensão mais aprofundada da atividade do professor, transitando de uma abordagem centrada na aprendizagem do aluno, para focar no estudo do conhecimento e prática docente. Artigue (2020b) ressalta que, na Educação Matemática, a pesquisa destaca a importância da concepção e experimentação de sessões de ensino. Nesse contexto, a ED desempenha papel crucial, sendo uma metodologia que envolve a concepção estruturada de sequências didáticas e utiliza um método de validação interna, comparando as análises *a priori* e *a posteriori* destas sequências, e descreve atividades de desenvolvimento, incluindo a criação de recursos educacionais com base em resultados de pesquisa.

Dessa forma, percebeu-se que a ED, inicialmente concebida para analisar situações didáticas e a aprendizagem dos alunos a partir destas situações, demanda uma investigação mais profunda no tocante ao desenvolvimento profissional docente (Margolinas; Drijvers, 2015). Assim, a EDF ou Engenharia Didática de Segunda Geração, emerge como meio de investigar e identificar outros fenômenos mais didáticos relacionados às dificuldades enfrentadas, tanto pelos professores quanto pelos alunos, na criação de situações de sala de aula que promovessem a aprendizagem (Perrín-Glorian; Bellemain, 2019).

Segundo Perrín-Glorian (2011), a EDF representa uma metodologia que não apenas visa aprofundar o entendimento sobre o processo de ensino, mas também se empenha ativamente na geração de recursos destinados ao seu aprimoramento e à formação. Na EDF, a produção de situações de ensino não é o único objetivo. Segundo Mangiante-Orsola e Perrín-Glorian (2016, pp. 2-3):

CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL

[...] trata-se de estudar sua adaptação às condições normais de ensino e às necessidades dos professores. O foco é a análise da disseminação dessas situações no ensino comum, através da criação de recursos e das exigências de formação e acompanhamento dos professores necessários para que possam utilizá-las de maneira eficaz na melhoria da aprendizagem de seus alunos. Portanto, a intenção é submeter às condições que permitem definir essas situações. [...] Trata-se, na verdade, de uma engenharia didática de pesquisa específica que se destaca pelo tipo de questões que aborda, questões que apresentam problemas metodológicos e teóricos específicos.

Evidencia-se que a EDF visa o desenvolvimento profissional, trazendo questões norteadoras de pesquisas que surgem a partir de um problema de ensino, referentes a um conteúdo específico e incluem questões relativas à formação docente (Perrín-Glorian, 2011).

Conforme Pastré *et al.* (2006), a EDF configura-se como um domínio prático dedicado à criação de dispositivos de formação que atendam às necessidades identificadas de um público específico, integrando-se ao contexto de seu ambiente de trabalho. Os autores examinam o viés das práticas essenciais na formação do professor de Matemática. Assim, a EDF desponta como uma metodologia para a criação de situações didáticas contextualizadas, desempenhando um papel fundamental no aprimoramento da formação docente. De modo complementar, Alves (2018) explica que os dispositivos de formação, concebidos por meio da ED, desempenham um papel crucial tanto na definição quanto na estruturação de um perfil profissional.

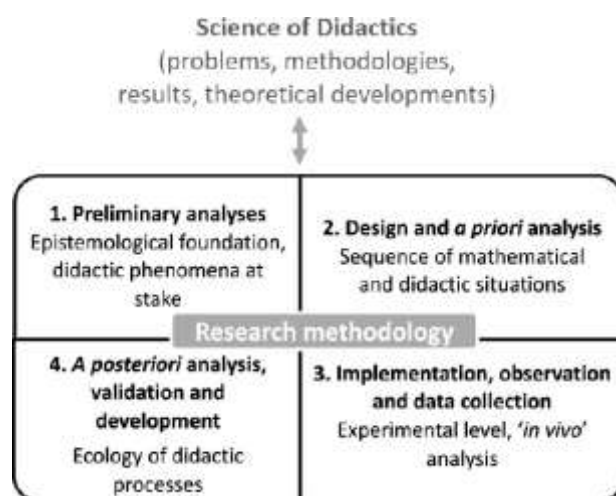
Os desafios enfrentados em níveis educacionais mais avançados motivaram uma reflexão mais aprofundada sobre a otimização da distribuição de responsabilidades matemáticas entre alunos e professores no contexto da ED, além de atenuar as condições e estruturas frequentemente impostas na concepção em níveis mais elementares. Em pesquisas realizadas na formação inicial (Artigue, 1994; Douady, 1986) evidencia-se uma presença significativa da ED voltada para a Matemática e a formação docente. Isso denota um crescente interesse por essa metodologia, alinhado à evolução das interações entre pesquisadores e educadores, bem como à diversidade de métodos desenvolvidos para o ensino de Matemática.

Enquanto metodologia, as fases da ED e da EDF são as mesmas, diferenciando-se essencialmente pela natureza dos objetivos da pesquisa. A EDF complementa a ED de

CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL

Primeira Geração ao aproveitar os resultados obtidos na primeira geração e ajustá-los às características e necessidades dos professores (Alves; Catarino, 2018; Sousa, 2021; Velho; Santos, 2011). Seu desenvolvimento e implementação pode ser organizado em quatro etapas: (i) Análises preliminares; (ii) Concepção e análise *a priori*; (iii) Experimentação; (iv) Análise *a posteriori* e validação, sintetizadas na Figura 1, segundo Barquero e Bosch (2015, p. 263):

Figura 1 - O processo de uma Engenharia Didática.



Fonte: Barquero e Bosch (2015, p. 263).

O processo de cada uma das fases da ED encontra-se sintetizado no esquema descritivo do Quadro 1:

CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL

Quadro 1 – Etapas da Engenharia Didática

Etapa	Descrição
Análises Preliminares	Compreende uma investigação histórica, epistemológica e didática do tema, avaliando sua abordagem no currículo, os obstáculos e desafios inerentes ao seu processo de ensino e aprendizagem. Ocorre ainda a formulação de hipóteses de pesquisa.
Concepção e análise <i>a priori</i>	Visa antecipar possíveis desafios, identificar objetivos de aprendizagem, entender as características dos alunos e planejar estratégias de ensino por meio da construção de situações e/ou sequências didáticas. Considera teorias, métodos pedagógicos, recursos e características específicas dos alunos ao desenvolver um plano de ensino, com uma análise matemática e didática do tema.
Experimentação	Engloba a execução do processo didático previamente concebido, bem como observação e coleta de dados. Nesse estágio ocorre uma análise “in vivo”, interpretando em tempo real (ou imediatamente após) os eventos na sala de aula).
Análise <i>a posteriori</i> e validação	Busca-se o contraste, a validação e o aprimoramento das hipóteses de pesquisa e das propostas de concepção provenientes das fases anteriores, realizando o confronto entre o planejado e o executado, visando determinar o sucesso (ou não) do método.

Fonte: Os autores (2024).

