

A Engenharia Didática no Ensino de Matemática: integração entre teoria e prática

Thiago Beirigo Lopes¹

Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT)

Ademir Brandão Costa²

Secretaria de Estado de Educação do Pará (SEDUC/PA)

Dailson Evangelista Costa³

Universidade Federal do Tocantins (UFT)

RESUMO

Originada na França e intimamente ligada à Didática da Matemática, a Engenharia Didática foi proposta por Michelle Artigue para estabelecer uma ligação entre o conhecimento científico e a prática diária em sala de aula. Este artigo traz os resultados de uma pesquisa bibliográfica cujo "objetivo foi discutir a Engenharia Didática como um método de pesquisa acadêmica e profissional, principalmente voltada para o ensino de matemática". Baseado no trabalho de pesquisadores brasileiros e internacionais reconhecidos no campo da Engenharia Didática, este artigo argumenta que a Engenharia Didática facilita a conexão entre a academia e a prática de ensino. Por meio de sua implementação, as teorias desenvolvidas na academia podem ser validadas através da prática docente no ambiente escolar.

Palavras-chave: Engenharia Didática; Ensino de Matemática; Teoria e Prática; Pesquisa em Educação Matemática.

Didactic Engineering in Mathematics Teaching: integration between theory and practice

ABSTRACT

Originating in France and closely tied to Didactic Mathematics, Michelle Artigue proposed Didactic Engineering to establish a link between scientific knowledge and daily practice in the classroom. This article presents the results of a bibliographic research whose "goal was to discuss Didactic Engineering as an academic and professional research method, primarily aimed at teaching mathematics". Based on the work of both Brazilian and internationally recognized researchers in the field of Didactic Engineering, this article argues that Didactic Engineering facilitates the connection between academia and teaching practice. Through its implementation, theories developed in academia can be validated through teaching practice in the school environment.

Keywords: Research Method. Didactic Engineering. Academic Knowledge. School Practice.

¹ Doutor em Ensino de Ciências e Matemática (UFMT). Professor no Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT), Confresa, Mato Grosso, Brasil. Endereço para correspondência: Av. Vilmar Fernandes, 300, Bairro Santa Luzia, Confresa, Mato Grosso, Brasil, CEP: 78.652-000. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9409-6140>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6989605096245375>. E-mail: thiago.lopes@ifmt.edu.br.

² Mestre em Educação (UFT). Professor na Secretaria de Educação do Estado do Pará (SEDUC/PA), Canaã dos Carajás, Pará, Brasil. Endereço para correspondência: Rua Tocantins, 19, bairro Vale dos Sonhos, Canaã dos Carajás, Pará, Brasil, CEP: 68537-000. ORCID: <http://orcid.org/0000-0000-0000-0000>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1509257036481355>. E-mail: ademirbrandao@gmail.com.

³ Doutor em Ensino de Ciências e Matemática (UFMT). Professor adjunto na Universidade Federal do Tocantins (UFT), Tocantins, Brasil. Endereço para correspondência: Rua 5, Quadra 6, S/n, Arnaldo Prieto, Arraias, Tocantins, Brasil. CEP: 77.330-000. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6068-7121>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9559913886306408>. E-mail: dailson_costa@mail.uft.edu.br.

La Ingeniería Didáctica en la Enseñanza de las Matemáticas: integración entre teoría y práctica

RESUMEN

Originada en Francia y estrechamente ligada a la Didáctica de las Matemáticas, la Ingeniería Didáctica fue propuesta por Michelle Artigue para establecer un vínculo entre el conocimiento científico y la práctica diaria en el aula. Este artículo presenta los resultados de una investigación bibliográfica cuyo "objetivo era discutir la Ingeniería Didáctica como un método de investigación académica y profesional, principalmente dirigido a la enseñanza de las matemáticas". Basado en el trabajo de investigadores brasileños e internacionales reconocidos en el campo de la Ingeniería Didáctica, este artículo argumenta que la Ingeniería Didáctica facilita la conexión entre la academia y la práctica de enseñanza. A través de su implementación, las teorías desarrolladas en la academia pueden ser validadas a través de la práctica docente en el entorno escolar.

