
Engenharia Didática: overview

Didactic Engineering: overview

Rita de Cássia Florêncio Rocha Kasahara
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Pará (IFPA)
Pedro Franco de Sá
Universidade do Estado do Pará (UEPA)

Resumo

Esse artigo tem como objetivo apresentar uma visão geral de algumas propostas de Engenharia Didática (ED) e a discussão acerca destas, segundo pesquisadores da educação matemática, a fim de responder à seguinte questão: Quais as principais características de algumas propostas de ED e de que forma estão sendo discutidas por pesquisadores da área de matemática? Assim, são apresentadas a ED de 1ª e 2ª geração, motivações, objetivos, características e opiniões. A ED com enfoque Ontossemiótico, também, é apresentada e destaca o uso dos critérios de idoneidade didática, em especial, nas fases de Avaliação e de Análise retrospectiva. Por fim, uma discussão sobre ED e reprodutibilidade é apresentada. Como conclusão, pode-se considerar que não há consenso entre os autores em relação às ED; no entanto, as diferentes vertentes são importantes para reflexão sobre as articulações e adaptações necessárias, para a criação de um *design* único e compartilhado, bem como, a atenção dos pesquisadores à exposição de condições experimentais que garantam a reprodutibilidade.

Palavras-chave: Metodologia de Pesquisa; Idoneidade Didática; Reprodutibilidade.

Abstract

This article aims to present an overview of some Didactic Engineering (DE) proposals and the discussion about them according to mathematics education researchers, to answer the following question: What are the main characteristics of some DE proposals and how are they being discussed by researchers in the area of mathematics? Thus, the 1st and 2nd generation DE, motivations, objectives, characteristics, and opinions are presented. The DE with an Ontosemiotic approach is also presented and highlights the use of didactic suitability criteria, especially in the Evaluation and Retrospective Analysis phases. Finally, a discussion on ED and reproducibility is presented. As a conclusion, it can be considered that there is no consensus among authors regarding DE; however, the different aspects are important for reflection on the articulations and adaptations necessary for the creation of a unique and shared design, as well as the attention of researchers to exposure of experimental conditions that guarantee reproducibility.

Keywords: Research Methodology; Didactic Suitability; Reproducibility.

1. Introdução

A didática francesa da matemática, de acordo com Artigue (1988), tem base nas teorias construtivistas do conhecimento, influenciada pela psicologia genética da Escola de Genebra, tendo por referência Piaget, opondo-se, dessa forma, às teorias behavioristas do conhecimento e tendo por prioridade restaurar o lugar do aluno em detrimento da epistemologia ingênua do conhecimento.

Por volta dos anos 60 e 70, Artigue (2018) diz que havia uma grande crise matemática em muitos países, incluindo a França. De acordo com Douady (1995), tornavam-se ainda mais necessárias investigações sobre o ensino da matemática e a relação entre ensino e aprendizagem que levassem em consideração os problemas gerados pela comunicação do saber matemático, “se pensava que era necessário desenvolver projetos de investigação do tipo experimental em que se formulem hipóteses” (Douady, 1995, p. 2, *tradução nossa*).

Em função dessas necessidades de desenvolvimento de projetos de investigações e de problemas relacionados ao ensino da matemática, o IREM (Instituto para o Ensino e Pesquisa de Matemática) foi criado na França, inicialmente, como meio de capacitar os professores aos novos métodos de ensino e, também, como espaço de pesquisa para problematizar a relações entre o ensino e aprendizagem.

A partir de 1980, os pesquisadores apontaram uma nova problemática e passaram a dar ênfase à aprendizagem do significado e a problemas que os alunos não têm todo o conhecimento para resolvê-lo. Assim, de acordo com Douady (1995, p. 5, *tradução nossa*)

Os professores das equipes do IREM decidem preparar conjuntamente suas classes com uma certa intenção de aprendizagem; fazem observações mútuas da classe; analisam as observações coletadas; e toma novas decisões. A didática como campo científico entra em pleno auge. Se desenvolvem metodologias de investigação próprias da tradição francesa. Este é o caso da Engenharia Didática que se encontra particularmente nos trabalhos de G. Brousseau, M. Artigue, R. Douady, M. R. Perrin e J. Robinet. (Douady, 1995, p.5, *tradução nossa*).

Portanto, é a partir dessa problemática que é insitucionalizada a Engenharia Didática (ED), denominada por alguns autores de clássica ou de 1ª geração, por considerarem que outra(s) engenharia(s) didática(s), posteriormente, foram desenvolvidas tendo por base a proposta inicial. Dentro desse contexto, a título de exemplo, Almouloud e Coutinho (2008) apresentaram um estudo sobre as pesquisas relatadas no GT-19 (Educação Matemática) da ANPED desde 1999 e que fizeram uso da

ED; e Lopes, Palma e Sá (2018) investigaram as características dos trabalhos apresentados no EBRAPEM de 2014 a 2016, que utilizaram a ED como metodologia de pesquisa, categorizados em dificuldades de aprendizagem ou propostas didáticas.

Diante disso, esse artigo tem como principal objetivo apresentar uma visão geral de algumas propostas de ED, a discussão e o debate acerca destas, segundo pesquisadores da educação matemática, além de ressaltar aspectos de reprodutibilidade e de idoneidade didática. Ao final, pretende responder à seguinte questão: Quais as principais características de algumas propostas de ED posteriores à clássica e de que forma estão sendo discutidas por pesquisadores da área de educação matemática?

Para tanto, após a seção introdutória, é apresentada uma seção sobre a evolução da Engenharia Didática com ênfase na 1ª e 2ª geração e a opinião de alguns autores de educação matemática em relação às EDs discutidas. Ao final, são relacionadas algumas ED destacadas por Almouloud e Silva (2012). Na seção seguinte, é apresentada a ED com Enfoque Ontossemiótico (EOS) desenvolvida por Godino, Rivas, Arteaga, Lesa e Wilhelmi (2014), com destaque para a Idoneidade Didática presente em todas as fases da ED proposta, em especial nas fases de validação e de retrospecto. Em seguida, uma discussão sobre a ED e Reprodutibilidade a partir de Brosseau e Artigue é desenvolvida. Por fim, as considerações finais são anunciadas.

Vale ressaltar que, ao longo do artigo, o termo Engenharia Didática usado de forma isolada servirá para referenciar a ED Clássica ou de 1ª Geração.

2. Sobre a evolução da Engenharia Didática

Os trabalhos desenvolvidos no IREM e no INRP (Instituto Nacional de Pesquisa Pedagógica) nos anos 70 motivaram o pensamento da criação de uma metodologia que culminou com a 1ª institucionalização da ED, como tema de estudo da 2ª Escola de Verão de didática da Matemática na França em 1982, considerando os cursos e workshops ministrados por Chevallard e Brousseau, com foco nos números (Artigue, 1988, 2008).