O Quadro 1 apresenta uma síntese da estrutura central da ED enquanto metodologia de pesquisa. A ED é um instrumento que visa explicar de maneira mais precisa questões didáticas em contextos matemáticos específicos, além de estudá-las (Perrín-Glorian; Bellemain, 2019). Essa abordagem também se destaca por sua capacidade de oferecer respostas específicas às perguntas dos professores. Ao construir uma ED com enfoque na EDF, os professores aprimoram habilidades pedagógicas essenciais, como o planejamento de atividades desafiadoras, a viabilização de discussões em sala de aula e a avaliação formativa, contribuindo significativamente para sua atuação profissional.

Esta investigação concentra-se especificamente na primeira fase da EDF, as análises preliminares. Artigue (2020a, p. 33) explica que esta fase “geralmente inclui três dimensões: análise epistemológica do conteúdo matemático em jogo, uma análise das condições e restrições institucionais, uma análise do que a pesquisa didática oferece para apoiar o *design*”. Nesta etapa realizou-se uma revisão bibliográfica a partir de trabalhos que discutem os obstáculos no ensino de Geometria Espacial, antes de adentrarmos à análise dos guias didáticos para professores e sua caracterização no âmbito da Didática da Matemática.

OBSTÁCULOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL

O ensino da Geometria Espacial desempenha um papel crucial no desenvolvimento da capacidade de abstração e na resolução de problemas geométricos. No entanto, a abordagem tradicional das propriedades espaciais muitas vezes não alcança todas as interconexões subjacentes que transcendem as medidas métricas, o que ressalta a necessidade de uma compreensão gradual e aprofundada e de uma exploração das relações essenciais que sustentam tanto o espaço quanto os fenômenos associados a ele. Essa lacuna pode resultar em uma série de obstáculos que dificultam o processo de aprendizagem dos estudantes.

Sousa (2021) destaca a falta de ênfase dada ao ensino de Geometria Espacial nas práticas pedagógicas, evidenciando que os conceitos geométricos são abordados superficialmente, restringindo-se à mera exposição de fórmulas, terminologias e à resolução de exercícios, sem proporcionar compreensão significativa ao estudante. Em consonância, Costa *et al.* (2009) relatam que em sala de aula é comum os estudantes se limitarem ao uso de fórmulas, o que dificulta sua capacidade de relacionar conceitos, identificar elementos dos sólidos e estabelecer conexões entre diferentes formas geométricas. Este modelo de abordagem acarreta impactos negativos na assimilação do conteúdo.

Bachelard (1996) destaca que as dificuldades no processo de conhecimento não se limitam a obstáculos externos, como a complexidade dos fenômenos ou sua natureza transitória, nem sugerem uma fraqueza intrínseca dos sentidos ou da mente humana. Pelo contrário, o autor considera que, ao nos envolvermos profundamente no ato de conhecer, surgem dificuldades e lentidões inerentes ao próprio processo de aprendizagem. Confrontar essas dificuldades permite avançar no conhecimento, consolidando e expandindo nossa compreensão. Os desafios são parte essencial do aprendizado e superá-los é crucial para o progresso intelectual.

Segundo Brousseau (2002), um obstáculo pode se manifestar através de erros que não ocorrem por acaso. Esses erros são transitórios, erráticos, reproduzíveis e persistentes. Os erros cometidos pelo mesmo sujeito estão conectados a uma fonte comum: uma forma de conhecimento ou concepção característica que, apesar de incorreta, é coerente e

CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL

representa um conhecimento antigo que foi bem-sucedido em um determinado contexto. Esses erros não desaparecem completamente; eles resistem, persistem e reaparecem mesmo após o sujeito ter conscientemente rejeitado o modelo defeituoso em seu sistema cognitivo.

A dificuldade na assimilação de certos conceitos pelos estudantes pode ter diversas origens. Brousseau (1983) destaca que os obstáculos epistemológicos podem surgir de falhas no método de ensino do professor, das dificuldades próprias do estudante ou da complexidade do próprio conhecimento. Nesse contexto, Brousseau (2002, pp. 86-87) classifica esses obstáculos em diferentes categorias, como:

- (i) de origem ontogênica, são aqueles que surgem devido às limitações do aluno (neurofisiológicas, entre outras) no momento de seu desenvolvimento. Ela desenvolve conhecimentos apropriados às suas habilidades e metas em uma idade específica.
- (ii) de origem didática, são aqueles que parecem depender apenas de uma escolha ou projeto de um sistema educacional.
- (iii) de origem epistemológica, são aqueles dos quais não se pode e nem se deve escapar, devido ao seu papel formativo no conhecimento buscado. Eles podem ser encontrados na história dos próprios conceitos.

Essas categorias auxiliam a diferenciar os obstáculos e identificar suas fontes, possibilitando a descoberta de meios para evitá-los ou superá-los. Aqui concentramo-nos nas dificuldades enfrentadas pelos professores no ensino da Geometria Espacial.

Um estudo de Luz e Proença (2019) exemplifica alguns desses obstáculos. Os autores aplicaram um problema de Geometria Espacial em uma turma do 3º ano do Ensino Médio, que consistia em determinar a altura de um cilindro com raio da base de $6/\pi$ cm, decorado com uma faixa retangular cuja diagonal forma um ângulo de 30° com a borda inferior. A questão incluía uma representação visual com um retângulo cortado por uma diagonal e um cilindro para ilustrar as informações do enunciado. Segundo os autores, os estudantes enfrentaram dificuldades de interpretação, lacunas nos conhecimentos prévios e problemas na manipulação algébrica. Eles não conseguiram decifrar o enunciado e não souberam como iniciar a resolução ou quais fórmulas utilizar.

Algumas dessas dificuldades podem estar diretamente ligadas à metodologia de ensino adotada. Problemas na interpretação da linguagem matemática podem resultar de um

CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL

descompasso no ensino, em que o significado e uso correto dos símbolos matemáticos não foram abordados adequadamente ao ensinar conceitos geométricos (Brito, 2005).

Compreender e manipular fórmulas pode ser desafiador, especialmente em problemas de cálculo de volumes e áreas de superfícies. O docente deve explicar a origem das fórmulas e sua relação com a geometria dos sólidos. A falta de conhecimentos prévios pode prejudicar a compreensão de conceitos básicos, como vértices, arestas e faces (Vuelma *et al.*, 2011). Portanto, é essencial que o professor utilize estratégias e recursos para ajudar os alunos a visualizar e entender a forma tridimensional dos objetos e suas dimensões.

A superação desses obstáculos exige abordagens didáticas criativas e adaptativas, como o uso de recursos visuais e manipuláveis, a contextualização dos conceitos em situações reais e a implementação de atividades práticas e interativas. Tais estratégias são essenciais para promover uma compreensão mais profunda e significativa dos conceitos geométricos espaciais, destacando a importância das ações do professor e os possíveis obstáculos didáticos no ensino desses conceitos. Segundo Pais (2015, p. 35), os obstáculos didáticos são “conhecimentos relativamente estabilizados no plano intelectual que podem dificultar a evolução da aprendizagem do saber escolar”. Esses obstáculos são particularmente desafiadores para os professores, que precisam identificá-los e superá-los para que os alunos possam compreender os conceitos ensinados.

