



As Potencialidades Metodológicas da Engenharia Didática na Educação Estatística

The Methodological Potentialities of Didactic Engineering in Statistical Education

Chang Kuo Rodrigues¹

Universidade Federal de Juiz de Fora

Cristimara Rodrigues de Castilho²

Universidade Federal de Juiz de Fora

Heloísa de Almeida Figueiredo³

Universidade Federal do Rio de Janeiro

RESUMO

O presente artigo apresenta o desenvolvimento e resultados de uma revisão da literatura sobre a Educação Estatística, quando faz uso da Engenharia Didática como metodologia de pesquisa e/ou como dispositivo metodológico para a sala de aula. Esta busca de artigos científicos constitui parte de duas investigações de doutorado sobre a formação de professores para o trabalho com a Educação Estatística. O principal objetivo foi realizar um levantamento quantitativo, por meio da Revisão Sistemática da Literatura, e qualitativo sobre pesquisas que aliam Educação Estatística e Engenharia Didática, no período de 2011 a 2023, nas revistas indexadas na plataforma sucupira da CAPES, que apresentavam Qualis A1, A2, A3, A4, B1 e B2, pertencentes ao estrato do último Qualis (2023), na área de Ensino com foco em Educação Matemática. Ainda, procurou-se perceber como a Engenharia Didática estrutura as pesquisas subsidiadas pela Didática da Matemática Francesa. Esta revisão apoiou-se em orientações de pesquisadores que se dedicam a este tipo de metodologia, indicando as diferentes fases do processo da revisão, as quais foram seguidas rigorosamente: definição de objetivos/questões, de equações de pesquisa e das bases de dados; determinação dos critérios de inclusão, de exclusão e de validade metodológica; apresentação e discussão dos resultados. Utilizou-se como *software* de apoio as folhas de cálculo do *Google*. Os resultados da revisão mostraram que é potencialmente válido persistir em pesquisas com o alinhamento dos temas propostos.

Palavras-chave: Didática da Matemática Francesa. Educação Estatística. Engenharia Didática. Revisão Sistemática da Literatura.

¹ Doutora em Educação Matemática (PUC-SP). Docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática (UFJF), Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. Endereço para correspondência: Av. Senhor dos Passos, 2475, São Pedro, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil, CEP: 36037-490. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-8716-6078>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1862842899466487>. E-mail: changkuockr@gmail.com.

² Mestre em Educação Matemática, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Professora na rede municipal de Juiz de Fora e Levy Gasparian, doutoranda na UFJF, Juiz de Fora, MG, Brasil. Endereço para correspondência: Rua José dos Anjos, 148, casa 03, Igrejinha, Juiz de Fora, MG, Brasil, CEP: 36091-205. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7703-7675>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3675533835579698>. E-mail: cristimaracastilho@hotmail.com.

³ Mestre em Educação Matemática, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), 2020.. Professora da Escola Americana do Rio de Janeiro (EARJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Endereço para correspondência: Av. Pedro Calmon, 550 – Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 21941-901. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-2430-7256>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3873980156548146>. E-mail: heloisa-figueiredo@hotmail.com

ABSTRACT

This article delineates the development and findings of a literature review concerning Statistical Education, utilizing Didactic Engineering as both a research methodology and a methodological instrument for classroom application. This investigation of scholarly articles forms a component of two doctoral studies focused on teacher training in relation to Statistical Education. The primary aim was to undertake a quantitative survey through a Systematic Literature Review, along side a qualitative exploration of research that integrates Statistical Education with Didactic Engineering from 2011 to 2023, within journals indexed on the CAPES Sucupira platform, exhibiting Qualis ratings of A1, A2, A3, A4, B1, and B2, classified within the latest Qualis stratum (2023), specifically in the domain of Teaching with an emphasis on Mathematics Education. Additionally, the study sought to elucidate the manner in which Didactic Engineering informs research supported by the Didactics of French Mathematics. This review adhered to established guidelines from scholars specializing in this methodology, encompassing the various stages of the review process: formulation of objectives/questions, development of search equations and databases, establishment of criteria for inclusion, exclusion, and methodological validity, as well as the presentation and discussion of findings. Google Spreads heets were employed as supportive software. The findings of the review indicated that there is substantial validity in pursuing research aligned with the proposed themes.

Keywords: Didactics of French Mathematics. Statistical Education. Didactic Engineering. Systematic Literature Review.

INTRODUÇÃO

A Didática da Matemática Francesa surgiu na França em 1970 após o Movimento da Matemática Moderna. Esse referencial teórico, conhecido como Didática Francesa, reúne algumas teorias importantes na área, tais como: Teoria das Situações Didáticas de Guy Brousseau, Dialética Ferramenta-Objeto de Régine Douady, Teoria Antropológica do Didático de Yves Chevallard, Teoria dos Registros da Representação Semiótica de Raymond Duval, entre outras.

A Didática da Matemática Francesa possui a ambição de construir teorias rigorosas que possam constituir modelos para a análise de fenômenos de ensino e de aprendizagem da Matemática em um ambiente didático, um meio social concebido para o ensino. O objetivo é, então, estudar problemas de ensino de conceitos matemáticos em razão das exigências próprias do saber matemático, isto é, colocar à prova o papel da didática experimental (Brun, 1996). Assim, a Didática da Matemática Francesa entende que as relações entre professor, aluno e saber não acontecem de forma tão direta e o objetivo é analisar como essas relações ocorrem. Para que esta análise teórica seja realizada, é necessária a criação de problemas que possam gerar um ambiente propício para tal análise. Nesse contexto, a Engenharia Didática é uma metodologia de pesquisa que articula possibilidades para a criação de tais problemas, se apresenta com uma grande importância na Didática da Matemática Francesa.