A partir de então, as duas propostas, a de Brousseau no COREM (Centro de Observação de Pesquisas em Educação Matemática) e a utilizada pelas pesquisadoras Douady e Perrin-Glorian do IREM de Paris 7, tiveram destaque nos campos dos números e rapidamente tornaram-se referências.

Nesse sentido, Artigue (2018) apresentou algumas emergências que levaram ao desenvolvimento da metodologia da ED, quais sejam: i) os trabalhos desenvolvidos nos

anos 70 na França pelo IREM e pelo INRP; ii) a 1ª institucionalização da ED, como tema da 2ª Escola de Verão em didática da matemática e as referências de engenharias didáticas utilizadas no IREM Paris 7; e iii) uma 2ª institucionalização na 5ª Escola de Verão de 1989.

Porém, a consolidação e o desenvolvimento da ED como metodologia de pesquisa aconteceu, de fato, a partir de uma segunda institucionalização apresentada por Michèle Artigue durante a 5ª Escola de Verão de Didática das Matemáticas em 1989 e surgiu como alternativa para abordar duas questões cruciais nos anos 80 da didática da matemática: as relações entre a investigação e a ação no sistema de ensino e o papel que deve ser desempenhado para levar “realizações didáticas” em sala de aula, dentro das metodologias de pesquisa em didática (Artigue, 1995).

A autora destaca que a Engenharia didática é uma forma de trabalho didático equiparável ao do engenheiro que, para realizar um projeto, precisa dos seus conhecimentos científicos e aceita submeter-se a um controle e, ao mesmo tempo, trabalha com objetos complexos e necessita utilizar todos os meios de que dispõe (Artigue, 1988).

Para o desenvolvimento dessa metodologia, preconiza-se perpassar por quatro etapas, quais sejam: 1) Análises Prévias ou Preliminares; 2) Concepção e Análise a priori; 3) Experimentação; e 4) Análise a Posteriori e Validação. A fase de Análises Prévias caracteriza-se pela busca e construção do quadro teórico geral, para fundamentar as escolhas e categorias da sequência didática a ser desenvolvida.

De acordo com Artigue (1988), essa fase pode ser composta pela: análise epistemológica do conteúdo visado pelo ensino; análise do ensino habitual e seus efeitos; análise das concepções dos alunos, das dificuldades e dos obstáculos que marcam o seu desenvolvimento; e análise do campo de constrangimentos em que se situará a efetiva realização didática, tendo em conta os objetivos específicos da investigação.

Na Concepção e Análise a Priori, devem ser realizadas a construção da sequência didática e o levantamento de hipóteses a partir do diagnóstico realizado na fase anterior. Sá e Alves (2011) dizem que essa fase tem por objetivo determinar como as escolhas feitas irão controlar o comportamento dos alunos; é constituída de uma parte descritiva, onde são apresentados os recursos previstos para o uso durante a experimentação, e de uma parte preditiva, na qual são avaliadas as escolhas e os efeitos esperados.

A fase de Experimentação é dedicada à aplicação em sala de aula das atividades desenvolvidas na etapa anterior. Na última fase, Análise a posteriori e Validação, devem ser realizados o confronto entre as hipóteses definidas na Análise a Priori e os resultados da Experimentação para validar ou não as hipóteses formuladas (Almouloud; Silva, 2012).

Chevallard (1982) destaca a importância da ED frente a outras metodologias, cujo controle das investigações é fraco, pois agrega metodologias externas à classe como questionários, entrevistas, testes, que sozinhos são insuficientes para abarcar toda a complexidade do sistema educacional, e práticas de análise que vão além do empírico e nos coloca em contato direto com o objeto de conhecimento. Enfatiza que a ação implementada deve se apresentar como uma investigação, afastando os juízos de valor que porventura fazemos.

Nesse sentido, Artigue (1988, 1995) enfatiza que o diferencial da ED é o registro em sala de aula e os meios de validação, ao confrontar hipóteses e análises feitas antes e após o experimento que vão além dos métodos comparativos utilizados em metodologias convencionais. Godino, Batanero, Contreras, Estepa, Lacasta e Wilhelmi (2013, p.4) corroboram com Artigue ao considerarem que a ED

é concebida como um *design* e avaliação de sequências teoricamente justificadas de ensino de matemática, com a intenção de acionar a emergência de algum fenômeno educacional e para desenvolver investigações de ensino testadas cientificamente.

Sobre a utilização da ED, Almouloud (2007, p. 171) diz que:

A Engenharia didática pode ser utilizada em pesquisa que estudam os processos de ensino e aprendizagem de um dado objeto matemático e, em particular, a elaboração de gêneses artificiais para um dado conceito. Esse tipo de pesquisa difere daqueles que são transversais aos conteúdos, mesmo que o suporte seja o ensino de um dado objeto matemático (um saber ou um saber-fazer) (Almouloud, 2007, p. 171)

Sobre os tipos de ED, Chevallard (2009) observa que há uma engenharia de investigação, voltada para o conhecimento e orientada à investigação em didática, de acordo com a metodologia da ED clássica ou de 1ª geração, e há uma engenharia para o desenvolvimento, voltada para o uso com finalidade “prática”, com objetivos diferentes da ED de 1ª geração.

Em relação a essa dupla função, Artigue (1995, p.36, tradução nossa) enfatiza que a ED “significa tanto uma produção para o ensino, baseado em resultados de investigação

que se utilizam de investigações externas à classe, como uma metodologia de investigação específica”. Para Artigue (2015, p. 469, *tradução nossa*):

a engenharia didática surgiu como uma metodologia de investigação e desenvolvimento, baseada nas realizações em sala de aula em forma de sequências de lições, informadas pela teoria, e colocando à prova as ideias teóricas.