Palabras clave: Método de Investigación. Ingeniería Didáctica. Conocimiento Académico. Práctica Escolar.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O ensino da matemática tem uma importância singular na formação de um estudante. Ele estabelece a fundação para o pensamento lógico, resolução de problemas e habilidades analíticas que são essenciais em praticamente todos os campos de estudo. No entanto, a matemática muitas vezes é considerada um assunto desafiador e até mesmo intimidante, tanto para alunos quanto para professores. Desse modo, as estratégias e metodologias utilizadas no ensino desse assunto podem desempenhar um papel crucial em superar essa barreira percebida e em cultivar uma apreciação genuína pela matemática.

A educação matemática, portanto, não se limita a transferir conceitos e procedimentos para os alunos. Ao invés disso, visa desenvolver uma compreensão conceitual sólida e uma capacidade de aplicar os princípios matemáticos a uma variedade de problemas do mundo real. Assim, os professores podem adotar estratégias que encorajem a aprendizagem ativa, o pensamento crítico e a descoberta independente por parte dos alunos. Além disso, os professores devem ser capazes de adaptar sua instrução para atender às necessidades de aprendizagem individuais dos alunos e aos estilos de aprendizagem diversos encontrados em uma sala de aula.

Neste contexto, a pesquisa em educação matemática assume um papel essencial. Ela procura estudar e entender os métodos de ensino, os processos de aprendizagem e os obstáculos enfrentados pelos alunos no estudo da matemática. Esta pesquisa é conduzida usando uma variedade de metodologias e técnicas, desde observações em sala de aula, entrevistas com alunos e professores, até análises detalhadas de materiais didáticos e curriculares.

A pesquisa, como um processo de estudo sistemático e meticuloso, desempenha um papel essencial na identificação e compreensão de informações utilizadas para produzir algo

relevante. Este processo é especialmente proeminente em contextos educacionais onde métodos de ensino e aprendizagem são continuamente analisados, desenvolvidos e aprimorados.

O método de pesquisa é o roteiro seguido pelo investigador, cujo objetivo é a geração de conhecimentos a respeito do objeto de estudo. Este conceito é mais abrangente que um simples conjunto de processos e procedimentos. Segundo Tozoni-Reis (2010), é também formado por reflexões teóricas fundamentais no processo.

Esta concepção de método de pesquisa é especialmente relevante quando aplicada à sala de aula, principalmente em matemática. Ensinar matemática é um desafio, não apenas pela complexidade inerente à matéria, mas também pela dificuldade em torná-la atraente e compreensível para os alunos. Através de um método de pesquisa cuidadoso e adequado, é possível desenvolver técnicas e estratégias de ensino eficazes.

Como aponta Minayo (2010), o método de pesquisa deve estar apoiado em três dimensões fundamentais: preferências teóricas, técnicas e criatividade. Estes três elementos são cruciais para a condução de uma pesquisa e para o ensino de matemática eficaz. Ao mesmo tempo, esses elementos são intrinsecamente ligados, trabalhando juntos para formar um todo coeso.

Neste sentido, a Engenharia Didática emerge como uma possibilidade de fundamentação para pesquisas em Educação Matemática. Ela oferece um quadro para projetar, analisar e refinar métodos de ensino. Lopes, Palma e Sá (2018) mencionam vários estudos que utilizaram a Engenharia Didática como a base para suas pesquisas.

Propõe-se então, uma pesquisa bibliográfica com o objetivo de discutir a Engenharia Didática como um método de pesquisa acadêmica e profissional, principalmente voltada para o ensino de matemática. Técnicas de pesquisa tradicionais, como entrevistas, aplicação de questionários e análises estatísticas, por exemplo, nem sempre conseguem captar os fenômenos que ocorrem em sala de aula.

Em particular, as ações e processos didáticos que ocorrem durante uma aula de matemática são complexos e multifacetados. Pais (2011) argumenta que a aplicação de uma Engenharia Didática pode reforçar a confiabilidade da pesquisa, uma vez que cria um vínculo mais forte com a realidade da sala de aula. Isto pode permitir um maior entendimento das melhores práticas pedagógicas para o ensino de matemática, que poderiam, por sua vez, ser utilizadas para melhorar a formação de professores de matemática.

Após essa introdução, a seção seguinte explora e discute a relevância e o potencial da Engenharia Didática como um método de pesquisa no contexto do ensino de matemática.