A Engenharia Didática, nomeada por Brousseau (Almouloud, 2007b), é uma metodologia de pesquisa que foi elaborada na década de 1980 com objetivo de demarcar um trabalho didático, e tem como autora principal Michele Artigue. Esse método é composto por quatro fases, a saber: as análises preliminares, a concepção e análise *a priori*, a experimentação e as análises *a posteriori* e validação, é uma metodologia de caráter qualitativo.

Neste âmbito teórico-metodológico da Didática da Matemática, este trabalho buscou realizar um levantamento sobre pesquisas que aliam Educação Estatística e Engenharia Didática nas revistas indexadas na plataforma Sucupira, da CAPES, que apresentavam Qualis A1, A2, A3, A4, B1 e B2, no último estrato de 2023, abertas, na área de Ensino, com foco em Educação Matemática, no período de janeiro de 2011 a dezembro de 2023.

Para realizar tal levantamento, foi utilizada a revisão sistemática da literatura, que, segundo Campos, Caetano e Gomes (2023), é "uma metodologia científica rigorosa para responder com autoridade a perguntas onde há uma quantidade suficientemente grande de pesquisa existente sobre o tópico, sintetizando a pesquisa existente". Além disso, vale destacar que a ausência de trabalhos como dissertações e teses, nesta busca, se dá pelo fato de que a grande maioria dos artigos indexados nessas revistas é oriunda de investigações no âmbito de Programas de Pós-Graduação.

No tocante à Educação Estatística, é uma área de pesquisa que se configura como uma tendência em Educação Matemática no Brasil e é o estudo da compreensão das pessoas quando aprendem estatística, envolvendo os aspectos cognitivos e afetivos, o desenvolvimento de abordagens didáticas e de materiais de ensino (Cazorla, 2017). No mundo, esta área de pesquisa tem se desenvolvido em alguns centros de pesquisa, notadamente na Europa e na América do Norte. As entidades pedagógicas ASA (*American Statistics Association*) e o IASE (*International Association for Statistical Education*) se destacam nos Estados Unidos e, ambas, possuem finalidade de promover o desenvolvimento do campo, além de criar relações entre educadores estatísticos com o intuito de fomentar o desenvolvimento de serviços educacionais eficientes. No Brasil, temos alguns grupos que trabalham com este campo, entre eles, o Grupo de Trabalho 12 da Sociedade Brasileira de Educação Matemática (GT-12, SBEM), que busca “promover o entendimento e o avanço da Educação Estatística e de seus assuntos correlacionados” (Campos; Wodewotzki; Jacobini, 2013, p.12).

Esta área de pesquisa tem se desenvolvido fortemente no Brasil, principalmente no que diz respeito a trabalhos criados e aplicados na sala de aula de Matemática. Nesse contexto, entende-se que a realização de um levantamento quantitativo de pesquisas publicadas no país é uma ferramenta importante para obter um panorama científico da área e, de forma qualitativa, para entender as articulações que a fundamentação teórica-metodológica apoiada na Engenharia Didática podem estruturar as pesquisas em Educação Estatística. Dessa forma, este artigo é norteado pela seguinte questão: Qual o impacto da Engenharia Didática como metodologia nas pesquisas em Educação Estatística e como ela estrutura essas pesquisas, a partir de “realizações didáticas” na sala de aula?

A seguir, apresenta-se o referencial teórico que permitiu a realização deste levantamento, a Revisão Sistemática da Literatura, bem como um detalhamento da Engenharia Didática enquanto metodologia de pesquisa e/ou dispositivo metodológico para o trabalho na aula de Matemática.

Na sessão de Metodologia, apresenta-se os passos de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), que foram rigorosamente seguidos. Na sequência, os trabalhos encontrados são apresentados objetivando responder à questão que norteia este trabalho e, logo em seguida, de forma sistemática, buscou-se realizar algumas considerações sobre a pertinência da temática discutida para futuros trabalhos na área.

REFERENCIAL TEÓRICO

No contexto de crescente produção científica e rápida disseminação de conhecimento impulsionada pelas tecnologias, há uma emergente demanda por buscar, selecionar e resumir as melhores pesquisas disponíveis. Isso permite que novos estudos avancem com base no conhecimento já estabelecido (Campos; Caetano; Gomes, 2023). Nesse sentido, faz-se importante a realização de uma Revisão Sistemática da Literatura.

[...] esse estudo consiste na coleta, organização, categorização e síntese de um conjunto de dados já obtidos em pesquisas primárias. Ao empregar metodologia de pesquisa apoiada em critérios rigorosos, precisos e transparentes, busca minimizar os riscos de vieses e aferir maior grau de credibilidade e eficiência no trabalho desenvolvido. (Campos; Caetano; Gomes, 2023, p. 145)

Petticrew e Roberts (2006) apresentam cinco razões para realizar uma Revisão Sistemática da Literatura. Originalmente voltadas para a pesquisa na área da saúde, essas razões foram adaptadas para o contexto da pesquisa em Educação. São elas:

- 1) **Incerteza sobre a eficácia de uma prática educacional:** Quando há incerteza sobre a eficácia de uma metodologia de ensino, currículo ou intervenção educacional específica, especialmente quando já existem algumas pesquisas anteriores sobre o tema.
 - 2) **Desenvolvimento de políticas educacionais:** Nos estágios iniciais de desenvolvimento de políticas educacionais, como a implementação de novos programas ou reformas curriculares, é essencial reunir evidências sobre os prováveis efeitos dessas intervenções para fundamentar as decisões.
 - 3) **Questões-chave em um campo de pesquisa educacional:** Quando há uma ampla gama de pesquisas sobre um tópico educacional, mas ainda restam questões importantes sem resposta, como a eficácia de métodos de ensino, a inclusão de tecnologia na sala de aula ou os impactos de políticas educacionais em diferentes grupos de estudantes.
 - 4) **Necessidade de uma visão abrangente para orientar futuras pesquisas:** Quando é necessária uma visão geral da evidência disponível em uma área específica da educação para identificar lacunas no conhecimento e direcionar futuras investigações
 - 5) **Desenvolvimento de novas metodologias educacionais:** Quando é necessário um panorama preciso das práticas e metodologias educacionais passadas para identificar essas baseadas em evidências sólidas.
- (Petticrew; Roberts, 2006, p. 22)

Além disso, os mesmos autores (Petticrew; Roberts, 2006) discutem as diferenças entre revisões sistemáticas e revisões tradicionais. As revisões sistemáticas são descritas como um método rigoroso e objetivo de avaliar e sintetizar todas as evidências relevantes sobre um determinado tema, com o objetivo de minimizar vieses e fornecer uma visão abrangente e confiável dos estudos disponíveis. Elas diferem das revisões tradicionais, que muitas vezes podem ser parciais e não seguem métodos científicos rigorosos, o que pode resultar em conclusões enviesadas e não representativas.