Dentro desse contexto e, sob a alegação de que a ED de 1ª geração não tratava da formação de professores, na 15ª Escola de Verão de Didática da Matemática, Perrin-Glorian propôs uma ED de desenvolvimento, também chamada de 2ª geração ou ED de formação (Perrin-Glorian; Ballemain, 2019), que tem por objetivo principal “o desenvolvimento de recursos (ou objeto de aprendizagem) para o ensino regular, ou a formação de professores” (Almouloud; Silva, 2012, p.28). Perrin-Glorian (2009, *apud* Cidrão; Alves, 2020, p. 63) exhibe três fatores para a realização de uma ED de desenvolvimento:

- I. O professor deve ter uma determinada liberdade para a ação, ou seja, o pesquisador deve definir a sequência de situações com os professores escolhidos, observando como os professores adaptam o documento;
 - II. A partir dos documentos produzidos, os professores não devem reproduzir a história;
 - III. É preciso seguir as fases da Engenharia Didática Clássica para construir a situação.
- (Perrin-Glorian 2009, *apud* Cidrão; Alves, 2020, p. 63)

Nesse sentido, Almouloud e Silva (2012) dizem que as ED se distinguem em função da pergunta inicial da investigação. Godino, Batanero, Contreras, Estepa, Lacasta e Wilhelmi (2013, p. 4, *tradução nossa*), tal como em Perrin-Glorian (2011), também distinguem a ED pelo objetivo principal da pesquisa da seguinte forma:

- 1) A Engenharia Didática para a investigação tem por objetivo produzir os resultados com experimentos dependendo da questão de pesquisa sem preocupar-se com a possível ampla divulgação dos cenários usados;
 - 2) A Engenharia Didática para o desenvolvimento e treinamento tem como objetivo de curto prazo a produção de investigação para professores e para a formação de professores.
- (Godino; Batanero; Contreras; Estepa; Lacasta; Wilhelmi, 2013, p. 4, *tradução nossa*)

Portanto, é perceptível o entrelaçamento entre as metodologias propostas que, em termos de etapas para realização, fases, traduz-se em um mesmo método, diferenciando-se em relação à questão a ser respondida, que culmina na definição do

objetivo da pesquisa e vice-versa. Sobre os objetivos das ED, Almouloud (2011) esclarece que:

Mais especificamente o objetivo da Engenharia Didática de Primeira Geração é produzir conhecimento na área da matemática e, ao mesmo tempo, desenvolver recursos didáticos que possam, futuramente, ser aplicados em outras situações. Já a segunda geração não tem o propósito de produzir um conhecimento científico na área de educação e matemática. Nosso objetivo principal é reutilizar o produto da primeira geração ou criar um produto novo que envolva um professor e que possa ser usado pelo mesmo em sua atuação em sala de aula. A ideia é pegar as pesquisas e produtos da Primeira Geração e transformar em algo que possa ser usado no tempo didático do professor. Por exemplo, reorganizar o trabalho que normalmente é feito em três, quatro semanas em dois ou três aulas. Enfim, aprimorar a ação do professor no seu planejamento em sala¹.

Contudo, para alguns autores, a incompletude da ED clássica é visível por não incluir a formação de professores; para estes, aparentemente, a diferença entre as EDs vai muito além da questão de pesquisa. Nesse sentido, Margolinas et al (2011, *apud* Cidrão; Alves, 2020, p. 58) defendem a ED de 2ª geração e “advertem que a Engenharia oriunda das pesquisas de Brousseau não é transponível, e nem destinada ao professor” e que a ED de 1ª geração não incluía o desenvolvimento do professor de matemática. Da mesma forma que os autores citados, Cidrão e Alves (2020, p. 62) entendem que a ED “em um determinado momento foi considerada incompleta e tomou um curso investigativo, incluindo o processo formativo do professor de Matemática”.

Sá e Alves (2011) defendem que a ED Clássica contempla a dimensão teórica e a dimensão experimental como metodologia da pesquisa em didática da matemática e enfatizam, também, que somente o uso de técnicas clássicas de pesquisa são insuficientes para a investigação dos fenômenos de sala de aula e, conseqüentemente, tem-se “uma distância entre os resultados oriundos da pesquisa em Educação Matemática e a prática pedagógica e as ações de formação de professores de Matemática” (Sá; Alves, 2011, p. 355).

Mafra e Sá (2020) argumentam que um dos desafios da pesquisa em Educação Matemática é praticar mais a pesquisa de desenvolvimento, pois envolve testagem, aperfeiçoamento e revisão de produtos com a participação dos docentes e, conseqüentemente, trará uma maior aproximação entre a educação básica e a pesquisa em Educação Matemática. Além disso, alegam que:

-é necessário discutir e refletir sobre nossas experiências locais com o aprendizado da matemática, envolvendo diferentes perspectivas de trabalhos;

Engenharia Didática: overview

-agregar essas experiências ao aperfeiçoamento contínuo de práticas docentes, visando a incorporação ou o surgimento de novos procedimentos metodológicos.

-observar que os problemas com o ensino da matemática não requerem uma discussão isolada, pois observa-se um nível de tensão e correlação muito forte entre essa área de conhecimento e outras. (Mafra; Sá, 2020, p.16)

Godino, Batanero, Contreras, Estepa, Lacasta e Wilhelmi (2013, p.4, tradução nossa) apresentam uma perspectiva relevante em relação às EDs ao enfatizarem que:

Embora a Engenharia didática não seja uniforme, porque mudanças têm sido introduzidas, algumas sensibilidades permanecem como: sensibilidade epistemológica (expressa ou não em termos da situação fundamental), ênfase sobre as tarefas construídas, preocupação pela organização do milieu que oferece um forte potencial a-didático, o papel fundamental desempenhado pelas análises a priori e o olhar para o processo de validação. (Godino; Batanero; Contreras; Estepa; Lacasta; Wilhelmi, 2013, p.4, tradução nossa)

Assim, pode-se observar que uma ampla discussão ainda está sendo realizada sobre a “existência” de outras EDs ou sobre a ED clássica, vista sob um novo olhar voltado a quem se dirige de acordo com o objetivo da investigação. No mais, a robustez da ED clássica ou sensibilidades advindas dela permanecem, independentemente, das mudanças.

Em Almouloud e Silva (2012) além da ED clássica ou de 1ª geração, outras vertentes que foram expostas na Escola de Verão de Didática da Matemática na França em 2009 são apresentadas; o quadro 01 apresenta um resumo dessas EDs relatadas pelos autores, incluindo as de 1ª e 2ª geração com os principais autores e objetivos.

Quadro 01 – Diversidades de ED a partir de Almouloud e Silva (2012)

DENOMINAÇÕES	PRINCIPAIS AUTORES	OBJETIVO
ED, ED Clássica, ED de 1ª geração, ED de Investigação	Em 1982, Chevallard e Brousseau Em 1989, Artigue	Metodologia de pesquisa suscetível de fazer aparecer fenômenos didáticos em condições mais próximas possíveis do funcionamento de uma sala de aula clássica, voltada para a investigação e produção de conhecimento.
ED de 2ª geração, ED de desenvolvimento	Perrin – Glorian	Desenvolver de recursos (ou objetos de aprendizagem) para o ensino regular, ou para a formação de professores; ligada às investigações dos saberes matemáticos necessários aos professores para ensinar a matemática
Engenharia dos Domínio de Experiência	Paolo Boero	Estudar engenharias didáticas para crianças entre 6 e 14 anos, no campo da didática da experiência. A ED é utilizada no sentido mais amplo, porém não dá o mesmo status que tem na teoria das Situações Didáticas.
Engenharia didática de Percurso de estudo e pesquisa (ED de PER)	Chevallard	Refere-se a praxiologias de investigação, colocadas em jogo em um domínio dado ou em uma pesquisa específica. Permite englobar práticas mais ou menos diferentes das práticas sociais de conhecimento.