Isso significa que os docentes enfrentam a tarefa de corrigir concepções errôneas e fornecer meios para uma compreensão clara dos temas abordados. Os obstáculos didáticos afetam a evolução da aprendizagem dos estudantes e representam um desafio significativo para os professores, que atuam como mediadores do conhecimento.

Com base em Costa *et al.* (2009), Kikuchi (2012), Luz e Proença (2019), Settimy e Bairral (2020), identificam-se obstáculos didáticos enfrentados pelos professores ao ensinar Geometria Espacial, sendo alguns destes desafios, bem como o seu reflexo na aprendizagem dos estudantes exemplificados nos parágrafos que seguem.

Dificuldades de Comunicação: Os professores frequentemente enfrentam desafios ao transmitir conceitos geométricos complexos de maneira clara e compreensível para os estudantes. De fato, é particularmente complicado explicar formas tridimensionais ou representar projeções bidimensionais de objetos espaciais. Luz e Proença (2019) destacam

CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL

que, em itens que exigiam habilidades de abstração para visualização espacial, os estudantes apresentaram extrema dificuldade. Eles enfrentaram problemas ao esboçar figuras espaciais e ao representar soluções em formatos bidimensionais e tridimensionais, resultando em respostas equivocadas.

Limitação na compreensão de conceitos: Alguns professores podem ter uma compreensão superficial ou inadequada da Matemática, comprometendo a clareza na transposição eficaz do tema. Souza e Bulos (2011, p. 4) afirmam que “alguns professores evitam ensinar os conceitos de Geometria, pois não têm domínio do assunto”, resultado de uma discussão ausente ou insuficiente do tema durante sua formação inicial. Isso limita a clareza ao abordar o tema e o uso de uma linguagem adequada.

Falta de recursos visuais: A Geometria Espacial requer modelos tridimensionais, projeções e representações visuais para a compreensão dos estudantes. A falta de acesso a esses recursos ou a ineficiência ao criá-los e utilizá-los adequadamente é um obstáculo para os professores. Settimy e Bairral (2020) afirmam que o ensino de conceitos geométricos em terceira dimensão necessita de atividades diversificadas para ampliar as possibilidades de exploração dos temas. A visualização deve estar conectada à representação, estimulando a habilidade de diferenciar e representar objetos bidimensionais e tridimensionais.

Dificuldade em integrar a Matemática ao mundo real: Conectar conceitos abstratos de Geometria Espacial a situações reais é um desafio, dificultando a compreensão de sua aplicação para os estudantes. Corrêa *et al.* (2019) apontam que a formação dos professores pode ser um problema, pois muitos não conseguem associar o conteúdo à realidade. Apesar dos esforços para ampliar a pesquisa nessa área, a falta de associação entre teoria e prática continua sendo um desafio no ensino da Geometria.

Ainda há de se considerar, além das dificuldades inerentes à abordagem da Geometria Espacial, o próprio currículo da disciplina de Matemática e todas as suas especificidades. Como apontam Fujita *et al.* (2018, p. 204), tem-se:

De um lado, temos um currículo prescrito; de outro, professores que vivenciam, no seu cotidiano, aspectos relacionados às demandas dos alunos reais, com interesses específicos, heterogêneos e com condições de trabalho que, na maioria das vezes, não priorizam os processos de reflexão.

CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL

Diante disso, sugere-se implementar algumas mudanças substanciais no trabalho do professor de Matemática em serviço, para atender a diversidade de estudantes e suas formas de ser e de ver o mundo e, no caso particular ao qual nos debruçamos, a partir da Geometria Espacial. Essas mudanças devem incluir não apenas o acesso e capacitação para o uso eficaz de recursos educacionais, mas também treinamento prático na criação e utilização de recursos visuais. Além disso, deve-se oferecer apoio contínuo para o desenvolvimento de habilidades de comunicação e avaliação, visando superar algumas crenças já cristalizadas por professores e a resistência à mudança (Fujita *et al.*, 2018). Assim, os professores poderão superar esses obstáculos e promover um ensino mais eficaz e significativo.

ANÁLISE DOS GUIAS DIDÁTICOS E POSSIBILIDADES PARA A PRÁXIS DOCENTE À LUZ DA EDF

Nesta etapa, realizamos uma pesquisa consultando o acervo do novo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), quadriênio 2020-2024. O programa dispunha de um total de dez coletâneas selecionadas pelo Ministério Educação (MEC) para atender as propostas para o Novo Ensino Médio. No Quadro 2 temos as obras didáticas disponibilizadas para as escolas públicas durante o interstício supracitado.

Quadro 2 – Livros do acervo PNLD 2020-2024

Fonte: Os autores (2024).

Obra	Referência	Editora
<i>Conexões Matemáticas e suas Tecnologias</i>	Leonardo (2020)	Modena
<i>Diálogo Matemática e suas Tecnologias</i>	Teixeira (2020)	Moderna
<i>Interação Matemática</i>	Freitas (2020)	Brasil
<i>Matemática em Contextos</i>	Dante e Viana (2020)	Ática
<i>Matemática Interligada</i>	Andrade (2020)	Scipione
<i>Matemática nos Dias de Hoje</i>	Cevada et al (2020)	SEI
<i>Multiversos Matemática</i>	Souza (2020)	FTD
<i>Prisma Matemática</i>	Bonjorno, Giovanni Jr e Câmara (2020)	FTD
<i>Quadrante Matemática e suas Tecnologias</i>	Chavante e Prestes (2020)	SM
<i>Ser Protagonista Matemática e suas Tecnologias</i>	Smole e Diniz (2020)	SM

CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL

Conforme as diretrizes do MEC, o critério para a aprovação das obras é que estas forneçam, de fato, subsídios para o desenvolvimento das competências e habilidades específicas da área de Matemática e suas Tecnologias, conforme estabelecido na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018). Nessa perspectiva, devem ser exploradas situações que promovam práticas investigativas por meio de metodologias ativas, de integração interdisciplinar e contextualizada dos conteúdos, do estímulo ao pensamento crítico, reflexivo e argumentativo dos estudantes, do desenvolvimento do pensamento computacional, da leitura em nível inferencial, além da incorporação de tecnologias no processo de aprendizagem (Brasil, 2021).

Para este estudo, selecionamos os exemplares utilizados por três escolas públicas estaduais da cidade de Sobral - CE. A escolha de Sobral justifica-se não apenas por ser a cidade de origem de um dos autores, mas também por ser reconhecida nacional e internacionalmente pela qualidade e inovação de seu sistema educacional, apresentando resultados expressivos em avaliações de larga escala (Cruz; Loureiro, 2020). As escolas foram consultadas para identificarmos quais livros didáticos foram adotados pelos professores de Matemática, servindo como base para a seleção do material analisado.

