

# Pesquisas em Educação Matemática no Instituto Freudenthal: Apontamentos de um Mapeamento de 2000 a 2019

## *Research in Mathematics Education at the Freudenthal Institute: Notes from a Map from 2000 to 2019*

Fernanda Boa Sorte Rocha\*<sup>a</sup>; Regina Luzia Corio de Buriasco<sup>a</sup>; Gabriel dos Santos e Silva<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Universidade Estadual de Londrina. PR, Brasil.

<sup>b</sup>Universidade Federal do Paraná. PR, Brasil.

\*E-mail: fernandabsrocha@outlook.com

---

### Resumo

Este artigo apresenta aspectos de um mapeamento de publicações escritas de pesquisadores do Instituto Freudenthal (IF), no período de 2000 a 2019, com o intuito de contribuir para a compreensão do que vem sendo produzido em Educação Matemática, principalmente no que concerne à Educação Matemática Realística (RME). Entende-se o Mapeamento de Pesquisas como um processo sistemático de levantamento e descrição de informações relacionadas à estrutura de uma área de estudo, levando em consideração tempo e espaço determinados. Para esse mapeamento, consideraram-se 32 pesquisadores vinculados ao IF em 2018, dos quais foram selecionados 230 trabalhos publicados no período determinado, em português, inglês ou espanhol, disponíveis gratuitamente na Internet e com resumos disponibilizados pelos próprios autores. A partir dos resumos dos trabalhos alcançados no levantamento, seguindo os critérios estabelecidos, identificaram-se unidades de análise que resultaram em 13 agrupamentos relativos aos temas dos trabalhos. Mostraram-se recorrentes as pesquisas relativas ao Ensino de Matemática, aos Estudantes e às Ferramentas Educacionais e Tecnologias Digitais no e para o ambiente de sala de aula. Esses três maiores agrupamentos somam mais da metade do total de publicações alcançadas. Além disso, percebe-se uma quantidade crescente de publicações relativas à Avaliação e ao Ensino de Matemática. O mapeamento apresentado não esgota os estudos das publicações em Educação Matemática no Instituto Freudenthal, mas pode contribuir para o desenvolvimento de outras investigações e colocar à vista temas significativos na constituição do campo teórico da RME e experiências que busquem resolver dificuldades da prática pedagógica.

**Palavras-chave:** Educação Matemática. Educação Matemática Realística. Mapeamento de Pesquisas. Instituto Freudenthal.

### Abstract

*This article aims to present aspects of a map of written publications by researchers at the Freudenthal Institute (FI), from 2000 to 2019, to contribute to the understanding of what has been produced in Mathematics Education, mainly with regard to Realistic Mathematics Education (RME). The Research Mapping is understood as a systematic process of surveying and describing information related to the structure of a study area, taking into account certain time and space. For this mapping, consider 32 researchers linked to the IF in 2018, from which 230 publications published in the given period, in portuguese, english or spanish, available free of charge on the Internet and with abstracts provided by the authors themselves, were selected. Based on the abstracts of the 230 publications obtained in the survey, following the established criteria, units of analysis were identified that resulted in 13 groups related to the themes of the publications. Research related to Mathematics Teaching, Students and Educational Tools and Digital Technologies in and for the classroom environment were recurrent. These three largest groups account for more than half of the total publications reached. Furthermore, there is a growing number of publications related to Assessment and Mathematics Teaching. The map presented here does not exhaust the studies of publications in Mathematics Education at the Freudenthal Institute, but it can contribute to the development of other investigations and highlight significant themes in the constitution of the theoretical field of RME and experiences that seek to solve difficulties in pedagogical practice.*

**Keywords:** Mathematics Education. Realistic Mathematics Education. Research Mapping. Freudenthal Institute.

---

## 1 Introdução

A Educação Matemática Realística (RME) é uma abordagem ao ensino de matemática preconizada pelo matemático alemão Hans Freudenthal (1905 - 1990) a partir da década de 1960. Desde então, as compreensões do que são ensino, aprendizagem, avaliação e matemática vêm sendo repensadas, e muitos autores, influenciados pelo trabalho desse estudioso, têm incorporado a RME às suas pesquisas em Educação Matemática.