Fonte: elaborado a partir de Almouloud e Silva (2012).

Vale destacar que a conclusão do estudo de Almouloud e Silva (2012) concorda com Artigue (2009, p. 236) ao considerar que o estudo das EDs permite determinar e repensar sobre as adaptações e articulações necessárias para “organizar a diversidade das formas existentes e chegar a expressar, por intermédio de um objeto refundado, uma concepção compartilhada do *design* didático”.

Considerando, ainda, a evolução e diversidade das EDs, na seção seguinte, devido às suas características peculiares, é apresentada uma proposta de ED baseada no EOS, a partir de Godino, Rivas, Arteaga, Lesa e Wilhelmi (2014), caracterizada pelo uso da Idoneidade didática em todas as fases propostas, em especial, na de validação. Posteriormente, são apresentados aspectos da ED e reprodutibilidade.

3. Sobre a Engenharia Didática baseada no Enfoque Ontossemiótico e a Idoneidade Didática

O Enfoque Ontossemiótica (EOS) do conhecimento e da instrução matemática tem por objetivo a articulação entre diferentes teorias e pontos de vista sobre o conhecimento matemático, seu ensino e sua aprendizagem e elabora ferramentas mais flexíveis para análise do processo de ensino aprendizagem (Carvalho, 2017).

Godino, Rivas, Arteaga, Lesa e Wilhelmi (2014) desenvolveram uma visão ampliada da ED baseada na EOS, tendo por pressuposto que a ED pode ser entendida como uma classe específica de Investigação baseada em Desenho (IBD). Para Artigue (2015), a Engenharia didática pode ser descrita como um tipo de IBD, baseada nas Teorias das Situações Didáticas (TSD), na Teoria do Antropológico Didático (TAD), dentre outras.

Para fins de esclarecimento, de acordo com Almouloud (2007), a TSD foi desenvolvida por Guy Brosseau para criar um modelo interacional de aprendizagem entre o aluno, o saber e o milieu (meio no qual a aprendizagem deve se desenvolver) baseado em uma série de situações reprodutíveis que levam a modificação dos comportamentos dos alunos. Sobre a TAD, desenvolvida por Chevallard, o autor, diz que ela “estuda homem perante o saber matemático, e mais, especificamente, perante situações matemáticas” (Almouloud, 2007, p. 111)

Godino (2021, p.2, tradução nossa) diz que as IBD “constituem uma família de aproximações metodológicas orientadas ao estudo da aprendizagem no contexto” e utiliza o desenho instrucional e as investigações sistemáticas de estratégias e ferramentas

instrucionais. Cobb e Gravemeijer (2008) apresentam as etapas da IBD: 1) planificação do experimento; 2) Experimentação; e 3) Análise retrospectiva dos dados gerados no experimento.

Para tanto, Godino, Rivas, Arteaga, Lesa e Wilhelmi (2014) apresentam um estudo de caso sobre ensino de estatística para a formação inicial de professores da Educação Primária, utilizando uma ED fundamentada na EOS do conhecimento e da instrução matemática, e propõem as seguintes fases para a metodologia em consonância com as etapas da IBD, quais sejam: 1) Estudo Preliminar das dimensões epistêmica, ecológica, cognitiva, afetiva e instrucional; 2) Desenho, que envolve a trajetória didática, seleção dos problemas, sequência e análise a priori; 3) Implementação da trajetória didática e; 4) Avaliação ou Análise Retrospectiva, que realiza confronto entre o que foi previsto e o que foi observado, análise das normas do processo instrucional e da idoneidade didática.

No mais, todas as etapas citadas têm por pressuposto o uso das facetas da EOS, sendo esse o diferencial que caracteriza a ED baseadas em EOS. As facetas são, de acordo com Carvallho (2017), Godino, Rivas, Arteaga, Lesa e Wilhelmi (2014) e GODINO (2021): Epistêmica - conhecimento matemático baseados nos significados institucionais; Ecológica - conhecimento de como o processo se ajusta ao currículo, ao projeto institucional, à vida cotidiana...; Cognitiva - conhecimentos dos progressos pessoais alcançados pelos alunos; Afetiva - conhecimento do interesse ou motivação dos alunos no processo de estudo; Mediacional - conhecimento do uso dos livros, recursos didáticos de todos os tipos para cada assunto e da distribuição temporal adequada; e Interacional - conhecimento dos padrões de interação entre professor e aluno.

A EOS apresenta, ainda, uma discussão sobre a noção de Idoneidade Didática de um processo de estudo e como esta, com seus critérios, permite avaliar o grau de adequação de cada uma das facetas da EOS, que devem ser consideradas de forma interrelacionadas para a otimização da aprendizagem (Godino, 2021). Nesse sentido, a idoneidade didática se apresenta como um critério sistêmico de adaptação de um processo instrucional tendo como principal indicador os significados alcançados pelos estudantes e os institucionais pretendidos e/ou implementados prezando pela articulação harmônica e coerente dos graus de idoneidade (Godino, Bencomo, Font e Wilhelmi, 2006).

Os indicadores do grau de idoneidade são: idoneidade epistêmica, idoneidade ecológica, idoneidade cognitiva, idoneidade afetiva, idoneidade mediacional e idoneidade interacional. O quadro 01 apresenta os critérios de idoneidade para cada uma das facetas, adaptado de Godino(2021) e Carvalho(2017), e identifica, de forma exemplificativa, o critério global utilizado na pesquisa, apresentada em Carvalho (2017), de formação de professores que teve por objetivo “investigar como um programa formativo favorece a construção dos conhecimentos didáticos-matemáticos sobre probabilidade com professores de matemática dos anos finais do Ensino Fundamental” (Carvalho, 2017, p. 19); nessa pesquisa, foi utilizada a ED com EOS como metodologia e os critérios de idoneidade na fase de avaliação.