A ENGENHARIA DIDÁTICA

Inserida no contexto de metodologias de pesquisa, a Engenharia Didática, definida por sua mentora Michelle Artigue (1996), se estabelece como um método de pesquisa estruturado em um sistema experimental centrado em atividades didáticas na sala de aula. Trata-se de um processo que inclui a concepção, execução, observação e análise de práticas de ensino de matemática, proporcionando um meio para melhorar a eficácia e eficiência do ensino desse conteúdo complexo.

Ao aplicar a Engenharia Didática ao ensino de matemática, por exemplo, um pesquisador pode começar pela identificação de um conceito desafiador, como a multiplicação de frações. Em seguida, ele ou ela poderia projetar uma atividade de sala de aula específica para ensinar esse conceito. Isso poderia envolver a criação de uma situação problemática que requer a aplicação da multiplicação de frações para ser resolvida.

Com a atividade em andamento, o pesquisador observa cuidadosamente o desempenho dos alunos e registra os resultados. Esses resultados são então analisados para determinar o sucesso da atividade na facilitação da compreensão dos alunos sobre a multiplicação de frações. Em caso de dificuldades, a Engenharia Didática propicia um ciclo de revisão e refinamento contínuo para aprimorar a atividade didática.

De acordo com Pais (2011), a Engenharia Didática representa uma alternativa que expande as possibilidades de influência do conhecimento acadêmico na realidade concreta da sala de aula de matemática. Ela é também caracterizada pelo registro dos estudos realizados sobre o tópico em foco e pela validação. Segundo Machado (2012), essa validação é feita principalmente internamente, baseando-se na confrontação entre a análise a priori, que se apoia no quadro teórico, e a análise a posteriori.

Brousseau (1996) sugere que a Engenharia Didática permite questionar até que ponto uma intervenção didática é necessária e relevante para o estudo da aprendizagem matemática. Farfán (1997) concorda, argumentando que a Engenharia Didática é tanto um método de pesquisa aplicável aos produtos de ensino que derivam dela, quanto um guia para experimentações realizadas em sala de aula de matemática.

Em outras palavras, a Engenharia Didática permite que professores e pesquisadores planejem, executem, observem e analisem o ensino e a aprendizagem de conceitos matemáticos específicos na sala de aula. Eles podem, então, usar essas informações para melhorar continuamente suas práticas de ensino, tornando a matemática mais acessível e atraente para os alunos. Machado (2012) afirma que essa metodologia foi criada com o intuito de analisar as situações didáticas que são objeto de estudo da Didática da Matemática, inserindo-se, portanto, nesse quadro teórico.

É importante ressaltar que o termo "Didática da Matemática" é usado aqui nesse artigo para se referir à área de pesquisa acadêmica que estuda a melhor forma de ensinar matemática, em contraste com a "Educação Matemática", que é um campo mais amplo incluindo todos os aspectos do ensino e da aprendizagem da matemática. Embora a expressão "Didática da Matemática" seja usada na França para representar a própria área de pesquisa educacional da matemática (PAIS, 2011), é importante esclarecer seu significado no contexto educacional brasileiro. Aqui, a expressão "Didática da Matemática" pode ser facilmente confundida com uma disciplina pedagógica de didática aplicada ao ensino de matemática.

Nesse sentido, Pais (2011, p. 11) diferencia a Didática da Matemática como

[...] uma das tendências da grande área de educação matemática, cujo objeto de estudo é a elaboração de conceitos e teorias que sejam compatíveis com a especificidade educacional do saber escolar matemático, procurando manter fortes vínculos com a formação de conceitos matemáticos, tanto em nível experimental da prática pedagógica, como no território teórico da pesquisa acadêmica.

Dentro deste contexto, a Engenharia Didática ganha relevância. Uma de suas principais características é a atenção cuidadosa à "ideologia da inovação" presente no campo educacional, que gera caminhos para todo tipo de experiência em sala de aula, independente de fundamentação científica. Carneiro (2005) ressalta que, ao mesmo tempo, a Engenharia Didática está associada ao movimento de valorização do conhecimento prático do professor. Ela reconhece que as teorias desenvolvidas fora da sala de aula muitas vezes são insuficientes para entender a complexidade do processo de ensino. Assim, contribui de alguma forma para a evolução dos modelos de ensino tradicionais.