Com base nas informações obtidas, realizamos uma análise preliminar seguindo os pressupostos da EDF, avaliando três coleções de livros didáticos do PNLD 2020-2024. Cada coleção é dividida em seis volumes e estruturada de acordo com a BNCC e as novas diretrizes para o Ensino Médio. A partir desses materiais, os conteúdos de Geometria Espacial foram identificados e categorizados. Essa categorização considerou a estrutura dos guias didáticos, a abordagem metodológica sugerida e os obstáculos didáticos enfrentados pelos docentes, previamente identificados. Após essa etapa, foi realizada uma análise qualitativa dos guias didáticos. A análise incluiu a comparação entre os conteúdos dos guias didáticos e os princípios norteadores da EDF, buscando identificar congruências e divergências. No Quadro 3, temos os exemplares selecionados:

Quadro 3 – Livros selecionados para análise

Obra	Referência	Volume	Editora
<i>Matemática em Contextos</i>	Dante e Viana (2020)	3	Ática

CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL

<i>Matemática Interligada</i>	Andrade (2020)	4	Scipione
<i>Conexões Matemática e suas Tecnologias</i>	Leonardo (2020)	5	Moderna

Fonte: Os autores (2024).

Os resultados foram organizados de acordo com os três volumes da coleção selecionada, em que foram separados os trechos que abordam diretamente as implicações para a prática docente e as possíveis convergências com os preceitos da EDF. Em seguida, realizamos uma análise de conteúdo (Bardin, 2011), agrupando os temas recorrentes e identificando as principais estratégias pedagógicas adotadas, o que possibilitou a delimitação de três categorias principais: i) Integração de metodologias ativas ao ensino; ii) Contextualização interdisciplinar e aplicação prática; iii) Desenvolvimento do pensamento computacional.

Essas categorias foram escolhidas por representarem eixos fundamentais nas propostas dos guias didáticos e, crucialmente, por dialogarem diretamente com os princípios da Engenharia Didática de Formação. Elas permitem investigar como as orientações dos livros buscam (ou falham em) conceber dispositivos de formação e melhorar a prática pedagógica, conforme o escopo da EDF, no contexto específico da Geometria Espacial.

COLEÇÃO MATEMÁTICA EM CONTEXTO

O guia do professor em Dante e Viana (2020) apresenta seções sobre abordagens teórico-metodológicas para otimizar o uso da coleção e promover um ensino mais significativo. São oferecidos métodos como resolução de problemas, argumentação (oral e escrita), leitura inferencial, análises críticas, criativas e propositivas, investigação científica, metodologias ativas, pensamento computacional, uso pedagógico de tecnologias digitais, etnomatemática, pluralismo de ideias, convívio social, cultura de paz, saúde mental dos estudantes e temas transversais contemporâneos. Como sugestões para o desenvolvimento das aulas, encontramos:

(a) Imagens, textos e situações-problema que relacionam conceitos de Geometria Espacial ao cotidiano.

CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL

(b) Utilização de cubo mágico, associando as peças aos elementos dos sólidos geométricos, como faces, arestas e vértices.

(c) Uso de material dourado e cubo para construção de paralelepípedo reto-retângulo, determinando seu volume pela contagem dos cubos.

Essas abordagens, especialmente a utilização de materiais concretos como o cubo mágico e o material dourado, são particularmente relevantes para o ensino de Geometria Espacial, pois auxiliam na visualização e na compreensão tridimensional, superando obstáculos perceptivos comuns (Luz; Proença, 2019).

Os autores recomendam o uso de tecnologias digitais e *softwares* educativos, como GeoGebra e Calc do LibreOffice, para construções, cálculos, fórmulas e gráficos. Em atividades com poliedros, o manual sugere o *software* Poly para investigar a relação de Euler em poliedros regulares convexos, permitindo visualização ortogonal e planificação das superfícies. Tal recurso é crucial para o ensino de Geometria Espacial, pois aborda diretamente as dificuldades de representação bidimensional de objetos espaciais (Settimy e Bairral, 2020). Apesar de fornecer o *link* para o recurso, faltam detalhes sobre o funcionamento deste *software*, o que seria particularmente relevante para seu uso na atividade.

A coletânea sugere metodologias ativas para organização e desenvolvimento das aulas, como aprendizagem em equipes e sala de aula invertida. Há uma seção nominada *Referências complementares para aprofundamento*, que inclui sites, jogos, *podcasts*, vídeos, *softwares*, revistas, boletins de Educação Matemática, livros sobre História, Educação e metodologias, além de documentos oficiais. Esses recursos buscam apoiar o professor no planejamento e desenvolvimento do tema de Geometria Espacial, potencializando a aprendizagem dos estudantes.

Embora a coleção apresente boas sugestões para o ensino de Geometria Espacial, há uma lacuna na exemplificação prática do uso de tecnologias. Essa carência limita a aplicação da EDF, que preconiza o desenvolvimento de dispositivos de formação que integram ferramentas eficazes para o tema. É relevante incluir situações-problema que simulem a aplicação desses recursos, considerando a falta de familiaridade de alguns professores com essas tecnologias (Sousa, 2021).

COLEÇÃO MATEMÁTICA INTERLIGADA

O guia didático deste livro possui uma seção de Assessoria Pedagógica (Andrade, 2020) que oferece esclarecimentos e orientações sobre o Novo Ensino Médio, capacitando os professores para planejar e implementar aulas que estimulem a aprendizagem de conceitos geométricos.

A primeira seção detalha a estrutura dos livros, explicando suas partes e fornecendo orientações ao professor. Nos conteúdos, seções especiais e tarefas, há elementos visuais como imagens, desenhos e ícones para auxiliar na compreensão.

Há sugestões de recursos para planejamento individual e coletivo, promovendo colaboração entre pares e disciplinas. O livro oferece atividades e métodos avaliativos embasados nas competências e habilidades da BNCC para o Ensino Médio, além de temas contemporâneos de forma transversal.

As metodologias ativas recomendadas incluem sala de aula invertida, rotação por estações, seminários, *fishbowl*, *gallery walk*, modelagem matemática e Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs), sendo cada uma dessas abordagens acompanhada por textos explicativos.

A seção *Orientações sobre os capítulos* descreve como explorar os temas de cada capítulo. Imagens e um breve histórico de construções poliédricas, como a pirâmide de Quéops e o Obelisco do Parque Ibirapuera, ilustram conceitos de poliedros. Uma analogia com espelhos ajuda a distinguir poliedros côncavos e convexos. O manual detalha a integração de TDICs, destacando o *software* GeoGebra. Inclui um guia para construir polígonos regulares e explorar corpos redondos, como cilindros e esferas, promovendo a compreensão e resolução de problemas. Essa abordagem, ao oferecer um passo a passo para a ferramenta, é um exemplo prático de como a EDF pode conceber situações didáticas que promovam a compreensão e resolução de problemas complexos em Geometria Espacial.

Um cronograma sugerido distribui os conteúdos ao longo dos seis volumes, considerando o tempo pedagógico e as características das turmas. O *Painel do Volume*

CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL

facilita o planejamento, apresentando competências, habilidades, conteúdos e objetivos específicos, alinhados à BNCC.