Em Utrecht, nos Países Baixos, pesquisadores vinculados ao Instituto Freudenthal (IF), na Faculdade de Ciências

da Universidade de Utrecht, continuam desenvolvendo diversas pesquisas que visam contribuir para o ensino de matemática e de ciências naturais, integrando ideias da RME às suas pesquisas. Atualmente, o Instituto conta com grupos de pesquisa em Educação Científica (Biologia, Física, Química e Matemática), com um programa para estimular o desenvolvimento de talentos nas ciências do ensino secundário, chamado *U-Talent*, e com laboratórios de ensino e aprendizagem.

No Brasil, membros do Grupo de Estudo e Pesquisa em Educação Matemática e Avaliação (GEPEMA) têm

se dedicado a estudar a Educação Matemática Realística como um de seus temas. Um dos trabalhos desenvolvidos no âmbito do grupo é a promoção da pesquisa, do estudo e da discussão de publicações relacionadas aos seus temas de estudo, além da busca pelo acesso à maior quantidade dessas publicações presentes na literatura, notabilizando a relevância do mapeamento realizado.

Dessa forma, com a intenção de contribuir para a compreensão da amplitude e para a difusão do que vem sendo produzido em Educação Matemática, principalmente no que concerne à RME, este artigo objetiva apresentar um mapeamento<sup>1</sup> das publicações de pesquisadores do Instituto Freudenthal sobre esse tema, no período de 2000 a 2019. O recorte temporal foi delimitado para lidar com a alta

quantidade de publicações dos autores do IF.

## 2 O Instituto Freudenthal e a Educação Matemática Realística

A RME surgiu, por volta da década de 1960, como uma resistência neerlandesa ao ensino mecanicista, que prevalecia no país, ao ensino estruturalista, proposto pelo Movimento da Matemática Moderna, e ao ensino empirista, predominante na Educação Matemática da Inglaterra (Quadro 1). Historicamente, um dos marcos do desenvolvimento da RME foi a fundação, em 1968, do projeto *Wiskobas* (“Matemática nas Escolas Primárias”), que visava à modernização da Educação Matemática nas escolas secundárias nos Países Baixos.

**Quadro 1** – Algumas características das abordagens mecanicista, estruturalista e empirista

Abordagem	Algumas características
Mecanicista	<ul style="list-style-type: none"> <li>● foco em cálculos em problemas com números “nus”, dando-se uma pequena atenção às aplicações (Van den Heuvel-Panhuizen, 2010, p. 4);</li> <li>● a matemática é ensinada de forma fragmentada (Van den Heuvel-Panhuizen, 2010, p. 4);</li> <li>● problemas de contexto são utilizados para concluir o processo de aprendizagem; funcionam apenas como campo de aplicação (Van den Heuvel-Panhuizen, 2001, p. 4);</li> <li>● o conteúdo é dividido em pequenas partes, sem sentido, em que os estudantes dispõem de procedimentos de resolução fixos, sendo treinados, individualmente, por meio de exercícios (Van den Heuvel-Panhuizen, 2001, p. 4);</li> <li>● o problema não é tomado como ponto de partida (Treffers &amp; Goffree, 1985, p.99).</li> </ul>
Estruturalista	<ul style="list-style-type: none"> <li>● abordagem derivada do Movimento da Matemática Moderna (Van den Heuvel-Panhuizen, 2010, p. 4);</li> <li>● o problema é apresentado enquanto se estuda o conteúdo utilizado para resolvê-lo (Treffers &amp; Goffree, 1985, p. 99);</li> <li>● após o trabalho com um problema, os estudantes precisam mostrar que compreenderam por meio de outro problema (Treffers &amp; Goffree, 1985, p.99).</li> </ul>
Empirista	<ul style="list-style-type: none"> <li>● os estudantes são estimulados a realizar investigações, ficando muitas vezes livres, por si (Van den Heuvel-Panhuizen, 2010, p.4);</li> <li>● é dada grande atenção à esquematização preliminar dos estudantes ao resolver um problema, esperando-se que comecem formulando hipóteses; essas hipóteses são discutidas e testadas (Treffers &amp; Goffree, 1985, p.99);</li> <li>● não é dada tanta atenção ao fechamento matemático após a resolução dos problemas (Treffers &amp; Goffree, 1985, p. 99);</li> <li>● buscaram-se os pontos de partida dos estudos na esfera dos interesses dos estudantes (Treffers &amp; Goffree, 1985, p.101).</li> </ul>

Fonte: Silva (2015).