Nesta perspectiva, Carneiro (2005) afirma que o importante é reconhecer a possibilidade de agir de maneira racional, com base em conhecimentos matemáticos e didáticos, destacando a importância do ensino em sala de aula como prática investigativa. Este ponto de vista enfatiza

a ideia de que o ensino de matemática não é apenas sobre a transmissão de conhecimento, mas também sobre a geração de novos conhecimentos a partir da prática em sala de aula.

A Engenharia Didática se justifica por ser usada em pesquisas que estudam os processos de ensino e aprendizagem de um objeto matemático (ALMOULOUD, 2007). Neste ambiente, é possível estabelecer relações entre o conhecimento didático e o conhecimento matemático, conferindo à prática docente a dimensão de prática investigativa. O resultado é que as experiências realizadas em sala de aula podem se tornar produtos que podem ser reproduzidos para o ensino de Matemática (SILVA, 2015). Além disso, Sá e Alves (2011), Jucá, Barros Neto e Sá (2022) e Pais (2011) defendem a Engenharia Didática, argumentando que o uso isolado de técnicas tradicionais, mesmo que válidas, não possui a especificidade necessária para interpretar a dimensão cognitiva da aprendizagem escolar.

Em suma, a Engenharia Didática proporciona um meio sistemático e rigoroso para melhorar o ensino e a aprendizagem da matemática na sala de aula. Ela valoriza o conhecimento prático do professor e reconhece que as teorias desenvolvidas fora da sala de aula podem não ser suficientes para abordar completamente a complexidade do processo de ensino (CARNEIRO, 2005). Através de sua aplicação, os professores têm a oportunidade de transformar suas experiências em sala de aula em recursos valiosos para o ensino de matemática (SILVA, 2015).

A ESTRUTURA DA ENGENHARIA DIDÁTICA

A estrutura da Engenharia Didática está elencada em quatro fases sequenciais, que são:

- 1) análises prévias;
- 2) concepção e análise *a priori*;
- 3) experimentação;
- 4) análise *a posteriori* e validação.

A estrutura da Engenharia Didática se baseia em um processo estruturado de investigação pedagógica. A fase de Análises Prévias, segundo Artigue (1996), é essencial para definir a fundação teórica e prática para a experimentação didática subsequente. Nesta fase inicial, o professor ou pesquisador analisa o objeto de aprendizagem (o conceito ou habilidade matemática a ser ensinado) dentro de vários contextos como abrange a análise epistemológica dos temas que constam no plano de ensino; o ensino regular e suas ações ou reações; a compreensão dos estudantes e suas dificuldades ou obstáculos que assinalam seu

desenvolvimento; o campo resignado no qual se estabelecerá a atividade didática e os objetivos da pesquisa.

Além disso, nesta fase, o pesquisador também examina os recursos didáticos disponíveis, como livros didáticos e materiais de ensino, para entender como o objeto de aprendizagem é normalmente apresentado aos estudantes. Estas análises prévias, então, informam o desenho da intervenção didática que será realizada na fase seguinte da Engenharia Didática, permitindo que seja planejado e implementado uma experiência de ensino e de aprendizagem eficaz e adaptada às necessidades dos estudantes.

A segunda fase da Engenharia Didática, segundo Artigue (1996), é chamada de Concepção e Análise a Priori. Nesta etapa, o pesquisador planeja uma intervenção didática com base nas análises prévias e antecipa possíveis resultados e desafios que podem surgir durante a implementação. Nesse contexto, a concepção envolve o desenvolvimento de uma sequência de atividades de ensino que buscam facilitar a aprendizagem do objeto matemático em estudo. Além disso, o pesquisador também pode antecipar as possíveis respostas dos estudantes às atividades e pensar em estratégias para lidar com erros ou mal-entendidos.

Nesta fase, o pesquisador também prepara instrumentos para registrar as respostas dos estudantes, as observações do professor e outros dados relevantes para a análise da implementação. Esses registros podem incluir planilhas de observação, gravações de vídeo, trabalhos escritos dos alunos, entre outros.

Durante esse planejamento, tanto as Variáveis Globais (ou Macrodidáticas) quanto as Variáveis Locais (ou Microdidáticas) devem ser cuidadosamente consideradas para estruturar a experiência de ensino.