A seção de *Páginas para Reprodução* oferece imagens das projeções de sólidos geométricos para impressão e montagem. O livro finaliza com a resolução completa dos problemas e exercícios abordados.

COLEÇÃO CONEXÕES MATEMÁTICAS E SUAS TECNOLOGIAS

Neste livro, Leonardo (2020) apresenta um guia abrangente para professores, delineando competências gerais e habilidades específicas conforme a BNCC para o Novo Ensino Médio. Inclui Itinerários Formativos, estruturados conforme os arranjos curriculares, relevância local e necessidades dos sistemas de ensino, fundamentados na flexibilidade para atender à diversidade de interesses dos estudantes.

O livro destaca algumas metodologias ativas, como aprendizagem baseada em projetos, onde os estudantes trabalham em equipes, tomam decisões coletivas e colaboram para atingir um objetivo comum. A aprendizagem baseada em times é outra metodologia, em que os estudantes se preparam previamente, são avaliados individualmente e depois discutem em equipes até chegarem a um consenso. Essas abordagens reconfiguram métodos de ensino, avaliação e organização dos espaços escolares.

O guia fornece textos sobre a importância da Matemática, facilitando a aprendizagem através da Etnomatemática, língua materna e Matemática, tecnologias digitais, pensamento computacional, temas contemporâneos transversais e interdisciplinaridade, gestão da sala de aula, inclusão e avaliação.

Há sugestões de atividades interdisciplinares, como no tópico sobre pirâmides, que conecta Ciências da Natureza ao explorar geometria molecular. Os estudantes montam tetraedros para entender geometrias moleculares. Outra atividade associa cilindros à reflexão da luz na fotografia, integrando Ciências da Natureza e Linguagens. Essas conexões são vitais para a Geometria Espacial, pois contextualizam os conceitos e superam a dificuldade de integrar a matemática ao mundo real (Corrêa *et al.*, 2019), um aspecto chave para a EDF.

CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL

A exploração da Etnomatemática é sugerida em parceria com a área de Linguagens e suas tecnologias, mostrando como a Matemática se manifesta em cenários históricos e culturais. Os exemplos incluem os algarismos indígenas, geometria nas composições artísticas e unidades de medida usadas por bordadeiras.

O manual oferece um cronograma detalhado e uma lista extensa de livros e artigos sobre ensino de Matemática, tecnologias, currículo, didática e formação de professores, proporcionando um embasamento teórico sólido para o planejamento pedagógico.

Apesar das sugestões tecnológicas limitadas, como o uso do GeoGebra para Geometria Plana, há recomendações de materiais concretos, como cartolinas e varetas para construir e planificar sólidos geométricos. Esses recursos concretos são fundamentais para a EDF no ensino de Geometria Espacial, facilitando a visualização tridimensional e a transição para representações abstratas.

RESULTADOS DA ANÁLISE

A consolidação dos resultados revela que as obras didáticas analisadas apresentam um alinhamento significativo com os princípios estabelecidos pela BNCC e com as diretrizes do Novo Ensino Médio, refletindo uma aderência aos objetivos pedagógicos previstos para essa etapa da Educação Básica. No entanto, uma análise crítica desses resultados permite destacar tanto as potencialidades quanto as limitações observadas nas três categorias centrais da pesquisa: *integração de metodologias ativas, contextualização interdisciplinar e aplicação prática, e desenvolvimento do pensamento computacional*.

A primeira categoria, *integração de metodologias ativas*, destaca atividades que incentivam a resolução de problemas, trabalho colaborativo e projetos, fundamentais para o pensamento crítico. Contudo, falta profundidade nas discussões para aplicação dessas metodologias, não apresentando orientações claras para os professores, o que compromete a implementação, especialmente no ensino de Geometria Espacial, onde a efetividade de tais metodologias é crucial para superar obstáculos como a dificuldade de comunicação de conceitos complexos e a limitação na compreensão de conceitos (Luz; Proença, 2019; Souza; Bulos, 2011).

CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL

A metodologia da sala de aula invertida, presente nos três livros, exemplifica bem esses desafios, pois depende de uma série de fatores. Primeiramente, a eficácia da sala de aula invertida depende do compromisso dos alunos na realização das atividades previamente, o que pode não acontecer uniformemente. Em contextos em que os alunos não possuem autonomia, disciplina ou acesso adequado aos recursos tecnológicos, esta metodologia pode se tornar ineficaz. Não fica claro, nos guias didáticos, como o professor deve lidar com esses desafios, nem como garantir que todos os alunos cumpram as atividades de forma a poderem participar plenamente das discussões em sala. A ausência de orientações sobre esses obstáculos limita a eficácia em contextos educacionais menos favorecidos.

No que concerne a segunda categorização, *contextualização interdisciplinar e aplicação prática*, os guias demonstram uma preocupação em apresentar a Matemática de forma conectada à realidade dos estudantes, promovendo a interdisciplinaridade e o pensamento crítico. No entanto, a superficialidade de algumas conexões limita a superação do obstáculo de integrar a matemática ao mundo real, dificultando a percepção da aplicabilidade da Geometria Espacial pelos estudantes (Corrêa *et al.*, 2019). Em muitos casos, a interdisciplinaridade é tratada de forma pontual, sem uma articulação profunda entre as áreas do conhecimento. Projetos interdisciplinares, por exemplo, exigem uma coordenação eficaz entre diferentes áreas e entre os profissionais envolvidos.

Os textos presentes no manual do professor mencionam essa necessidade, mas não abordam as dificuldades práticas de alinhamento entre disciplinas, que pode ser um dos maiores obstáculos ao sucesso dessa metodologia. Muitos professores podem enfrentar dificuldades em estabelecer conexões genuínas entre os temas ou em conciliar currículos divergentes. Além disso, embora as situações do cotidiano sejam utilizadas para ilustrar conceitos matemáticos, elas nem sempre refletem os contextos sociais e culturais diversos dos estudantes, o que limita a aplicação prática dessas propostas em uma realidade educacional mais ampla.

Na última categoria, que aborda o *desenvolvimento do pensamento computacional*, as coleções didáticas analisadas apresentam exercícios voltados ao raciocínio lógico e à resolução de problemas algorítmicos. Contudo, a falta de integração com o conteúdo e o uso de tecnologias impede que esses recursos auxiliem plenamente na visualização e

CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL

manipulação de objetos tridimensionais, que são desafios persistentes no ensino de Geometria Espacial (Settimy; Bairral, 2020). A exceção é a coleção *Matemática Interligada*, que se destaca ao incluir atividades com *softwares* educativos, como o GeoGebra, oferecendo não apenas instruções sobre o uso da ferramenta, mas também um passo a passo para sua implementação prática em sala de aula.