Os autores ainda enfatizam que "revisões tradicionais de literatura" podem ser tendenciosas porque permitem que os revisores escolham seletivamente quais estudos incluir, possivelmente favorecendo resultados que confirmem suas próprias opiniões ou hipóteses (Petticrew; Roberts, 2006). Em contraste, as revisões sistemáticas seguem critérios explícitos e pré-definidos para inclusão e avaliação de estudos, o que ajuda assegurar que todas as evidências relevantes sejam consideradas, proporcionando uma base mais robusta para a tomada de decisões e formulação de políticas baseadas em evidências.

As revisões sistemáticas podem variar significativamente em termos de complexidade e rigor de seus protocolos, dependendo do objetivo da pesquisa, da área de estudo e dos recursos disponíveis (Zawacki-Richter *et al.*, 2020). Um protocolo bem desenvolvido é essencial para garantir a transparência e a reprodutibilidade do processo de revisão.

Com o objetivo do trabalho operando como um norteador, esta Revisão Sistemática da Literatura buscou, dentro da Didática da Matemática Francesa, identificar os trabalhos que, na temática da Educação Estatística, utilizaram a Engenharia Didática como suporte metodológico para a pesquisa.

A Engenharia Didática, como já explicitado na introdução, é uma metodologia de pesquisa qualitativa, criada na França, e possui quatro fases bem definidas. Na primeira fase da Engenharia Didática, das Análises Preliminares, é o momento em que o/a pesquisador/a faz um estudo da organização matemática e didática do objeto matemático escolhido, define a(s) questão(ões) de pesquisa, bem como levanta hipóteses sobre o tema, baseado nos fundamentos teóricos e metodológicos adotados e descritos nesta fase. Para Almouloud (2007a), esse é o momento em que o/a pesquisador/a pode se debruçar sobre algumas vertentes como, por exemplo, no objeto de estudo em questão. Essas vertentes podem, como já mencionadas, ser de natureza matemática e, neste caso, pode-se considerar o estudo: da gênese histórica do saber; do ensino usual adotado e seus efeitos; da estrutura matemática; dos obstáculos epistemológicos e até dos objetivos específicos da pesquisa.

Outra vertente que pode ser adotada nesta fase é a natureza didática do objeto matemático como, por exemplo: qual a evolução do tratamento deste tema dentro da História da Matemática; como a abordagem do tema é indicada pelos documentos oficiais; análises dos livros didáticos adotados e como eles apresentam o tema escolhido; concepções dos/as alunos/as ou professores/as sobre o saber em destaque e, ainda, um levantamento de referências bibliográficas do tema em questão. Assim, com base nessas vertentes, o/a pesquisador/a possui argumentos e justificativas para definir as questões de pesquisa e as hipóteses de trabalho, como sintetizado pelo autor: “[...] um dos objetivos das análises preliminares é identificar os problemas de ensino e aprendizagem do objeto de estudo e delinear de modo fundamentado a(s) questão(ões), as hipóteses, os fundamentos teóricos e metodológicos de pesquisa” (Almouloud, 2007a, p. 172). Vale ainda ressaltar que esta fase deve ser retomada no desenrolar

das outras três, já que, a partir dela, o próximo passo da metodologia vai ganhando forma (Almouloud, 2007a).

A segunda fase da Engenharia Didática são as Construções e Análises *a priori*. É nesta fase que os esforços estão concentrados na elaboração de uma sequência de atividades, que busca, sobretudo, responder à(s) questão(ões) da pesquisa e validar a(s) hipótese(s) de trabalho levantadas na fase anterior. É desta fase que depende o sucesso das atividades construídas, como ressaltado:

[...] a análise *a priori* é importantíssima, pois de sua qualidade depende o sucesso da situação-problema; além disso, ela permite, ao professor, poder controlar a realização das atividades dos alunos, e, também, identificar e compreender os fatos observados. Assim, as *conjecturas* que vão aparecer poderão ser consideradas, e algumas poderão ser objeto de um *debate científico* em sala de aula. (Almouloud, 2007a, p. 176, *grifo do autor*)

Ainda nesta fase são definidas as variáveis da pesquisa que deverão ser consideradas:

- As variáveis macrodidáticas ou globais, que dizem respeito à organização global da engenharia; - e as variáveis microdidáticas ou locais, que dizem respeito à organização local da engenharia, isto é, à organização de uma sessão ou de uma fase, podendo umas e outras ser, por sua vez, variáveis de ordem geral ou variáveis dependentes do conteúdo didático cujo ensino é visado. (Artigue, 1996, p. 202).

O objetivo das variáveis macrodidáticas é definir questões que dizem respeito ao funcionamento do que não poderá ser controlado pelo/a pesquisador/a e/ou professor/a como, por exemplo, o currículo escolar do ano em que o conteúdo matemático estudado se concentra, a disposição das aulas nos dias da semana, bem como os horários. Estas variáveis precedem as microdidáticas, as quais têm por funcionalidade: “[...] determinar de que forma permitem as escolhas efetuadas, controlar os comportamentos dos alunos e o sentido desses comportamentos” (Artigue, 1996, p. 205).