Variáveis Globais (Macrodidáticas): Estas são as variáveis que dizem respeito à organização geral da experiência de ensino. No contexto do ensino da matemática em séries iniciais do ensino fundamental, isso pode incluir, por exemplo, a estrutura curricular geral, as metas de aprendizagem a longo prazo e o planejamento do semestre ou do ano letivo. Isso pode se manifestar em decisões como: em que momento do ano o conceito de adição será introduzido? Quais conceitos serão ensinados antes e depois para garantir uma progressão lógica e eficaz? Qual será a sequência de temas matemáticos ao longo do ano?

Variáveis Locais (Microdidáticas): Estas são as variáveis que se referem a uma sessão ou fase específica do processo de ensino. No mesmo contexto, isso pode envolver decisões sobre o conteúdo específico de uma aula, a sequência de atividades e o método de ensino. Por

exemplo: como será a introdução do conceito de adição em uma aula específica? Que tipos de exercícios serão usados para ajudar os alunos a praticar? Serão utilizados materiais manipuláveis ou tecnologia para ajudar a ilustrar o conceito?

Portanto, a Concepção e Análise a Priori permite ao pesquisador planejar cuidadosamente a intervenção didática e preparar-se para responder efetivamente aos desafios que podem surgir durante o processo de ensino e aprendizagem. E essas variáveis, tanto Globais quanto Locais, desempenham um papel crucial na configuração da experiência de ensino. A atenção cuidadosa a esses aspectos pode facilitar a compreensão dos alunos e melhorar a eficácia do ensino da matemática.

A terceira fase da Engenharia Didática, conforme descrito por Artigue (1996), é a fase da experimentação. Nesta fase, as planificações desenvolvidas nas fases anteriores são postas em prática. No contexto do ensino da matemática em sala de aula, a experimentação pode se referir a uma variedade de ações. Por exemplo, um professor pode optar por introduzir um novo método de ensino de multiplicação. Isto pode envolver o uso de blocos de contagem ou a implementação de um novo *software* educacional. Esta fase é onde o pesquisador coloca suas ideias planejadas em prática e observa como os alunos respondem à nova abordagem.

A experimentação também pode se referir à implementação de novas estratégias de avaliação. Por exemplo, um pesquisador pode decidir que, em vez de um teste tradicional de matemática, os estudantes irão demonstrar seu entendimento da multiplicação através da resolução de problemas do mundo real ou da construção de um projeto.

Geralmente, quando a experimentação prevê mais de uma sessão, é aconselhável fazer-se uma análise a posteriori local após uma ou algumas sessões, confrontando com as análises a priori feitas, para eventuais correções da 'rota prevista' (MACHADO, 2012). Ainda, é necessário assegurar-se constantemente que a concepção geral é capaz de permitir a invenção, a organização e o desenvolvimento de situações locais (BROUSSEAU, 1981).

A fase de experimentação também é a fase em que os professores podem decidir experimentar novas formas de organização de sala de aula. Por exemplo, talvez os alunos aprendam melhor a matemática quando estão trabalhando em pequenos grupos, em vez de trabalhar individualmente. Importante lembrar que esta fase de experimentação não é apenas a implementação, mas também a observação cuidadosa e o registro de como os alunos respondem à nova estratégia, abordagem ou método. Estas observações são essenciais para a próxima fase da Engenharia Didática.

Na quarta fase da Engenharia Didática, a análise a posteriori e a validação, de acordo com Artigue (1996), o foco está em analisar os resultados das experimentações conduzidas na fase anterior. Esta fase envolve a avaliação minuciosa dos efeitos e resultados das intervenções didáticas implementadas. Em um contexto do ensino da matemática em sala de aula, essa fase pode envolver várias ações. Por exemplo, um pesquisador que introduziu um novo método de ensino, agora analisará a sua eficácia. Isto poderá ser feito por meio de comparação dos resultados dos testes feitos pelos estudantes antes e depois da implementação da nova estratégia, ou da observação das mudanças na compreensão dos estudantes sobre o objeto de estudo trabalhado.