A análise crítica dos resultados demonstra que, embora as coleções de livros analisadas estejam alinhadas aos preceitos da BNCC e às diretrizes do Novo Ensino Médio, há aspectos que podem ser aprimorados para que essas obras cumpram seu papel de maneira mais eficaz. *A integração de metodologias ativas* é positiva, mas requer maior orientação prática para os professores; a *contextualização interdisciplinar* é um avanço, mas pode ser mais profunda e sensível às diversas realidades dos estudantes; e o *desenvolvimento do pensamento computacional* é promissor, no entanto, precisa ser mais bem articulado com o restante do currículo.

Portanto, embora as coleções apresentem um potencial para promover as competências e habilidades previstas para essa etapa da Educação Básica, a implementação prática dessas propostas depende de ajustes mais específicos e da criação de materiais de suporte que auxiliem os educadores na aplicação dessas metodologias de forma efetiva e contextualizada. Assim, no próximo tópico, apresentamos a relação das obras com os princípios da Engenharia Didática de Formação, ressaltando a importância da formação docente para aprimorar as estratégias de ensino e garantir a qualidade no processo de ensino e, consequentemente, na aprendizagem dos alunos.

RELAÇÃO ENTRE A EDF E AS OBRAS ELUCIDADAS

A análise dos guias didáticos revela que a interação entre a EDF e as orientações dos livros didáticos representa uma cooperação promissora para o ensino de Geometria Espacial. Observou-se nos exemplares, por exemplo, a preocupação em alinhar objetivos educacionais e estratégias de ensino (Quadro 4), o que ressoa com a concepção criteriosa de dispositivos pedagógicos proposta pela EDF (Perrín-Glorian, 2011).

CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL

A EDF, abordada por pesquisadores como Alves (2018), Pastré *et al.* (2006) e Perrín-Glorian (2011), destaca a importância da concepção e organização cuidadosa dos conteúdos e métodos de ensino, alinhados aos objetivos educacionais, às características dos estudantes e as condições de ensino. Sob essa ótica, o delineamento estratégico da formação didática docente deve considerar a natureza tridimensional da Geometria Espacial, identificando abordagens instrucionais que favoreçam a compreensão e aplicação dos conceitos.

Os guias presentes nos livros didáticos preconizam a relevância de orientações pedagógicas explícitas para os educadores, desempenhando um papel relevante ao fornecerem sugestões didáticas sobre os objetivos específicos de aprendizagem, métodos de ensino recomendados e estratégias de avaliação. Eles servem como diretrizes práticas, possibilitando aos professores uma implementação eficaz das propostas didáticas contidas nos materiais.

Os guias fornecem orientações detalhadas para o desenvolvimento de conteúdos e atividades. Isso é evidente na coleção *Matemática Interligada*, que ilustra conceitos de poliedros com a pirâmide de Quéops (Andrade, 2020), e em *Conexões Matemáticas*, que sugere a etnomatemática em parceria com Linguagens, fomentando a interdisciplinaridade e o protagonismo do aluno em Geometria Espacial.

Podemos elencar seis tópicos nos quais a EDF pode ser relacionada aos guias dos livros didáticos, como pontos comuns a ambos, convergindo para o aprimoramento do ensino de Geometria Espacial. Este cruzamento está apresentado no Quadro 4:

**CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE
FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL**

Quadro 4 – Características que relacionam a EDF e os guias didáticos

Característica a ser relacionada	EDF	Guias didáticos
<i>Objetivos de Aprendizagem</i>	Envolve o planejamento estratégico de objetivos de aprendizagem, considerando as características e necessidades dos estudantes e as necessidades dos professores.	Os guias fornecem informações específicas sobre os objetivos de aprendizagem que devem ser alcançados com cada unidade ou capítulo, auxiliando os professores na compreensão das metas educacionais.
<i>Metodologia de ensino</i>	Desenvolve métodos de ensino <i>a priori</i> , que favorecem a compreensão e a aplicação dos conceitos de geometria espacial.	Oferecem sugestões metodológicas, estratégias de ensino e atividades práticas para facilitar a abordagem dos temas, promovendo a participação ativa dos alunos.
<i>Recursos didáticos</i>	Planeja a utilização de diferentes recursos didáticos, como materiais manipulativos, tecnologias educacionais, exemplos práticos e sua disseminação na Educação Básica.	Indicam quais recursos específicos estão disponíveis no livro didático para facilitar a compreensão dos conceitos de Geometria Espacial.
<i>Avaliação da aprendizagem</i>	Inclui estratégias de avaliação que permitem verificar o alcance dos objetivos de aprendizagem.	Contam com sugestões de atividades avaliativas, testes e exercícios que ajudam os professores a medir o progresso dos alunos
<i>Adaptação ao contexto de ensino</i>	Considera as características específicas dos alunos, adaptando o ensino ao contexto em que estão inseridos.	Fornecem orientações sobre como adaptar o material didático às necessidades da turma, considerando o perfil dos estudantes.
<i>Feedback e melhoria contínua</i>	Inclui mecanismos para receber <i>feedback</i> dos professores e alunos, visando a melhoria contínua do processo educativo.	Trazem sugestões aos professores sobre como coletar <i>feedback</i> dos alunos e ajustar as estratégias de ensino, conforme necessário.

Fonte: Os autores (2024).

A intertextualidade entre a EDF e os guias didáticos é evidente na articulação de estratégias metodológicas, recursos instrucionais e avaliação formativa, proporcionando uma abordagem mais ampla e coerente ao ensino de Geometria Espacial. A adaptação ao contexto específico e ao perfil dos alunos, como discutido por Costa *et al.* (2009), Luz e Proença (2019) e Settimy e Bairral (2020), reflete a sensibilidade pedagógica necessária para um processo educativo adequado.

Os guias dos livros didáticos oferecem orientações claras sobre a abordagem pedagógica, sequência de conteúdos e estratégias de ensino, auxiliando os professores no

CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL

desenvolvimento das aulas. Nesse sentido, a EDF permite a utilização flexível e adaptativa dessas orientações, promovendo uma aplicação eficaz e contextualizada dos princípios pedagógicos.

Adicionalmente, os guias estruturam os conteúdos visando a compreensão progressiva dos conceitos. O ‘Painel do Volume’ em *Matemática Interligada* (Andrade, 2020), por exemplo, facilita o planejamento curricular alinhado à BNCC, auxiliando o professor na organização e personalização do ensino de Geometria Espacial, um aspecto valorizado pela EDF.

O guia do professor é um recurso valioso que, em correlação com a EDF, fundamenta uma pedagogia consistente e adaptativa, permitindo o planejamento de aulas dinâmicas e atividades que promovem o desenvolvimento das habilidades matemáticas e a compreensão dos conceitos pelos alunos. A adaptação dos guias para atender às necessidades específicas de docentes e alunos, em conformidade com os princípios da EDF, é importante no apoio à prática docente e promoção de uma Educação Matemática de qualidade, explorando plenamente seu potencial para personalizar o ensino de acordo com as demandas de cada turma e aluno.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou analisar a relação entre a Engenharia Didática de Formação (EDF) e as orientações presentes nos guias didáticos para o ensino de Geometria Espacial. Os resultados evidenciaram que, embora as coleções analisadas demonstrem alinhamento com a BNCC e abordem metodologias ativas e pensamento computacional, há uma necessidade de maior profundidade e especificidade na integração dessas propostas para o aprimoramento efetivo da prática docente e superação dos obstáculos didáticos nesse componente curricular.