Na Experimentação, terceira fase da Engenharia Didática, as tarefas são levadas à sala de aula e aplicadas. Nesse momento, todas as variáveis previamente definidas na fase anterior, bem como as tarefas já planejadas e elaboradas entram em cena. O trabalho do/a professor/a-pesquisador/a é de mediador/a, uma vez que seguindo os pressupostos da Engenharia Didática, o/a aluno/a é responsável pela construção de seu conhecimento, sendo papel do/a professor/a, apenas mediar o desenvolvimento deste/a aluno/a, que, munido de seu conhecimento pré-existente, é estimulado/a a construir ou solidificar novos conhecimentos que precisarão ser

desenvolvidos, para que ele/a tenha condições de realizar a tarefa proposta naquele momento (Almouloud, 2007b).

As Análises *a posteriori* e Validação, ou não, das hipóteses são feitas após a Experimentação. Com todos os acontecimentos realizados na fase anterior, nessa última fase, e munido de todas as variáveis definidas nas Análises *a priori*, é o momento que, minuciosamente, o/a pesquisador/a analisa os resultados obtidos à luz da fundamentação teórica escolhida, na busca por solucionar a problemática da pesquisa e validar, ou não, a(s) hipótese(s) que foi (ou foram) definida(s) nas Análises Preliminares.

Nos termos de Almouloud (2007a), a última fase da Engenharia Didática, é aquela - que - baseados nas Análises Preliminares e na Construção e Análise *a priori* e com os resultados e questões levantadas na Experimentação - contribui para a melhoria do tema em questão, permitindo uma estrutura com base nas concepções teóricas em que o/a pesquisador/a traz de acordo com uma pesquisa qualitativa.

Assim como Pommer (2013), entende-se que a contribuição da Engenharia Didática para construção de um elo entre a teoria e a prática seja um grande potencial.

A contribuição da Engenharia Didática para a sala de aula, como campo metodológico, diz respeito à possibilidade de prover a fundamentação teórica para que o/a professor/a conheça o significado e amplie o leque de opções, formando elo de ligação entre a teoria e a prática de sala de aula (Pommer, 2013).

Nesse contexto, a Engenharia Didática busca articular possibilidades de estudos teóricos oferecidos pela Didática da Matemática para que as realizações didáticas na sala de aula sejam realizadas e que a pesquisa na aula de matemática possibilite a construção de modelos para a análise de fenômenos de ensino e de aprendizagem em um ambiente didático.

A seguir, apresentamos a metodologia utilizada nesta Revisão Sistemática da Literatura.

METODOLOGIA

Para esta Revisão Sistemática da Literatura, utilizamos como exemplo o trabalho de Prates e Matos (2020), que realizaram uma pesquisa sobre Educação Matemática e Educação à Distância. Os autores adotaram o seguinte protocolo em sua revisão: (i) objetivos; (ii) equações de pesquisa pela definição dos operadores booleanos; (iii) critérios de inclusão; (iv) critérios de

exclusão; (v) critérios de validade metodológica; (vi) resultados; (vii) tratamento de dados. No Quadro 1, vamos listar o protocolo indicado com as especificidades desta pesquisa.

Quadro 1 - Protocolo de Revisão

Objetivo	Identificar e mapear estudos que utilizaram a didática da matemática como aporte teórico ou metodológico no campo da educação estatística.
Equação de pesquisa	("engenharia didática") AND ("educação estatística" OR "letramento estatístico")
Crítérios de inclusão	Artigos publicados entre janeiro de 2011 a dezembro de 2023, em revistas indexadas com (novo) Qualis A1, A2, A3, A4, B1 e B2, abertas, com foco em educação matemática.
Crítérios de exclusão	Artigos publicados em outras fontes ou cujos <i>sites</i> das revistas não obtivemos acesso.
Crítérios de validade metodológica	Verificação dos critérios de inclusão e exclusão.
Resultados	Descrição da pesquisa e registro de todas as etapas.
Tratamento de dados	Filtrar, analisar e descrever criticamente os resultados com ajuda do <i>Excel</i> .

Fonte: Adaptado de Prates e Matos (2020)

É importante retomar a questão da investigação que norteia o trabalho realizado nesta Revisão Sistemática da Literatura, valendo-se, também, do caráter quantitativo. Nesse sentido, a perspectiva quantitativa tem a intenção de verificar quantas pesquisas em Educação Estatística usaram a Engenharia Didática como aporte teórico-metodológico. Já ao considerar o caráter qualitativo e conceitual, o objetivo é voltado para a identificação da estrutura utilizada nos trabalhos encontrados, sobretudo oferecida pela Engenharia Didática enquanto metodologia nas pesquisas em Educação Estatística, quando busca responder a questão norteadora deste artigo: Qual o impacto da Engenharia Didática como metodologia nas pesquisas em Educação Estatística e como ela estrutura essas pesquisas, a partir de “realizações didáticas” na sala de aula?

Com esse objetivo, iniciou-se o processo de levantamento bibliográfico das revistas indexadas na plataforma sucupira, da CAPES, que apresentavam (novo) Qualis, de 2023, A1, A2, A3, A4, B1 e B2, abertas, na área de Ensino, com foco em Educação Matemática.

A busca limitou-se ao período compreendido entre janeiro de 2011 a dezembro de 2023, resultando em um total de 10 artigos em 47 revistas, seguindo a seguinte equação de pesquisa: ("engenharia didática") AND ("educação estatística" OR "letramento estatístico").

Na Tabela 1, apresentamos as revistas utilizadas neste estudo, acompanhadas de sua classificação correspondente em conformidade com a plataforma sucupira da CAPES no quadriênio 2017-2020, no último Qualis, de 2023. Além disso, a tabela exibe ordenação de acordo com o Qualis da revista e, além disso, a contagem de artigos foi identificada em cada periódico.