Quadro 01 – Critérios de Idoneidade para cada faceta

Facetas	Critério de Idoneidade	Critério de Idoneidade em Carvalho(2017)
Epistêmica	Representatividade – conteúdo didático-matemático, entendido desde o ponto de vista institucional e as representações dos objetos e processos, tendo em consideração as circunstâncias contextuais e pessoais dos sujeitos envolvidos.	Inclusão no programa de estudo de uma seleção representativa do sistema de conhecimentos didáticos-matemáticos (incluindo compreensão e domínio prático) que a “comunidade de educadores matemáticos” considera como pertinentes para um ensino idôneo da matemática naquele nível correspondente.
Ecológica	Adaptação – o processo de instrução deve estar em concordância com o projeto educativo, levando-se em consideração o ambiente no qual se desenvolve e as inovações baseadas na investigação educativa.	Os conteúdo, sua implementação e avaliação devem estar de acordo com o currículo estabelecido; o desenho e a implementação devem levar em conta as investigações prévias e o uso das tecnologias; os conteúdo e atividades formativas devem versar sobre formação de professores e o desenvolvimento profissional do professor de matemática em articulação com outras matérias do currículo e de áreas disciplinares, e deve contemplar a formação em valores democráticos e o pensamento crítico.
Afetiva	Envolvimento – o processo de instrução deve obter o maior grau possível de envolvimento dos alunos (interesse, motivação, autoestima, disposição ...).	Adequação, conexão, teoria-prática, considerando, especialmente, o componente de crenças e valores dos professores em formação sobre a matemática e seu ensino.
Mediacional	Disponibilidade – se deve dispor de recursos materiais e temporais adequados para o desenvolvimento ótimo do processo de ensino e aprendizagem.	Uso de recursos informáticos e audiovisuais para os casos relacionados à prática de ensino e análise retrospectiva dos mesmos, e de recursos de comunicação virtual. Seleção de algumas unidades temáticas com características prototípicas, cuja planificação e análise didática sejam realizadas no tempo disponível.
Interacional	Negociação – as configurações e trajetórias didáticas a serem implementadas devem permitir identificar os conflitos semióticos potenciais e definir os meios	Desenvolvimento de competências comunicativas dos professores em formação e do trabalho autônomo, levando-se em conta o desenho e a implementação do plano formativo.

adequados para a sua resolução.

Fonte: adaptado de Godino(2021) e Carvalho(2017)

Assim, para a otimização da idoneidade didática em um processo de estudo matemático, há necessidade de um processo misto indagativo-trasmisso de ensino aprendizagem, no qual tanto professores quanto alunos são protagonistas (Godino; Batanero; Cañadas; Contreras, 2015). Godino, Rivas, Arteaga, Lesa e Wilhelmi (2014, p. 32, *tradução nossa*) dizem que “a noção de idoneidade didática proporciona uma síntese global sobre os processo de estudo matemático, mas sua aplicação requer a realização das análises prévias das diversas dimensões implicadas”.

Sobre a ED, Godino (2021) argumenta que a EOS tem elaborado princípios e ferramentas metodológicas para abordar questões descritivas e explicativas relacionadas às facetas e questões preditivas que envolvem o desenho ou de ED de desenvolvimento e que a noção de Idoneidade Didática estabelece uma ponte entre o desenho e a investigação-ação realizada pelos docentes.

Godino, Rivas, Arteaga, Lesa e Wilhelmi (2014) apresentam uma reflexão sobre a Idoneidade didática e o efeito Topázio por parte do professor, comportamento visto com frequência pelos autores no uso da TSD, base teórica da Engenharia Didática; o efeito é caracterizado pelo bloqueio de alunos que se limitam a acompanhar aqueles que respondem às perguntas em um trabalho em equipe e colaborativo, em especial, em abordagens de resolução de problemas, o que em termos da noção de Idoneidade didática pode-se dizer que diminuiriam a idoneidade epistêmica, interacional, cognitiva e afetiva.

Contudo, os autores evidenciam que, em momentos pontuais de institucionalização, que podem acontecer durante a devolução coletiva das tarefas ou de trabalhos exploratórios individuais ou em equipe, embora suponham um efeito topázio, no qual as expectativas de aprendizagem são mais baixas, usando a noção de adequação, a análise por meio da Idoneidade didática tem revelado que podem vir a melhorar a idoneidade cognitiva, afetiva e temporal do processo de instrução, ao contrário do que havia sido previsto anteriormente devido ao efeito topázio.

No mais, cada fase metodológica da ED baseada em EOS traz ferramentas próprias que permitem realizar análises complementares com outros marcos teóricos, por

exemplo, de acordo com Godino, Rivas, Arteaga, Lesa e Wilhelmi (2014): 1) fase de estudo preliminar: especifica a epistemologia do conteúdo de aprendizagem e a forma pragmática e ontológica na qual os significados institucionais dos objetos matemáticos são interpretados; 2) fase de desenho: permite rever de forma sistemática a relação entre objetos e processos advinda da resolução das situações-problemas selecionadas; 3) fase de implementação: as configurações didáticas, processo e conflitos semióticos orientam a avaliação formativa e a otimização da aprendizagem; e 4) fase de avaliação ou análise retrospectiva: permite, a partir da idoneidade didática, refletir sobre as facetas do processo de estudo e identificar melhorias para novas implementações.

Por fim, ao comparar as diferentes modalidades da ED, Godino, Rivas, Arteaga, Lesa e Wilhelmi (2014, p. 32, *tradução nossa*) dizem que “todas trazem um ‘ar de família’, mas se distinguem pelos instrumentos conceituais que aplicam e pelos resultados que revelam”. Assim, a EOS preocupa-se em identificar, além dos fenômenos relativos à ecologia dos saberes, objetivo da TAD, e do desenho correspondente e implementação da ED, objetivo da TSD, também, aqueles relativos à aprendizagem dos alunos (Godino, 2012).

Em relação a IBD e a ED, Godino, Batanero, Contreras, Estepa, Lacasta e Wilhelmi (2013) concluem que a ED pode ser vista como um caso particular da IBD ligada a TSD ou que a IBD é uma generalização da ED, que usa outras estruturas teóricas como fundamento para elaborar experimentos de ensino. Na seção seguinte, são apresentadas algumas questões envolvendo ED e reprodutibilidade.

4. Sobre a Engenharia didática e a Reprodutibilidade

Almouloud e Silva (2012, p.23), esclarecem que, do ponto de vista de Brousseau, “no âmbito das investigações científicas, a ED, com finalidade fenomenotécnica, tem por objeto conciliar as obrigações normais de ensino e reprodução e o estudo de fenômenos didáticos bem determinados”, sendo essencial para o estudo sistemático e experimental de dispositivos de aprendizagem de ensino. Artigue (1984, p. 62, *tradução nossa*) diz que “a reprodutibilidade não está associada a um modelo implícito que tentamos teorizar, à capacidade de produzir uma história precisa, mas à possibilidade de garantir que quase todas as histórias produzidas serão próximas daquela”.