De acordo com Van den Heuvel-Panhuizen e Drijvers (2014), os fundadores do projeto *Wiskobas*, Edu Wijdeveld, Fred Goffree e Adrian Treffers, criaram as bases para a RME, seguindo as ideias de Hans Freudenthal. Em 1971, a vinculação desse projeto ao Instituto de Desenvolvimento da Educação Matemática (IOWO<sup>2</sup>), fundado e dirigido por Freudenthal na época, impulsionou a reforma no ensino e proporcionou que o projeto se desenvolvesse profissionalmente. Posteriormente, em 1991, o IOWO passou a se chamar Instituto Freudenthal, em homenagem ao precursor da RME, que morrera um ano antes.

Uma das ideias apresentadas por Freudenthal, consideradas no contexto da reforma educacional que estava acontecendo, era a da matemática como “uma atividade

humana simultaneamente natural e social, tal como a palavra, o desenho e a escrita” (Freudenthal, 1979, p.321).

Para a RME, o ensino da matemática é iniciado a partir de problemas em contextos ricos que demandam “organização matemática ou, em outras palavras, podem ser matematizados e colocar os alunos no caminho de estratégias informais de solução relacionadas ao contexto como um primeiro passo no processo de aprendizagem” (Van den Heuvel-Panhuizen & Drijvers, 2014, p.523, tradução nossa).

Tomando a matemática como uma atividade humana, os estudantes são participantes ativos no processo de aprendizagem e passam por diversos estágios de compreensão, desde modelos menos formais a modelos mais formais. São propostas situações significativas para os estudantes em que

<sup>1</sup> O mapeamento completo foi apresentado em uma dissertação de mestrado intitulada “Um mapeamento de publicações em Educação Matemática no Instituto Freudenthal de 2000 a 2019” (Rocha, 2021).

<sup>2</sup> Sigla do neerlandês: *Instituut voor Ontwikkeling van het Wiskunde-Onderwijs*.

suas produções são valorizadas, mesmo quando se valem de estratégias menos formais. Um dos papéis do professor, nesse contexto, é o de guia, de orientador dos estudantes, em busca de que suas produções se tornem mais formais, auxiliando-os a atingir outros níveis de compreensão (Silva, 2015).

Para a RME, o foco do currículo de matemática é a conexão e a coerência entre estruturas e conceitos matemáticos. Desse modo, não se consideram os domínios da matemática como faixas isoladas e sem conexão, mas como uma forte rede de assuntos entrelaçados. Assim como os domínios dentro da matemática são interligados, os de outras disciplinas também estão conectados entre si.

A Educação Matemática Realística não está finalizada, nem é fixa, mas está em constante desenvolvimento (Van den Heuvel-Panhuizen, 2019). Ao longo dos anos, foram realizadas diversas contribuições e ênfases de grupos neerlandeses e de outras nacionalidades relacionadas à abordagem. As ideias de Hans Freudenthal, bem como as ações desenvolvidas por Treffers, Goffree e Wijdeveld no projeto IOWO, são um ponto de partida para a compreensão dessa abordagem de ensino. Cabe, portanto, aos pesquisadores do Instituto Freudenthal e de outros países buscar fortalecer as bases teóricas e empíricas da Educação Matemática Realística.

Assim, a produção em Educação Matemática Realística no Instituto Freudenthal se renova constantemente, emergindo outras ideias, ênfases em assuntos e problemáticas. Isso justifica a necessidade da realização de um mapeamento contínuo dos temas das produções desses autores, bem como a compreensão de seu desenvolvimento.

### 3 Procedimentos da Pesquisa

Esta pesquisa é qualitativa, e optou-se por trabalhar com o Mapeamento como método de investigação. De acordo com Barbosa (2018), esse método se configura como um estudo bibliográfico de síntese de literatura em que se descreve a estrutura de uma área de pesquisa abordando, por exemplo, quantidades, distribuições espaciais, temas, abordagens teóricas e metodológicas. Segundo Ferreira (2002), durante esse processo sistemático de levantamento e descrição de informações, a interação com a produção acadêmica resulta na visualização de narrativas do desenvolvimento das pesquisas ao longo do tempo.

Esse tipo de estudo tem como característica o desenvolvimento de procedimentos metódicos e rigorosos, que carecem da delimitação de um determinado espaço e

período de tempo. No caso desta pesquisa, a escolha pela análise das publicações de autores<sup>3</sup> vinculados<sup>4</sup> ao Instituto Freudenthal se justifica pela importância histórica do Instituto para o desenvolvimento de diversos aspectos da Educação Matemática Realística. O período de 2000 a 2019 foi definido após analisar o volume de publicações desses autores e finalizado no ano de desenvolvimento da pesquisa de mestrado que resultou no mapeamento completo.