Além disso, a validação na fase de análise a posteriori envolve confirmar que as observações e resultados estão alinhados com os objetivos inicialmente estabelecidos na fase de análise prévia. Se o novo método de ensino de frações resultou em um maior entendimento dos alunos sobre o conceito, então pode-se considerar que a estratégia é válida. A validação, portanto, envolve uma reflexão sobre os processos e resultados e determina se as práticas didáticas implementadas devem ser ajustadas, abandonadas ou replicadas no futuro. Esta fase é crucial para a melhoria contínua do ensino de matemática e para garantir que as estratégias de ensino são eficazes e benéficas para os alunos.

Em suma, a Engenharia Didática, conforme delineada pela pesquisadora Artigue (1996), visa fornecer uma abordagem didática que se assemelha ao papel de um engenheiro. Isso significa que, tal como um engenheiro que constrói um projeto detalhado com base no seu conhecimento científico, a Engenharia Didática também lida com elementos muito mais complexos do que os meramente definidos pela ciência. Portanto, a necessidade é desenvolver uma prática eficiente, aproveitando todas as técnicas, métodos e recursos disponíveis para superar desafios que a ciência ainda não consegue resolver. Complementando o ponto de vista, Douady (1993) vê a Engenharia Didática como uma sequência coordenada de uma ou mais aulas, projetadas, estruturadas e sincronizadas ao longo do tempo por um 'professor engenheiro', visando a implementação de um plano de aprendizagem para um determinado grupo de alunos. Durante as interações entre o professor e os alunos, o projeto se adapta às respostas dos alunos e às escolhas e decisões do professor.

A ENGENHARIA DIDÁTICA NO CONTEXTO DO ENSINO DE MATEMÁTICA

Segundo Pais (2011), a Engenharia Didática é uma forma distinta de organizar procedimentos metodológicos no campo da didática da matemática. A importância desse estudo é justificada por sua capacidade de abordar tanto aspectos teóricos quanto práticos na pesquisa didática. Essa abordagem de pesquisa é valorizada por sua dualidade, unindo a racionalidade teórica ao campo prático da educação. Aqui, é relevante notar sua interligação com a Teoria da Transposição Didática, descrita por Chevallard (1996) como o processo pelo qual os objetos do conhecimento se transformam em objetos de ensino e aprendizagem. Ainda é possível estabelecer outra conexão, como fez Sarrazy (2005), que vincula a abordagem do Contrato Didático à Engenharia Didática, posicionando-a como uma ferramenta de ação e um método de pesquisa no processo de ensino.

Entendida da maneira acima identificada por Pais (2011, p. 99), a Engenharia Didática possibilita

[...] uma sistematização metodológica para a realização prática da pesquisa, levando em consideração as relações de dependência entre a teoria e a prática. Segundo nosso entendimento, esse é um dos argumentos que valoriza sua escolha na condução da investigação do fenômeno didático, pois sem uma articulação entre a pesquisa e ação pedagógica, cada uma destas dimensões tem seu significado reduzido.

Em outras palavras, refere-se a um esquema de pesquisa destinado a garantir que ciência e prática permaneçam interligadas, proporcionando melhores condições de interação entre as fontes de influência destacadas pela transposição didática. Nesse sentido, o conhecimento acadêmico é embasado pelos resultados da pesquisa, enquanto suas descobertas práticas são relevantes para o conhecimento a ser ministrado em sala de aula, no ensino de matemática, por exemplo. A organização proposta pela Engenharia Didática mantém um elo entre esses dois campos de conhecimento, alinhando a academia e as práticas escolares (PAIS, 2011).

Machado (2012) identifica dois tipos de Engenharia Didática, a Microengenharia e a Macroengenharia. Segundo ela, as Microengenharias são representadas por pesquisas focadas no estudo de um tema específico, levando em consideração, principalmente, a complexidade dos fenômenos que ocorrem na sala de aula durante o ensino de matemática. Por outro lado, as Macroengenharias representam pesquisas que combinam a complexidade das pesquisas Microengenharias com as situações relacionadas à durabilidade no processo de ensino e aprendizagem. Apesar das pesquisas de Macroengenharia serem mais desafiadoras, ambos os tipos de Engenharia Didática se complementam.