Sobre a reprodutibilidade e as fases da ED, Almouloud e Coutinho (2008, p.68) destacam que a fase de Análise a posteriori e Validação tem por objetivo “relacionar as

observações com os objetivos definidos a priori e estimar a reprodutibilidade e a regularidade dos fenômenos didáticos identificados”.

Contudo, a questão da reprodutibilidade na ED foi levantada, inicialmente, por Brousseau (1986) em seu estudo sobre o ensino de decimais em relação ao fenômeno da obsolescência das situações didáticas, este pode suscitar reações diferentes dos alunos em relação a uma interpretação, assunto, definição etc. de um objeto matemático de um ano para outro, quando da reprodução da situação didática pelo professor. Entretanto, o autor admite a possibilidade da reprodução dentro das seguintes condições:

Esta reprodutibilidade implica uma descrição, não ingênua, de todas as condições observadas, mas seletivas e que repousam sobre uma escolha pertinentes às variações possíveis de efeitos reconhecidos. A reprodutibilidade repousa, então, na compreensão dos fenômenos fundamentais, isto é, do tecido de relações atestadas, constituindo a teoria e permitindo se escolher as condições de ensino, de explicar seus efeitos e de prevê-los. (Brousseau, 1986, p. 3, *tradução nossa*).

Alves (2016) também ressalta a preocupação de Artigue em torno da reprodutibilidade e da obsolescência a partir de Brousseau; segundo o autor:

Artigue indica as seguintes hipóteses de reprodução no processo de modelização de situações: seu aperfeiçoamento, ao menos, local; a obsolescência das situações didáticas de ensino.

Artigue (1995, p.50) comenta que, para a ED com uma metodologia externa, “não é possível importar facilmente o ‘sentido’ de reprodução de outros campos científicos específicos”.

Dentro desse contexto, Artigue (1995) distingue uma reprodutibilidade externa, dinâmica, situada no nível da história; e uma interna, situada ao nível do significado, não facilmente identificada, de onde surge a hipótese de obsolescência de Brousseau. Sobre essa hipótese, a autora aponta que, quando ocorrem, “tendem a evoluir as situações didáticas da engenharia, do registro das situações de adaptação dos alunos às situações de comunicação de um saber institucionalizado”, que implicam em um aumento dos problemas fechados e diminuição de questões mais abertas na escrita (Artigue, 1995, p. 50-51, *tradução nossa*). A autora destaca que foram esses critérios indiretos que determinaram a não ocorrência da obsolescência no estudo de Brousseau, ou seja, possibilitou a reprodutibilidade do estudo tanto externa, quanto interna.

Contudo, sobre a hipótese de reprodutibilidade do mesmo processo para alunos de classes diferentes ou a aplicação pelo professor em anos distintos, Artigue (1988) aponta que o campo de validade, a partir de um estudo probabilístico, é extremamente reduzido devido ao pequeno tamanho da amostra que não permite a transposição ou interpretação dos acontecimentos individuais para o coletivo ou geral.

Porém, a autora deixa claro que a questão da reprodutibilidade de experimento específico não é limitada, apenas, por sua validade estatística, pelo tamanho da amostra ou pelo controle indevido, mas sobretudo devido:

ao aspecto necessariamente limitado da investigação a nível conceitual; à existência de variáveis que poderiam ser decisivas, mas que não são levadas em conta; finalmente, a distância que a separa do objetivo final que é o ensino escolar (Artigue, 1984, p. 32).

Sobre o último aspecto, a autora destaca que ele se manifesta, devido a, especialmente, interpretações pedagógicas apressadas dos resultados ou por necessidade de experimentações posteriores no ambiente escolar (Artigue, 1984); deixa claro que é razoável partir da hipótese da relação de incerteza entre a reprodutibilidade interna e a externa, como fator relevante para garantir a ideia da reprodutibilidade do processo; portanto, deve-se optar por um forte requisito externo em detrimento do interno, que é o alvo, e, dessa forma, garantir a análise e validação dos resultados (Artigue, 1988).

Para finalizar, o estudo de Artigue (1995) enfatiza que o medo de incompreensão das sequências de ensino com vista à sua transmissão para um público de não professores impulsiona o pesquisador a reduzir a descrição da parte didática, adotando o pensamento natural em detrimento do científico, levando-o ao sacrifício das características internas das situações didáticas em favor das externas, de mais fácil descrição e, dessa forma, prejudica a reprodutibilidade interna. Enfim, conclui que:

São justamente essas as dificuldades encontradas na transmissão didática, no que diz respeito às necessidades da investigação e, ainda mais, para a transmissão da engenharia didática, como produtos para o ensino que têm chamado a atenção de pesquisadores sobre outro problema, que é o das representações que os professores são formados sobre a matemática e a influência dessas representações sobre as escolhas que fazem e as decisões que tomam em sua prática docente. (Artigue, 1995, p. 53, *tradução nossa*)

Corroborando com a conclusão de Artigue (1995), Almouloud e Coutinho (2008) analisaram trabalhos apresentados, apoiados na ED e apresentados no GT-19 (Educação

matemática) da ANPED, desde 1999, e uma das suas considerações é de que não perceberam, de modo nítido na etapa de validação, a estimativa reprodutibilidade; porém, observam que pode ter havido supressão de algumas partes pelos autores, pelo fato das pesquisas, advirem, em geral, de recortes de trabalhos mais amplos.

Em contrapartida, Carneiro (2005) deixa claro que um dos critérios necessários que podem garantir a reprodutibilidade de sua pesquisa é assumir a definição de trapézio utilizada, porém não apresenta uma descrição sucinta e detalhada das condições observadas no experimento. Nesse sentido, enfatiza a importância da descrição detalhada de todos os critérios e variáveis utilizados no seu trabalho e que são requisitos mínimos e obrigatórios para a reprodução em sala de aula por outros professores. Portanto, a partir das discussões apresentadas, a seção seguinte apresenta as considerações finais.

5. Considerações finais

Esse artigo teve por objetivo principal apresentar uma visão geral de algumas propostas de ED, bem como, a discussão e o debate acerca destas, segundo pesquisadores da educação matemática, a fim de responder à seguinte questão: Quais as características de algumas propostas atuais de ED e de que forma estão sendo discutidas e debatidas por pesquisadores da área de educação matemática?

Portanto, inicialmente, foram apresentados aspectos da ED clássica, proposta por Artigue, baseada em experimentações em sala de aula com etapas bem determinadas e definidas e que surgiu da emergência em investigar as relações entre ensino e aprendizagem, a partir de hipóteses que devem ser validadas ou não ao final da pesquisa. Essa metodologia tem por diferencial o controle das investigações e de práticas, que colocam o pesquisador em contato direto com o conhecimento, e da utilização de meios de validação que vão além dos métodos tradicionais utilizados em metodologias tradicionais.