Reconhece-se o potencial da tecnologia na abordagem da Geometria Espacial, especialmente no aprofundamento de conceitos. No entanto, muitos livros didáticos limitam seu uso ao cálculo de áreas e volumes. Propõe-se uma maior integração de softwares educativos no ensino, tanto nas explicações dos professores quanto nas atividades dos

CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL

estudantes, visando otimizar a aprendizagem. Recomenda-se incluir exemplos práticos nos guias didáticos que explorem o potencial desses recursos.

As obras selecionadas apresentam alinhamento com os princípios da BNCC e as diretrizes do Novo Ensino Médio, demonstrando convergências significativas em relação aos objetivos e competências previstos para essa etapa da educação básica, promovendo uma educação matemática que vai além da memorização de conteúdos, buscando formar cidadãos críticos e preparados para enfrentar os desafios da sociedade.

Ressalta-se a necessidade de repensar a formação dos professores de matemática, especialmente no contexto prático de seu trabalho, oferecendo-lhes tanto orientações teóricas quanto estratégias práticas que possam ser integradas ao seu dia a dia. Isso permitirá que os docentes façam melhor uso das orientações presentes nos guias didáticos das coletâneas adotadas nas escolas, capacitando-os a alinhar suas práticas com as diretrizes do Novo Ensino Médio e desenvolver um ensino mais consistente e conectado às demandas atuais da educação.

Por fim, este estudo espera contribuir para as discussões sobre a formação docente e o planejamento de aulas, sugerindo que a articulação mais explícita e aprofundada entre a EDF e os guias didáticos pode impulsionar o desenvolvimento de estratégias pedagógicas mais eficazes e contextualizadas para o ensino de Geometria Espacial.

AGRADECIMENTOS

A pesquisa foi desenvolvida com o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

ALVES, F. R. V.; DIAS, M. A. Formação de professores de matemática: um contributo da engenharia didática (ED). *REVEMAT – Revista Eletrônica de Educação Matemática*, Florianópolis, v. 19, n. 2, p. 192-209, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/1981-1322.2017v12n2p192>.

**CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE
FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL**

ALVES, F. R. V. Engenharia Didática de Formação (EDF): sobre o ensino dos números (Generalizados) de Catalan (NGC). *Educação Matemática Pesquisa*, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 47-83, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.23927/1983-3156.2018v20i2p47-83>

ALVES, F. R. V.; CATARINO, P. M. M. C. Engenharia Didática de 2ª geração com o tema: $h(x)$ -Polinômios de Jacobsthal. *Ensino de Ciência e Tecnologias em Revista*, Santo Ângelo, v. 8, n. 3, p. 28-55, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.31512/encitec.v8i3.2357>

ANDRADE, T. M. *Matemática Interligada*. São Paulo: Scipione, 2020.

ARTIGUE, M. Didactic Engineering as a framework for the conception of teaching products. In: BIEHLER, Rolf.; SCHOLZ, Roland Werner.; STRASSER, Rudolf.; WINKELMANN, Bernard (Eds.). *Mathematics didactics as a scientific discipline*. Moscou: Kluwer, p. 27-39, 1994. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/0-306-47204-X#page=35>

ARTIGUE, M. Didactical Engineering. In: LERMAN, S. (Ed.). *Encyclopedia of Mathematics Education*. Paris: Springer, 2020. p. 202-206 Disponível em: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-030-15789-0_44

ARTIGUE, M. Méthodologies de recherche en didactique des mathématiques: Où en sommes-nous? *Educação Matemática Pesquisa*, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 25-64, 2020b. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.23925/1983-3156.2020v22i3p025-064>

BACHELARD, G. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.

BARQUERO, B.; BOSCH, M. Didactic engineering as a research methodology: from fundamental situations to study band research paths. In: WATSON, Anne.; OHTANI, Minoru (Eds.). *Task design in mathematics education*. New York: Springer International Publishing, 2015. p. 249-272. Disponível: https://doi.org/10.1007/978-3-319-09629-2_13

BITTENCOURT, C. M. F. Em foco: história, produção e memória do livro didático. *Educação e Pesquisa (USP)*, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 471-473, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-97022004000300007>

BONJORNO, L. R.; GIOVANNI JR, J. R.; SOUSA, P. R. C. *Prisma Matemática*. São Paulo, FTD, 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Guia de livros didáticos PNLD 2021: Matemática e suas Tecnologias*. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/fnde/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programas/programas-do-livro/pnld/guia-do-livro-didatico/obras-digitais-do-pnld>

**CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE
FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL**

BRITO, M. R. F. Contribuições da psicologia educacional à educação matemática. In: BRRITO, Marcia Regina Ferreira. *Psicologia da educação matemática: teoria e pesquisa*. Florianópolis: Insular, 2005. p. 49-64.

BROUSSEAU, G. Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, v. 4, n. 2, p. 165-198, 1983. Disponível em: <https://revue-rdm.com/1983/les-obstacles-epistemologiques-et/>

BROUSSEAU, G. *Theory of Didactical Situations in Mathematics: Didactique des Mathématiques, 1970-1990*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/0-306-47211-2>

CEVADA, J. dos. S.; SILVA, D. R. da.; PRADP, G. G.; COLPANI, J. G. B. *Matemática nos dias de hoje*. São Paulo: Editora SEI, 2020.

CHAVANTE, E. R.; PRESTES, D. B. *Quadrante Matemática e suas Tecnologias*. São Paulo: SM, 2020.

CHOPPIN, A. História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 549-566, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-97022004000300012>

COSTA, A. C.; BERMEJO, A. P. B.; MORAES, M. S. F. Análise do Ensino de Geometria Espacial. In: X Congresso Gaúcho de Educação Matemática, 10; 2009, Ijuí. *Anais...*, Ijuí: EGEM, 2009. Disponível em: www.projetos.unijui.edu.br/matematica/cd_egem/fscommand/CC/CC_49.pdf

CORRÊA, N. B. de O. *et al.* A abordagem dos três momentos pedagógicos no ensino de geometria espacial: contribuições de uma sequência didática. In: II Congresso Nacional de Ensino de Ciências e Formação de Professores, 2, 2019, Catalão. *Anais....Catalão*: CECIFOP, 2019.

CRUZ, Louisee; LOUREIRO, André. Alcançando um Nível de Educação de Excelência em Condições Socioeconômicas Adversas: O Caso de Sobral. Banco Mundial, Jun. 2020.

DANTE, L. R.; VIANA, F. *Matemática em Contextos*. São Paulo: Ática, 2020.

DOUADY, R. Jeux de cadres et dialectique outil-objet. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, França, v. 7, n. 2, p. 5-31, 1986. Disponível em: <https://revue-rdm.com/1986/jeux-de-cadres-et-dialectique/>

FREITAS, L. M. T. *Interação Matemática*. São Paulo: Editora Brasil, 2020.