Tabela 1 - Levantamento quantitativo de artigos

Periódico	Qualis	Total
BOLEMA: BOLETIM DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA (<i>ONLINE</i>)	A1	3
EDUCAÇÃO MATEMÁTICA PESQUISA	A1	1
PERSPECTIVAS DA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA	A2	1
CAMINHOS DA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA EM REVISTA	A4	1
REVISTA SERGIPANA DE MATEMÁTICA E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA	A4	2
EDUCAÇÃO MATEMÁTICA EM FOCO (UFPB)	B1	1
REVISTA DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS E MATEMÁTICA	B2	1

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Foram utilizados 47 periódicos, dentre os quais, apenas treze trabalhos foram identificados, seguindo o protocolo anteriormente estabelecido.

A seguir, apresentamos uma análise dos artigos, buscando responder às questões de pesquisa apresentadas nesta Revisão Sistemática da Literatura.

ANÁLISES E RESULTADOS

A fim de explicitar os trabalhos encontrados na RSL, o Quadro 2 apresenta os artigos selecionados que serão discutidos a seguir, apresentando-os, também, por ordem do Qualis das revistas, com o propósito de facilitar a referência de cada um deles.

Quadro 2 - Artigos encontrados na RSL

Nº	Título	Autores	Revista/Qualis	Ano
01	Análise Praxeológica dos Passeios Aleatórios da Mônica	NAGANIME; HENRIQUES; UTSUMI; CAZORLA	BOLEMA A1	2011
02	Desenvolvimento do Pensamento Estatístico e sua Articulação com a Mobilização de Registros de Representação Semiótica	COUTINHO; SILVA; ALMOULOU	BOLEMA A1	2011
03	Validação de uma Sequência Didática de Probabilidade a partir da Análise da Prática de Professores, sob a Ótica do Enfoque Ontosemiótico	CAZORLA; GUSMÃO; KATAOKA	BOLEMA A1	2011
04	Engenharia Didática como metodologia de pesquisa e procedimento metodológico para a sala de aula	CASTILHO; FIGUEIREDO; RODRIGUES	EDUCAÇÃO MATEMÁTICA PESQUISA A2	2020
05	Investigação da Construção do Conhecimento em Medidas de Tendência Central Utilizando a Engenharia Didática	FIGUEIREDO; CASTILHO; RODRIGUES	PERSPECTIVAS DA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA A2	2022
06	Diálogos da Didática da Matemática com Outras Tendências da Educação Matemática	ALMOULOU	CAMINHOS DA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA EM REVISTA A4	2019

07	Contribuições das Variáveis Estatísticas na Contextualização da Função Afim	SANTANA; CAZORLA; UTSUMI	REVISTA SERGIPANA DE MATEMÁTICA E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA A4	2021
08	Ensino de Probabilidade como Objeto de Pesquisa: o que vem sendo investigado?	LIMA	REVISTA SERGIPANA DE MATEMÁTICA E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA A4	2021
09	As noções de acaso no ensino de probabilidade pautado na BNCC: uma proposta para o primeiro ano do ensino fundamental	CASTILHO; FIGUEIREDO; RODRIGUES.	EDUCAÇÃO MATEMÁTICA EM FOCO (UFPB) B1	2021
10	Observações acerca de uma Engenharia Didática de Formação para o Ensino de Probabilidade	ALMEIDA; FARIAS	REVISTA DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS E MATEMÁTICA B2	2019

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Buscando identificar o modo como a Engenharia Didática estrutura as pesquisas em Educação Estatística a partir de “realizações didáticas” (Artigue, 1988) na sala de aula, iniciamos com o trabalho de Nagamine e outros (2011) quando concordamos com o que elas afirmam a respeito da Engenharia Didática, permitindo uma análise mais aprofundada das atividades educacionais, especialmente no ensino de probabilidade. Essa abordagem inverte o sentido da praxeologia usual, ao iniciar com uma situação-problema da qual emergem concepções intuitivas de probabilidade, que são gradualmente refinadas ao longo das atividades. As autoras utilizaram a Engenharia Didática para estruturar a pesquisa que foi realizada a partir de uma abordagem baseada na Teoria Antropológica da Didática (TAD). Esta abordagem permite analisar as atividades educativas, especialmente sequências didáticas, a partir de uma estrutura composta por Tarefa, Técnica, Tecnologia e Teoria, os pressupostos teórico-metodológicos da TAD.

No segundo artigo, Coutinho, Silva e Almouloud (2011) fazem uso da Engenharia Didática de modo a estruturar as pesquisas em Educação Estatística com foco em professores do Ensino Fundamental II e Médio. Os autores organizaram as atividades em oficinas de formação, seguindo as quatro fases tradicionais, a saber: da análise prévia, os autores identificaram os principais conceitos estatísticos que seriam abordados, como variabilidade e transnumeração, utilizando a Teoria dos Registros de Representação Semiótica de Duval como base teórica; da concepção e planejamento: as oficinas foram planejadas com atividades que envolviam a análise de dados estatísticos por meio de representações gráficas (como histogramas e Box-plots) e tabelas. O objetivo era desenvolver o pensamento estatístico dos professores ao fazê-los transitar entre diferentes registros semióticos.

Na sequência, da experimentação: durante as oficinas, os professores realizaram as atividades planejadas, construindo gráficos e tabelas, a partir de dados coletados por eles mesmos. Essa fase foi cuidadosamente observada e registrada para captar como os professores mobilizavam os conhecimentos e lidavam com as dificuldades em representar dados estatísticos; da análise *a posteriori*: após as oficinas, os pesquisadores analisaram os dados coletados durante as atividades, avaliando o desenvolvimento do pensamento estatístico dos professores. A análise focou na articulação entre diferentes registros semióticos e na capacidade dos professores de interpretar corretamente os gráficos e as tabelas construídas.