Contudo, alegando que a ED clássica não levava em conta a formação de professores, Perrin-Glorian propôs a ED de 2ª geração que tem por objetivo o desenvolvimento de recursos ou objetos de aprendizagem para o ensino regular ou formação de professores. Apesar de ser proposta como “nova metodologia”, dentre os fatores para a sua realização, consta o uso das fases da ED clássica para construir a

situação. Outros autores, também, concordam com a autora, sobre a incompletude da ED clássica e da ausência do processo formativo do professor de matemática.

Nesse sentido, corroboramos, com os autores que dizem que as ED de 1ª e 2ª geração se distinguem pela pergunta inicial de pesquisa da seguinte forma: se o objetivo for produzir resultados sem a preocupação de divulgação das situações usadas, têm-se a ED de investigação ou de 1ª geração; caso contrário, se tiver como objetivo de curto prazo a produção para os professores ou para a formação de professores, têm-se a ED de 2ª geração. Artigue admite, ainda, uma dupla função da ED: seja para a produção para o ensino ou como metodologia de investigação específica. No mais, entre os pesquisadores da educação matemática, pôde-se perceber que não há consenso em relação as EDs.

Além da ED de 2ª geração, outras variantes da ED também foram propostas como a ED dos Domínios de Experiência de Boero e de PER de Chevallard. Sobre essas novas configurações, Artigue e autores, como Almouloud e Silva, dizem serem necessárias, por permitirem repensar as adaptações e articulações necessárias, de forma a desenvolver uma concepção compartilhada de design didático por intermédio de um objeto refundando.

Ainda dentro do contexto de novas vertentes de ED, é apresentada a ED com EOS, cuja proposição das etapas metodológicas é baseada na IDB e tem como principal aspecto a utilização da Idoneidade didática em todas as fases, em especial, na fase de avaliação ou análise retrospectiva. A idoneidade didática permite avaliar o grau de adequação de cada uma das facetas da EOS durante uma investigação experimental, cujo objetivo é a articulação entre teorias e pontos de vista do conhecimento matemático, seu ensino e aprendizagem, assim como, minimizar o efeito topázio.

Por fim, é importante destacar a opinião de Godino, Rivas, Arteaga, Lesa e Wilhelmi (2014), com a qual, também, concordamos, sobre as modalidades de ED que dizem que todas parecem pertencer à “mesma família” e diferenciam-se pelas teorias utilizadas e os resultados produzidos. Arriscamos dizer, após a nossa análise e estudo, que as ED posteriores à clássica são aperfeiçoamentos e novos olhares sob uma metodologia já existente, que busca aperfeiçoar-se e adaptar-se a um “novo” design didático.

Outro aspecto relevante em termos de ED que foi tratada na pesquisa é a questão da reprodutibilidade, que deve ser garantida a partir de um controle do ambiente e das variáveis, que são decisivas para o experimento, atrelada à descrição detalhada das condições observadas, na compreensão dos fenômenos, na explicação dos efeitos e na previsão destes.

Por outro lado, as discussões nos levam a concluir que a reprodutibilidade está atrelada à descrição das condições nas quais os experimentos foram produzidos e sua condução, em termos didáticos, ambiente, reação dos alunos e tomada de decisões dos professores. Nesse sentido, a escrita deve ser didaticamente detalhada, tendo por foco não somente a descrição das variáveis, mas a forma de condução e de transmissão didática.

Como principal limitação desse artigo, apontamos a necessidade de um maior aprofundamento nas EDs de domínios de experiência e de PER, tal como em Almouloud e Silva (2012), e das principais características que as diferenciam, em especial, em relação à validação do experimento, bem como, uma análise mais criteriosa sobre a reprodutibilidade e o uso da idoneidade didática em trabalhos de educação matemática. Por fim, esse estudo suscita-nos os seguintes questionamentos:

- De que forma as ED devem ser articuladas e pensadas em termos de teorias e métodos de validação para a criação de um *design* único e compartilhado? Trabalhos nesse sentido poderiam propor uma ED, que pode ser utilizada para vários tipos de investigação, facilitando a aplicação da metodologia.

- Quais critérios de idoneidade didática garantem a adequação dos experimentos em quaisquer ED? Trabalhos com esse objetivo iriam permitir a utilização de forma adequada dos critérios de idoneidade didática durante a validação dos experimentos.

- De que forma garantir a reprodutibilidade em ED de 2ª geração? Trabalhos com esse intuito iriam propor método de controle de variáveis e de condições que garantam a utilização dos recursos produzidos.

- De que forma os trabalhos vêm apresentando em sua validação os critérios de reprodutibilidade e de idoneidade didática? Estudos com esse mapeamento nos dariam indícios de critérios relevantes para transmissão didática dos estudos.

Referências

ALMOULOUD, Saddo Ag. **Fundamentos da didática da matemática**. 1 ed. atual. Curitiba: Editora UFPR, 2007.

ALMOULOUD, Saddo Ag. A Engenharia Didática de Segunda Geração. [Entrevista concedida a] Ana Paula Velho e Larissa Santos. **Jornal da UEM**, ed. 2011, 2011.

ALMOULOUD, Saddo Ag; COUTINHO, Cidela de Q. e S. Engenharia didática: características e seus usos em trabalhos apresentados no GT-19/ANPED. **Revemat**, Florianópolis, v. 3, n. 6, p. 62-77, 2008.

ALMOULOUD, Saddo Ag; SILVA, Maria J. F. da. Engenharia didática: evolução e diversidade. **Revemat**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 22-52, 2012.

ALVES, Franciso R. V. Engenharia didática: implicações para a pesquisa no âmbito do ensino em Análise Complexa – AC. **Ciência e Natureza**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 694-715, 2016.

ARTIGUE, Michèle. **Contribution à l'étude de la reproductibilité des situations didactiques**: diver travaux de mathématiques et de didactique des mathématiques. 1984. 141 f. Tese (Doutorado em Didática da Matemática), Universidade Paris VII, França, 1984.

ARTIGUE, Michèle. Ingénierie Didactique. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, Genebra, v. 9, n. 3, p. 281-308, 1988.

ARTIGUE, Michèle. Ingeniería didáctica. In: Artigue, Michèle; DOUADY, Régine; Moreno, Luis; PEDRO, Gomes (Editor). **Ingeniería Didáctica em Educación Matemática**: um esquema para la investigación u la innovación em la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. Bogotá: Grupo Editorial Iberoamérica, 1995.E-book. cap. 4, p. 33-60.

ARTIGUE, Michèle. Didactical design in Mathematics education. In: Nordic Research in Mathematics Education; NORMA08, 2008, Copenhagen. **Anais [...]**, Copenhagen, 2008.
ARTIGUE, Michèle. L'ingenierie didactique: un essai de synthèse. **Recherches em Didactique des Mathématiques**, Genebra, v. 1, p. 225-237, 2009.