Finalmente, Machado (2012) sugere que a validação no uso da Engenharia Didática é predominantemente interna, característica essa que destaca a originalidade desse método. Ela ainda ressalta que o processo de validação ocorre desde a fase de concepção e análise a priori. É na confrontação das análises a priori e a posteriori que se validam ou refutam as hipóteses levantadas no início do processo didático.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme discutido, a Engenharia Didática, originada dos estudos da escola francesa de Didática da Matemática, é beneficiada pelo aspecto experimental da pesquisa, em que o foco é o estudo das ações realizadas em sala de aula, especialmente aquelas relacionadas ao ensino da matemática. Além disso, também pode ser útil para aprofundar a compreensão de outros elementos das situações didáticas, como a aceitação de um método específico, uma sequência didática, o impacto da relação entre estudante e professor no processo de ensino ou o efeito do discurso pedagógico na compreensão de um conteúdo específico. Sá e Alves (2011) argumentam que, embora seja frequentemente empregado em pesquisas em Educação Matemática, este método de pesquisa pode ser aplicado com sucesso em outras disciplinas, uma vez que possui caráter geral.

A Engenharia Didática tem sido amplamente utilizada em pesquisas envolvendo o ensino da matemática. Ficou claro que muitas técnicas de pesquisa comuns, como entrevistas, questionários, observações, análises estatísticas, entre outras, quando usadas isoladamente, não conseguem abranger as situações que ocorrem em sala de aula relacionadas aos procedimentos didáticos. Como resultado, existe um abismo entre os resultados oriundos da pesquisa em Educação Matemática e a prática pedagógica e as ações de formação de professores de Matemática.

No entanto, para um entendimento mais profundo do objeto de estudo, podem ser necessários dados complementares aos obtidos através da Engenharia Didática como método de pesquisa. Esses dados complementares podem incluir as mesmas técnicas mencionadas anteriormente, que, embora limitadas quando usadas isoladamente, podem oferecer insights valiosos quando usadas em conjunto com a Engenharia Didática. Portanto, esses instrumentos não são excludentes, mas complementares.

Com base nisso, acredita-se que o objetivo desta pesquisa foi atingido, que consistia em discutir a Engenharia Didática como um método de pesquisa acadêmica e profissional,

especialmente no ensino de matemática. Foram realizadas discussões bem fundamentadas sobre as características da Engenharia Didática, visando aproximar o conhecimento científico construído na academia e a prática escolar do professor em sala de aula.

Embora esta pesquisa não tenha se proposto a esgotar todo o conteúdo teórico e prático sobre a Engenharia Didática, espera-se que este artigo sirva como uma fonte de pesquisa para aqueles que desejam utilizar esse método em pesquisas realizadas no ambiente escolar, fornecendo um entendimento inicial sobre a Engenharia Didática.

REFERÊNCIAS

ALMOULOUD, S. A. **Fundamentos da didática da matemática**. Curitiba: UFPR, 2007.

ARTIGUE, M. Engenharia didáctica. In: BRUN, J. (Org.). **Didáctica das matemáticas**. Tradução de Maria José Figueiredo. Lisboa: Instituto Piaget, 1996. p. 193-217.

BROUSSEAU, G. Problemes de didactique dès decimaux. **Recherches en Didactique dès Mathématiques**, v. 3, n. 3, p. 37-127, 1981.

BROUSSEAU, G. Fundamentos e métodos da didáctica da matemática. In: BRUN, Jean (Org.). **Didáctica das matemáticas**. Tradução de Maria José Figueiredo. Lisboa: Instituto Piaget, 1996. p. 35 - 113.

CARNEIRO, V. C. G. Engenharia didática: um referencial para ação investigativa e para formação de professores de matemática. **Zetetike**, Campinas, v. 13, n. 1, p. 87–120, 2005. Disponível em:

<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/zetetike/article/view/8646981>. Acesso em: 30 jan 2022.

CHEVALLARD, Y. Conceitos fundamentais da didáctica: as perspectivas trazidas por uma abordagem antropológica. In: BRUN, J. (Org.). **Didáctica das matemáticas**. Tradução de Maria José Figueiredo. Lisboa: Instituto Piaget, 1996. p. 115-154.

DESLANDES, S. F.. A construção do projeto de pesquisa. In: MINAYO, M. C. S. (Org.). **Pesquisa Social: teoria, método e criatividade**. 29ª. ed. Petrópolis: Vozes, 2010. p. 31-50.