Assim, a Engenharia Didática permitiu estruturar a pesquisa em etapas que incluíram a preparação, a aplicação em sala de aula e a análise dos resultados, promovendo a compreensão do pensamento estatístico por meio da prática reflexiva dos professores.

Conforme aponta Pommer (2013), entende-se que a contribuição da Engenharia Didática, para a construção de um elo entre a teoria e a prática, seja um grande potencial, uma vez que essa abordagem oferece uma estrutura metodológica que garante a conexão contínua entre o conhecimento teórico e sua aplicação prática, como observado no desenvolvimento das habilidades estatísticas dos professores durante as oficinas (Coutinho; Silva; Almouloud, 2011; Pommer, 2013).

No terceiro artigo, Cazorla, Gusmão e Kataoka (2011) estabelecem a Engenharia Didática de maneira prática para estruturar as pesquisas em Educação Estatística. Os autores aplicaram uma sequência didática chamada "Os Passeios Aleatórios da Mônica" para trabalhar

conceitos de probabilidade com professores. O uso da Engenharia Didática seguiu um processo rigoroso, estruturado em três fases, sendo elas: na análise *a priori*, os autores planejaram uma sequência didática baseada na Teoria dos Registros de Representação Semiótica e na Teoria Ontosemiótica. Essa fase envolveu a construção de situações-problema que permitiram aos professores explorar conceitos como frequência relativa e probabilidade teórica, de maneira prática e visual, utilizando gráficos e tabelas; na aplicação, a sequência foi implementada em oficinas com professores/as do Ensino Básico, que replicaram experimentos de probabilidade usando o jogo de uma moeda para simular passeios aleatórios. A partir disso, eles construíram tabelas de frequência e gráficos de barras para visualizar padrões probabilísticos. Os/As professores/as também desenvolveram árvores de possibilidades para calcular probabilidades teóricas; na análise *a posteriori*, após a aplicação, os autores avaliaram os resultados observando a evolução do pensamento probabilístico dos/as professores/as. Compararam a frequência relativa com a probabilidade teórica e utilizaram essa análise para ajustar a sequência didática conforme os resultados observados.

Assim, a Engenharia Didática permitiu uma análise detalhada das práticas de ensino e ajudou a melhorar a compreensão de conceitos probabilísticos por meio de uma sequência estruturada e baseada em modelagem matemática e experimentação.

No quarto artigo, Castilho, Figueiredo e Rodrigues (2020), a Engenharia Didática foi utilizada para estruturar as pesquisas em Educação Estatística em quatro fases principais. Na análise preliminar, as autoras investigaram os conhecimentos prévios dos alunos sobre probabilidade, identificando possíveis obstáculos no processo de aprendizagem. Na fase de concepção e análise *a priori*, as pesquisadoras desenvolveram uma sequência didática baseada em atividades gradativas, que guiavam os alunos por meio de problemas relacionados a eventos aleatórios e cálculos probabilísticos. Essas atividades foram cuidadosamente planejadas para explorar conceitos como equiprobabilidade e espaços de escolha; na fase da experimentação, as atividades foram aplicadas em sala de aula e os alunos realizaram tarefas práticas, como criar problemas probabilísticos e interpretar situações de aleatoriedade. Por fim, a análise *a posteriori* avaliou o desenvolvimento dos alunos e a validação das hipóteses levantadas anteriormente. Esse processo estruturado permitiu que os alunos aplicassem conceitos de

probabilidade em situações reais, promovendo uma aprendizagem ativa e participativa que conecta teoria e prática (Castilho; Figueiredo; Rodrigues, 2020).

No quinto artigo, a Engenharia Didática é estruturada para pesquisas em Educação Estatística de forma prática, em suas quatro fases principais. Primeiramente, na análise preliminar, as autoras investigaram os conhecimentos prévios dos/as alunos/as sobre medidas de tendência central, como média, moda e mediana, identificando obstáculos no aprendizado. Em seguida, na fase de concepção e análise *a priori*, as pesquisadoras desenvolveram uma sequência didática que incluía atividades práticas baseadas em contextos reais, com o objetivo de aproximar os alunos dos conceitos matemáticos, utilizando dados do cotidiano como músicas mais ouvidas e tempo gasto em jogos; na fase de experimentação, uma sequência que foi aplicada em sala de aula com alunos/as do 8º ano, quando, na oportunidade, eles/as realizaram tarefas práticas, calculando medidas de tendência central e interpretando dados. Durante essa etapa, as autoras observaram o envolvimento dos/as alunos/as com as atividades e o uso de seus conhecimentos prévios. Por fim, na análise *a posteriori*, os pesquisadores avaliaram os resultados obtidos e validaram a eficácia da sequência didática, confirmando que os/as alunos/as foram capazes de aplicar conceitos de tendência central em situações práticas e desenvolveram elementos iniciais da literacia estatística (Figueiredo; Castilho; Rodrigues, 2022)

O sexto artigo, de Almouloud (2019), é uma discussão sobre noções e concepções da Didática da Matemática desenvolvidas na escola francesa, abordando de forma sucinta as principais teorias e/ou constructos teóricos desenvolvidos em seu contexto e de pensadores como: Guy Brousseau, Yves Chevallard, Régine Douady, Raymond Duval, entre outros. Portanto, neste artigo não foi aplicada a engenharia de didática de fato na prática, mas, sim, na abordagem teórica.