Para selecionar os textos que seriam analisados, já partindo dessa delimitação prévia de espaço e tempo, consideraram-se outros critérios: poderiam ser artigos, livros, capítulos de livros, dissertações ou teses; deveriam estar disponíveis gratuitamente e na íntegra para download e escritos em português, inglês ou espanhol, por conta da validação das traduções para a língua materna dos pesquisadores.

Seguindo esses critérios para os 32 autores selecionados nos vinte anos definidos, identificaram-se 307 títulos. Um primeiro levantamento<sup>5</sup> dos textos foi realizado no primeiro semestre de 2018, em colaboração com os membros do GEPEMA. Em janeiro de 2020, a primeira autora do trabalho complementou o levantamento existente, obtendo a quantidade citada anteriormente.

Oito dos 32 autores considerados inicialmente não farão parte do mapeamento, porque seus trabalhos disponíveis até o momento do levantamento não se enquadravam nos critérios estabelecidos, uma vez que não estavam disponíveis gratuitamente, os textos foram escritos em outros idiomas, além de português, inglês e espanhol, ou apenas seus resumos estavam disponíveis. Esses oito autores são: Mieke Abels, Paul Bergervoet, Joke Daemen, Melde Gilissen, Martin Kindt, Jo Nelissen, Huub Nilwik e Gert van der Plas.

Devido ao volume de títulos encontrados e ao tempo para a finalização do mapeamento, considerou-se a análise dos resumos disponibilizados pelos autores em suas publicações. Com esse novo critério, apresentação de resumos pelos autores de cada texto, a quantidade de trabalhos do corpus da pesquisa diminuiu para 230.

A análise dos resumos, sem consultas aos textos na íntegra, é viável para este mapeamento, visto que o foco são os temas<sup>6</sup> das publicações e as normas da Associação Americana de Psicologia (APA<sup>7</sup>), assim como da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), indicam a necessidade de apresentar o tema ou a enunciação do problema de pesquisa nos resumos. Considera-se, também, que resumos seguem um padrão de estruturação e apresentam, de maneira sucinta

3 Aad Goddijn, Amy Besamusca, Arthur Bakker, Dédé de Haan, Dolly van Eerde, Frans van Galen, Gert van der Plas, Huub Nilwik, Jan van Maanen, Jo Nelissen, Joke Daemen, Lonke Boels, Marc van Zanten, Marianne van Dijke-Droogers, Marja van den Heuvel-Panhuizen, Monica Wijers, Nathalie van der Wal, Paul Bergervoet, Paul Drijvers, Peter Boon, Rogier Bos, Ronald Keijzer, Sietske Tacoma, Martin Kindt, Mieke Abels, Sylvia van Borkulo, Vincent Jonker, Wil Oonk, Xiaoyan Zhao, Melde Gilissen, Michiel Doorman e Michiel Veldhuis.

4 Os autores cujas produções foram analisadas no mapeamento foram identificados no site da Universidade de Utrecht em 2018. <<https://www.uu.nl/medewerkers/organogram/BETA/83/374/420>>. Acesso em: 19 de março de 2018.

5 Para o levantamento dos textos, os currículos dos trinta e dois autores foram consultados no site da Universidade de Utrecht. <<https://www.uu.nl/medewerkers/organogram/beta/83/374/420>>. Acesso em: janeiro de 2020.

6 “Proposição, assunto que se quer desenvolver ou provar” (Houaiss, 2009).

7 Sigla do inglês “*American Psychological Association*”.

e objetiva, uma visão geral do que será apresentado no corpo do texto. Para Ferreira (2002, p. 268), “um conjunto de resumos organizados em torno de uma determinada área do conhecimento (...) pode nos contar uma História de sua produção acadêmica”.

Após a composição do corpus da pesquisa, os resumos dos textos selecionados foram organizados em um quadro e traduzidos para a língua portuguesa pela primeira autora deste trabalho com o auxílio do Google Tradutor<sup>8</sup>. A fim de validar as traduções, distribuiu-se o material para três membros do GEPEMA, de forma que cada um analisou uma parte dos resumos traduzidos. Além disso, a orientadora e o coorientador da dissertação que originou este artigo também revisaram as traduções.