DOUADY, R. **L'ingénierie didactique: un moyen pour l'enseignant d'organiser les rapports entre l'enseignement et l'apprentissage**. Paris: IREM de Paris, v. 19, 1993.

Disponível em: <http://numerisation.irem.univ-mrs.fr/PS/IPS93010/IPS93010.pdf>. Acesso em: 10 maio 2018. (Collection: Cahier de DIDIREM).

FARFÁN, R. M. **Ingeniería didáctica: un estudio de la variación y el cambio**. México: Grupo Editorial Iberoamérica, 1997. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/31673962_Ingenieria_didactica_un_estudio_de_la_variacion_y_el_cambio_RM_Farfan_Marquez. Acesso em: 21 jan. 2022. (disponibilizado abertamente pela própria autora no portal researchgate.net).

JUCÁ, R. S.; BARROS NETO, A. J.; SÁ, P. F. A calculadora como recurso didático para o ensino dos números decimais. **Revista Prática Docente**, v. 7, n. 3, p. e22078, 2022.

Disponível em:

<https://periodicos.cfs.ifmt.edu.br/periodicos/index.php/rpd/article/view/217/207>. Acesso em: 12 jul. 2023.

LOPES, T. B.; PALMA, R. C. D.; SÁ, P. F. Engenharia didática como metodologia de pesquisa nos projetos publicados no EBRAPEM (2014-2016). **Educação Matemática Pesquisa**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 159-181, 2018. Disponível em:

<https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/34925>. Acesso em: 23 dez. 2021.

MACHADO, S. D. A. Engenharia Didática. In: MACHADO, S. D. A. (Org.). **Educação Matemática: uma (nova) introdução**. 3ª. ed. São Paulo: EDUC, 2012. p. 233-247.

MINAYO, M. C. S. O desafio da pesquisa social. In: MINAYO, M. C. S. (Org.). **Pesquisa Social: teoria, método e criatividade**. 29ª. ed. Petrópolis: Vozes, 2010. p. 9-30.

PAIS, L. C.. **Didática da matemática: uma análise da influência francesa**. 3ª. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2011.

SÁ, P. F.; ALVES, F. J. C.. A pesquisa em educação matemática e os fenômenos da sala de aula. In: NASCIMENTO, A. C. A.; MOURÃO, A. R. B. (Org.). **Educação, Culturas e Diversidades**. Manaus: EDUA, v. 2, 2011. p. 355-374.

SARRAZY, B. Le contrat didactique. **Revue Française de Pédagogie**, v. 112, p. 85-118, 2005. Disponível em: http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/revue-francaise-de-pedagogie/INRP_RF112_8.pdf. Acesso em: 21 jan. 2022.

SILVA, B. G. S. **Ensino de problemas envolvendo as quatro operações por meio de atividades**. 2015. 223 f. Belém: Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade do Estado do Pará, Belém, 2015. Disponível em: http://ccse.uepa.br/mestradoeducacao/wp-content/uploads/dissertacoes/09/benedita_das_graas_sardinha_da_silva.pdf. Acesso em: 13 maio 2017.

TOZONI-REIS, M. F. C. **A pesquisa e a produção de conhecimentos: introdução à pesquisa em educação**. Botucatu: Curso de pedagogia da Unesp, 2010. Disponível em:

<http://www.acervodigital.unesp.br/handle/123456789/195>. Acesso em: 05 maio 2017.

Histórico

Submetido: 21 de novembro de 2021.

Aprovado: 22 de dezembro de 2021.

Publicado: 16 de janeiro de 2022.

Como citar o artigo - ABNT

LOPES, T. B.; COSTA, A. B.; COSTA, D. E. A Engenharia Didática no Ensino de Matemática: integração entre teoria e prática. **CoInspiração - Revista dos Professores que Ensinam Matemática (MT)**, e2022001, 2022. <https://doi.org/10.61074/CoInspiracao.2596-0172.e2022001>

Licença de Uso

Licenciado sob Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Esta licença permite compartilhar, copiar, redistribuir o manuscrito em qualquer meio ou formato. Porém, não permite adaptar, remixar, transformar ou construir sobre o material, tampouco pode usar o manuscrito para fins comerciais. Sempre que usar informações do manuscrito deve ser atribuído o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico.