No sétimo artigo, Santana, Cazorla e Utsumi (2021) apresentam a Engenharia Didática como forma de estruturar a pesquisa em Educação Estatística, na sala de aula, de maneira prática e aplicada. Os autores organizaram o processo nas quatro fases da Engenharia. Primeiramente, realizaram a análise preliminar, quando puderam analisar os conhecimentos prévios dos alunos sobre variáveis estatísticas e função afim, identificando possíveis dificuldades. Na fase de concepção e análise *a priori*, foi desenvolvida uma sequência didática

que utilizou dados reais, como variáveis antropométricas, para ensinar a função afim em um contexto de covariação estatística. Na fase de experimentação, essa sequência foi implementada em sala de aula e os alunos coletaram e analisaram dados sobre altura, envergadura dos braços e massa corpórea, gerando diagramas de dispersão para investigar as relações entre as variáveis. A fase da análise *a posteriori* envolveu a avaliação do progresso dos/as alunos/as em relação à compreensão de covariação estatística e da função afim. Os autores observaram que os/as alunos/as se engajaram nas atividades e conseguiram aplicar os conceitos de forma contextualizada, apesar de algumas dificuldades persistirem na formalização da função afim (Santana; Cazorla; Utsumi, 2021).

No oitavo artigo, Lima (2021) buscou sistematizar aspectos de um conjunto de pesquisas desenvolvidas no contexto brasileiro a respeito do Ensino de Probabilidade na Educação Estatística. Um dos artigos apresentados na pesquisa de Lima (2021) utilizou a Engenharia Didática como metodologia de pesquisa. O autor explicita os fundamentos teóricos apresentados nos trabalhos a partir do escopo analisado e indicou, ainda, três pesquisas que utilizaram a Teoria Antropológica do Didático e, duas, o Enfoque Ontosemiótico, que são teorias advindas da Didática da Matemática. No entanto, não foi explicitado a metodologia de pesquisa que foi utilizada em tais artigos.

A Engenharia Didática presente no nono artigo, de Castilho, Figueiredo e Rodrigues (2021), estrutura o ensino de probabilidade por meio das quatro fases principais. Nas análises preliminares, os conhecimentos prévios da participante da pesquisa Júlia foram explorados por meio de perguntas sobre situações cotidianas envolvendo o acaso, o que permitiu identificar sua compreensão inicial sobre probabilidade. Na fase das concepções e análises *a priori*, foram introduzidos conceitos como "possível", "impossível", "provável" e "improvável", utilizando atividades desenhadas para construir e ampliar o entendimento da aluna sobre essas noções probabilísticas. Durante a experimentação, Júlia realizou atividades práticas de forma autônoma e, no processo, revisou suas respostas em discussões com a professora-pesquisadora. A fase das análises *a posteriori* contou com a consolidação dos conhecimentos adquiridos, comparando as concepções anteriores com as novas construções após as atividades. Dessa forma, a Engenharia Didática forneceu um suporte metodológico eficiente para a introdução de noções

probabilísticas em um contexto real e significativo, adaptado às necessidades e ao nível de desenvolvimento da aluna (Castilho; Figueiredo; Rodrigues, 2021).

No décimo artigo, de Almeida e Farias (2019), a Engenharia Didática para o ensino de Probabilidade é estruturada por meio de um modelo didático de formação, que visa integrar as interpretações clássica e frequentista da probabilidade. Especificamente, os autores utilizam a Teoria Antropológica do Didático (TAD) como referencial teórico, permitindo a análise praxeológica em relação ao ensino e à aprendizagem de probabilidade.

A pesquisa foi realizada com três professores do ensino médio, em uma escola pública federal, e o objetivo foi criar um modelo epistemológico didático que ajudasse a melhorar a abordagem do conceito de probabilidade, para os/as alunos/as, indo além da simples interpretação clássica baseada na equiprobabilidade. A metodologia incluiu a aplicação da Engenharia Didática nas quatro fases: nas análises prévias, identificaram os problemas didáticos, como a limitação do ensino da probabilidade à interpretação clássica; na concepção e análise *a priori*, foi planejada uma sequência didática que abordasse a probabilidade de maneira mais abrangente; na fase da experimentação, os professores aplicaram as sequências didáticas nas aulas; e, por fim, na análise *a posteriori*, observou-se que os professores, mesmo cientes da importância da aleatoriedade, ainda tendiam a restringir o ensino às abordagens clássicas, devido às limitações nos recursos e na formação inicial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste artigo foi o de realizar um levantamento quantitativo, por meio da Revisão Sistemática da Literatura, e qualitativo sobre pesquisas que aliam Educação Estatística e Didática da Matemática, em particular, a Engenharia Didática, no período de 2011 a 2023, nas revistas indexadas na plataforma scopus, da CAPES, que apresentavam Qualis A1, A2, A3, A4, B1 e B2, pertencentes ao estrato do último Qualis (2023), na área de Ensino, com foco em Educação Matemática. Ao procurar nos periódicos selecionados, buscou-se verificar resultados de pesquisas acadêmicas que foram apresentadas e publicadas em artigos científicos. Das 47 revistas pesquisadas, foram encontrados trabalhos relacionados com o tema em oito delas. Nessas oito, dez artigos foram encontrados e analisados. Buscando responder à questão que norteou esta análise, percebeu-se como a Engenharia Didática estrutura as pesquisas,

subsidiadas pela Didática da Matemática Francesa, de forma teórica na temática da Educação Estatística, chegou-se ao resultado que aponta a potencialidade da Engenharia Didática enquanto metodologia, que estrutura o trabalho didático na sala de aula, tal como defendida por Artigue (1988; 1996).

Desse modo, é importante salientar que, quantitativamente, não há um grande impacto dessa metodologia inserida na temática, o que abre espaço para a realização de novas pesquisas na área. Quando analisados os resultados desta pesquisa de forma qualitativa, verificou-se que a Engenharia Didática apresenta potencialidades que conversam entre todos os trabalhos, mesmo aqueles que não haviam expostos em sua íntegra, mas que coadunam com a Didática da Matemática.

Não obstante, houve a possibilidade de verificar os conhecimentos prévios dos/as alunos/as; a valorização do contexto em que o/a aluno/a se encontra inserido/a; a participação do/a aluno/a ativamente no processo; os momentos de discussão e a voz do/a aluno/a, carregada de crenças, atitudes e sentimentos pessoais vindo à tona, e, por fim, a possibilidade de entendimento do/a aluno/a do processo que a Engenharia Didática proporciona pois, os fins são conhecidos, tanto pelos/as alunos/as quanto pelo/a professor/a-pesquisador/a.