ARTIGUE, Michèle. Perspectives on design research: the case of didactical engineering. **Springer**, p.467-496, 2015.

ARTIGUE, Michèle. **Curso EAE**: Aula 1 – Design em Didática. [São Paulo], 2018. Aula. Disponível em: <https://youtu.be/MuzzwouKJkc>. Acesso em: 10 fev. 2022.

BROUSSEAU, Guy. **Théorisation des phénomènes d'enseignement des mathématiques**. Tese (Doutorado em Estado de Ciências), Universidade de Bordeaux I, França, Paris, 1986.

CARNEIRO, Vera C. G. Engenharia didática: um referencial para ação investigativa e para formação de professores de Matemática. **Zetetike**, Campinas-UNICAMP, v. 13, n. 23, p. 85-118, 2005.

CARVALHO, José I. F. de. **Um estudo sobre os conhecimentos didáticos-matemáticos de probabilidade com professores de matemática dos anos finais do Ensino Fundamental**. Tese (Doutorado em Educação Matemática). 2017. 344 f. Universidade de Anhanguera, São Paulo, 2017.

CHEVALLARD, Yves. Sur l'ingénierie didactique. **II Escola de Verão em Didática das Matemáticas**. Orleans, Julie, 1982.

CHEVALLARD, Yves. La notion d'ingénierie didactique, un concept à refonder: questionnement et elementos de réponses à partir de la TAD. **Recherches em Didactique des Mathématiques**, Genebra, v. 1, p. 81-1008, 2009.

CIDRÃO, Georgyana G.; ALVES, Francisco R. V. O percurso investigativo acerca da Engenharia Didática de desenvolvimento no cenário educacional brasileiro. **Revista Iberoamericana de Educação Matemática**, ano XVI, n. 60, p. 57-75, 2020.

COBB, Paul; GRAVEMEIJER, Koeno. Experimenting to support and understand learning processes. In: KELLY, Anthony E; LESH, Richard A.; BAEK, John Y. **Handbook of design research methods in education: innovations in Science, technology, engineering, and mathematics learning and teachin**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 2008, cap. 4, p. 68-95.

DOUDAY, Règine. Nacimiento y desarrollo de la didáctica de las matemáticas en Francia. In: Artigue, M; Douady, R. e Gómez, M. L, **Ingeniería Didáctica en educación**, p. 1-7, 1995. GODINO, Juan D. Origen y aportaciones de la perspectiva ontosemiótica de investigación en didáctica de la matemática. In: XVI Simposio de la SEIEM, Baeza, Espanha, p. 20-22, 2012. **Anais [...]**, Baeza, Espanha, 2012.

GODINO, Juan D. De la ingeniería a la idoneidad didáctica en educación matemática. **REVEMOP**, Ouro Preto, Brasil, v. 3, p. 1-26, 2021.

GODINO, Juan D.; BENCOMO, Delisa; FONT, Vicenç; WILHELMI, Miguel R. Análisis y Valoración de la Idoneidad Didáctica de Procesos de Estudio de las Matemáticas. **Paradigma**, v. XXVII, n. 2, dezembro/2006, p. 221-252.

GODINO, Juan D.; BATANERO, Carmem; CONTRERAS, Ángel; ESTEPA, Antonio; LACASTA, Eduardo; WILHELMI, Miguel R. Didactic Engineering as design-based research in mathematics education. In: **Conference: Eighth Congress of European Research in Mathematics Education (CERME 8, WG 16)**, 2013.

GODINO, Juan D.; RIVAS, Hernán; ARTEAGA, Pedro; LASA, Aitsol; WILHELMI, Miguel R. Ingeniería Didáctica basada en el enfoque ontológico – semiótico del conocimiento y de la instrucción matemáticos. **Recherches des Mathématiques**, n. 34, 2014.

GODINO, Juan D.; BATANERO, Carmem; CAÑADAS, Gustavo R.; CONTRERAS, José M. Articulación de la Indagación y transmisión de conocimientos en la enseñanza y

aprendizaje de las matemáticas. In: Congreso Internacional Didáctica de la Matemática: Una mirada, p. 249-269, 2015, Bogotá, Colômbia. **Anais [...]**, Bogotá, Colômbia, 2015.

LOPES, Thiago B.; PALMA, Rute C. D. da; SÁ, Pedro F. de. 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.

MAFRA, José R. e S.; SÁ, Pedro F. de. Abordagens na pesquisa em Educação Matemática: algumas reflexões e perspectivas epistemológicas. **Revista Tempos e Espaços em Educação**, v. 13, n. 32, p. 1-21, Jan/Dez 2020. DOI: <https://doi.org/10.20952/revtee.v13i32.13465>

PERRIN-GLORIAN, Marie-Jeanne. L'ingénierie didactique a l'interface de la recherche avec l'enseignement. Développement des ressources et formação des enseignants. **Recherches em Didactique des Mathématiques**, Genebra, v. 1, p. 57-78, 2009.

PERRIN-GLORIAN, Marrie-Jeanne; BELLEMAIN, Paulo M. B. L'ingenierie didactique entre recherche et ressource pour l'enseignement et la formation des maitres. **Caminhos da Educação Matemática em Revista**, v. 9, p. 45-82, 2019.

SÁ, Pedro F. de; ALVES, Fábio J. da C. A pesquisa em Educação Matemática e os fenômenos da sala de aula. In: NASCIMENTO, Aristonildo C. A; MOURÃO, Arminda R. B. (orgs). **Educação, Culturas e diversidades**. Manaus: EDUA, 2011, v. 2, p. 355-37.

Nota

i Entrevista concedida no I Ciclo de Palestras do Programa de pós-graduação em Educação para a Ciência e a Matemática (PCM), 2011

Sobre os autores

Rita de Cássia Florêncio Rocha Kasahara

Possui graduação em Engenharia de Telecomunicações, especialização em Docência e Mestrado em Engenharia Elétrica. Atualmente, é docente do IFPA e doutoranda do programa em Educação da UEPA. E-mail: rita.rocha@ifpa.edu.br. ORCID: 0000-0003-1017-8550

Pedro Franco de Sá

Possui graduação em Licenciatura Plena Em Matemática pela UFPA (1988), mestrado em Matemática pela UFPA (1996) e doutorado em Educação pela UFRN (2003). Atualmente, é professor Titular de Educação Matemática da UEPA. desde 2013. E-mail: pedro.sa@uepa.br – ORCID: 0000-0002-8986-2787.

Recebido em: 01/09/2023

Aceito para publicação em: 16/10/2023