FUJITA, O. M.; OIVEIRA, R. G. de; FONÇATTI, M. C.; RODRIGUES, E. A. N. Professores de Matemática e percepções acerca do uso de materiais institucionalizados pelo currículo do estado de São Paulo. *Revista Contexto & Educação*, Unijuí, v. 33, n. 105, p.

**CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE
FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL**

198–221, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.21527/2179-1309.2018.105.198-221>. Acesso em: 11 nov. 2024.

KIKUCHI, L. M. *Obstáculos à aprendizagem de conceitos algébricos no ensino fundamental: uma aproximação entre os Obstáculos Epistemológicos e a Teoria dos Campos Conceituais*. 2012. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em <https://doi.org/10.11606/D.48.2012.tde-23102012-131046>

LEIVAS, J. C. P. *Imaginação, Intuição e Visualização: a riqueza de possibilidades da abordagem geométrica no currículo de cursos de Licenciatura em Matemática*. 2009. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1884/19925>.

LEONARDO, F. M. de. *Conexões Matemáticas e suas Tecnologias*. São Paulo: Moderna.

LUZ, J. A. da.; PROENÇA, M. C. de. Resolução de problemas de Geometria Espacial: análises das dificuldades de alunos do ensino médio em questões do Enem. In: XV Encontro Paranaense de Educação Matemática, 15, 2019. Londrina. *Anais....* Londrina: EPREM, 2019. Disponível em: https://www.sbemparana.com.br/eventos/index.php/EPREM/XV_EPREM/paper/view/1016

MANGIANTE-ORSOLA, C.; PERRÍN-GLORIAN, M. J. Ingénierie Didactique de Développement en Géométrie au cycle 3 dans le cadre du Léa Valenciennes-Denain. In: CHAMBRIS, Thomas Barrier. CHAMBRIS, Christine. *Séminaire national de didactique des mathématiques*, França: ARDM, 2016. p. 1-25. Disponível em: pre_actes_seminaire_ARDM_janvier_2016.pdf

MARGOLINAS, C.; DRIJVERS, P. Didactical Engineering in France: an insider's and outsider's view on its foundations, its practice and its impact. *The International Journal of Mathematics Education – ZDM*, New York, v. 47, n. 6, p. 893-903, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11858-015-0698-z>

PAIS, L. C. *Didática da matemática: uma análise da influência francesa*. Belo Horizonte: Autêntica, 2015.

PASTRÉ, P.; MAYEN, P.; VERGNAUD, G. La didactique professionnelle. *Revue Française de Pédagogie*, Lyon, p. 145-198, 2006. Disponível em: <https://hal.science/hal-03051510/>

PERRÍN-GLORIAN, M. J. L'ingénierie didactique à l'interface de la recherche avec l'enseignement. Vers une ingénierie didactique de deuxième génération? In: MARGOLINAS, Claire et al. (Ed.), *En amont et en aval des ingénieries didactiques*, França: La pensée sauvage, 2011. p. 57-77.

PERRÍN-GLORIAN.; BELLEMAIN, P. M. B. L'Ingénierie Didactique entre recherche et ressource pour l'enseignement et la formation de maîtres. *Caminhos da Educação Matemática em Revista (Online)*, Aracaju, v. 9, n. 1, p. 45-82, 2019. Disponível em:

**CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE
FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL**

https://periodicos.ifs.edu.br/periodicos/caminhos_da_educacao_matematica/article/view/298

SETTIMY, T. F. de O.; BAIRRAL, M. A. Dificuldades envolvendo a visualização em Geometria Espacial. *Vidya*, Santa Maria, v. 40, n. 1, p. 177-195, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.edu.br/index.php/VIDYA/article/view/3219>

SLEZÁKOVA, J. *Geometrická představivost v rovině*. These (Doctoral) - Palacký University Olomouc, 2011. Disponível em: <https://theses.cz/id/op6350/?lang=en>

SMOLE, K. C. S.; DINIZ, M. I. de S. V. *Ser Protagonista Matemática e suas Tecnologias*. São Paulo: Editora SM, 2020.

SOUZA, E. S.; BULOS, A. M. M. A ausência da geometria na formação dos professores de matemática: causas e consequências. In: *XIII Conferência Interamericana de Educação Matemática*, 13, 2011. Pernambuco. *Anais...* CIAEM-IACME, 2011. Disponível https://xiii.ciaem-redumate.org/index.php/xiii_ciaem/xiii_ciaem/paper/view/1433/1073

SOUSA, R. C. de. *Engenharia Didática de Formação: uma aplicação do GeoGebra com os alunos da Universidade Estadual Vale do Acaraú no ensino do conceito de volume*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, 2021. Disponível em: biblioteca.ifce.edu.br/index.asp?codigo_sophia=99220

SOUSA, R. T.; AZEVEDO, I. F.; LIMA, F. D.; ALVES, F. R. V. Transposição Didática com o aporte do GeoGebra na passagem da Geometria Plana para a Geometria Espacial. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, São Paulo, v. 7, n. 4, p. 105-123, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.51891/rease.v7i5.1177>

SOUZA, J. R. de. *Multiversos Matemática*. São Paulo: FTD, 2020.

TEIXEIRA, L. A. *Diálogo Matemática e suas Tecnologias*. São Paulo: Moderna, 2020.

TURÍBIO, S. R. T.; SILVA, A. C. A influência do livro didático na prática pedagógica do professor que ensina Matemática. *Revista Prática Docente*, Mato Grosso, v. 2, n. 2, p. 158-178, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.23926/RPD.2526-2149.2017.v2.n2.p158-178.id73>

VELHO, A. P. M.; SANTOS, L. PCM debate Engenharia Didática de Segunda Geração. Entrevista com Saddo Ag Almouloud. Maringá, *Jornal, UEM*, 102, 2011.

VUELMA, C. A.; GARCIA, V. C.; TREVISAN, V. Ensino de áreas e volumes: articulação do mundo físico com os objetos geométricos e suas representações. In: GARCIA, Vera Clotilde Vanzetto, et al. (Orgs.). *Reflexão e pesquisa na formação de professores de matemática*. Porto Alegre: Evangraf UFRGS, 2011. p. 197-228.

**CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DIDÁTICA DE
FORMAÇÃO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL**

YILMAZ, H. B. (2009). On the development and measurement of spatial ability. *International Electronic Journal of Elementary Education*, Turkey, v. 1, n. 2, p. 83-96, 2009. Disponível em: <https://www.iejee.com/index.php/IEJEE/article/view/279/302>

Autor correspondente:

Rosalide Carvalho de Sousa

Secretaria de Educação do Estado do Ceará – SEDUC

Doutoranda em Ensino pela Rede Nordeste de Ensino, Polo IFCE – RENOEN/IFCE

Av. Humberto Lopes, 615 – Padre Ibiapina, Sobral/CE, Brasil. CEP 62023-070

rosalidecarvalho@hotmail.com

Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença Creative Commons.