Diante deste estudo, os resultados indicaram que valem os esforços para a realização e a divulgação de pesquisas em Educação Estatística, utilizando, tanto os procedimentos metodológicos quanto a metodologia da pesquisa, os pressupostos teóricos da Engenharia Didática.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. M. C.; FARIAS, L. M. S. Observações acerca de uma Engenharia Didática de Formação para o Ensino de Probabilidade. **Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática**, Cascavel (PR), v. 3, n. 2, p. 566-594, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33238/ReBECCEM.2019.v.3.n.2.22612>. Acesso em: 10 ago. 2024

ALMOULOUD, S. Ag. A Engenharia Didática: uma metodologia de pesquisa na educação matemática. **Boletim de Educação Matemática - Bolema**, Rio Claro (SP), v. 20, n. 27, p. 160-180, 2007a.

ALMOULOUD, S. Ag. **Fundamentos da Didática da Matemática**. Curitiba: UFPR. 2007b.

ARTIGUE, M. Ingénierie Didactique. **Recherches em Didactique des Mathématiques**,

Grenoble, v. 9, n. 3, p. 281-308, 1988.

ARTIGUE, M. Engenharia Didáctica. In: BRUN, J. (Dir.). **Didáctica das Matemáticas**. Lisboa: Instituto Piaget, 1996, p. 193-217. (Horizontes Pedagógicos)

BRUN, J. (Dir.). **Didáctica das Matemáticas**. Lisboa: Instituto Piaget, 1996. (Horizontes Pedagógicos)

CAMPOS, A. F. M.; CAETANO, L. M. D.; GOMES, V. M. L. R. Revisão Sistemática de Literatura em Educação: Características, Estrutura e Possibilidades às Pesquisas Qualitativas. **Linguagens, Educação e Sociedade**, v. 27, n. 54, p. 139-169, 2 jun. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.26694/rles.v27i54.2702>. Acesso em: 10 fev. 2024.

CASTILHO, C. R.; FIGUEIREDO, H. A.; RODRIGUES, C. K. Engenharia Didática como metodologia de pesquisa e procedimento metodológico para a sala de aula. **Revista de Investigação e Divulgação em Educação Matemática - RIDEMA**, Juiz de Fora, v. 15, n. 3, p. 89-112, 2020.

CASTILHO, C. R.; FIGUEIREDO, H. A.; RODRIGUES, C. K. As noções de acaso no ensino de probabilidade pautado na BNCC: uma proposta para o primeiro ano do ensino fundamental. **Revista Educação Matemática**, Campina Grande-PB, v. 10, n. 1, p. 94-111, 2021.

CAZORLA, I.; GUSMÃO, C.; KATAOKA, V. Validação de uma Sequência Didática de Probabilidade a partir da Análise da Prática de Professores, sob a Ótica do Enfoque Ontossemiótico. **Boletim de Educação Matemática - Bolema**, Rio Claro (SP), v. 24, n. 39, p. 451-472, ago. 2011.

COUTINHO, C. Q.S.; SILVA, M.J.F.; ALMOULOU, S.Ag. Desenvolvimento do Pensamento Estatístico e sua Articulação com a Mobilização de Registros de Representação Semiótica. **Boletim de Educação Matemática - Bolema**, Rio Claro (SP), v. 24, n. 39, p. 495-514, ago. 2011.

FIGUEIREDO, H.; RODRIGUES, C. K.; CASTILHO, C.. Investigação da Construção do Conhecimento em Medidas de Tendência Central Utilizando a Engenharia Didática. **Perspectivas da Educação Matemática**, INMA/UFMS, v. 15, n. 40, 2022. DOI 10.46312/pem.v15i40.13241.

LIMA, R. F. Ensino de Probabilidade como Objeto de Pesquisa: o que vem sendo investigado? **ReviSeM - Revista Sergipana de Matemática e Educação Matemática**, Sergipe, n.1, ano 2021, p. 276–295. Disponível em: <<https://periodicos.ufs.br/ReviSe/article/view/14519/11853>> Acesso em: 10 jul. 2024.

NAGAMINE, C. M. L.; HENRIQUES, A.; UTSUMI, M. C.; CAZORLA, I. M. Análise Praxeológica dos Passeios Aleatórios da Mônica. **Boletim de Educação Matemática - Bolema**, Rio Claro (SP), v. 24, n. 39, p. 451-472, ago. 2011.

PETTICREW, M.; ROBERTS, H.] **Systematic reviews in the social sciences: a practical guide**. 1st ed. Malden, MA: Blackwell Publishing, 2006.

POMMER, E. C. A Contribuição da Engenharia Didática para a Formação do Professor de Matemática. **Revista Brasileira de Educação Matemática**, v. 10, n. 1, p. 45-60, 2013.

PRATES, E.; MATOS, J. R. Educação Matemática e Educação a Distância: uma revisão sistemática da literatura. **Bolema**, Rio Claro (SP), v. 34, n. 67, p. 522-543, ago. 2020

SANTANA, M. G.; CAZORLA, I. M.; UTSUMI, M. C. Ensino de função afim por meio da Educação Estatística: uma abordagem com variáveis antropométricas. **Boletim de Educação Matemática - Bolema**, Rio Claro (SP), v. 35, n. 69, p. 123-145, 2021.

ZAWACKI-RICHTER, O. *et al.* (ed.). **Systematic Reviews in Educational Research**. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2020. E-book. ISBN 9783658276010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-27602-7>. Acesso em: 11 fev. 2024.

HISTÓRICO

Submetido: 20 de agosto de 2024.

Aprovado: 15 de outubro de 2024.

Publicado: 13 de dezembro de 2024.