Dispondo dos resumos traduzidos, identificaram-se unidades de análise, definidas de acordo com os temas principais, que constituíram, a posteriori, os 13 agrupamentos das publicações. Na análise de conteúdo, de acordo com Moraes (1999), as unidades de análise são cada elemento unitário de conteúdo a ser submetido a um possível agrupamento e podem ser palavras, frases, temas, textos na íntegra. Nos resumos, identificaram-se outros temas (secundários) utilizados pelos autores como pano de fundo para o desenvolvimento de suas pesquisas, mas apenas o tema principal foi considerado para a elaboração das unidades de análise.

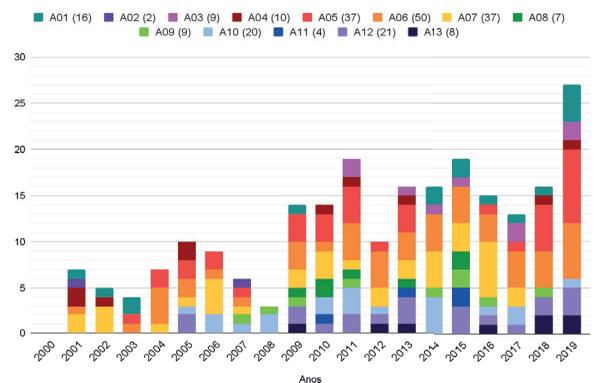
#### 4 O Mapeamento

Considerando as unidades de análise identificadas a partir do inventário dos temas dos 230 trabalhos, definiram-se 13 agrupamentos. Como se considerou apenas o tema principal para a elaboração das unidades de análise, que posteriormente resultaram nos agrupamentos, não houve intersecções entre os agrupamentos, ou seja, eles são disjuntos.

Os agrupamentos identificados são: (A01) Avaliação; (A02) Conceitos Matemáticos; (A03) Conceitos Teóricos

em Educação Matemática; (A04) Currículo; (A05) Ensino de Matemática; (A06) Estudantes; (A07) Ferramentas educacionais e tecnologias digitais no e para o ambiente de sala de aula; (A08) Jogos para o ensino de Matemática; (A09) Livros Didáticos; (A10) Matemática no local de trabalho e no ensino profissionalizante; (A11) Métodos para Pesquisas Educacionais; (A12) Professores e (A13) Tarefas/Problemas Matemáticos. O Gráfico 1 apresenta a variação da quantidade de trabalhos de cada um desses agrupamentos que foram publicados no decorrer dos anos considerados no mapeamento.

**Gráfico<sup>9</sup> 1** - Variação da quantidade de trabalhos de cada agrupamento por ano



Fonte: os autores.

De maneira geral, nota-se um aumento na quantidade total de produções dos autores do Instituto e pondera-se que isso pode ter sido influenciado por dois fatores. O primeiro fator é a maior facilidade de acesso aos textos mais recentes devido ao aumento das publicações on-line em referência ao início do século. Além disso, os pesquisadores considerados para o mapeamento foram listados em 2018, sendo desconsiderados aqueles que estavam vinculados ao Instituto antes desse período.

**Quadro 2** - Quantidade de publicações por autor em cada agrupamento

Pesquisadores	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	A13	Total
Bakker	0	0	7	3	12	19	8	1	0	19	1	6	3	79
Van den Heuvel-Panhuizen	14	0	2	1	13	20	4	3	9	0	0	4	3	73
Drijvers	2	0	0	1	4	13	25	1	0	2	1	8	1	58
Doorman	0	0	0	2	10	3	6	1	1	1	1	7	4	36
Veldhuis	10	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	1	18
Boon	1	0	0	0	0	3	8	0	0	0	0	4	1	17
Wijers	0	0	0	2	2	0	1	2	0	5	0	0	1	13
Van Eerde	0	0	1	0	2	3	0	0	0	0	2	1	0	9
Van Galen	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	7
Jonker	0	0	0	0	1	0	0	1	0	3	0	0	1	6
Zhao	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Bos	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	5
Keijzer	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	5
Tacoma	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	5
Boels	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	4
Besamusca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3

<sup>8</sup> <<https://translate.google.com.br/?hl=pt-BR>>

<sup>9</sup> Em cada gráfico, o total de trabalhos por agrupamento ou por unidade de análise é indicado, entre parênteses, na legenda do gráfico.

Pesquisadores	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	A13	Total
De Haan	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3
Van Dijke-Droogers	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Van Maanen	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	3
Goddijn	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Van der Wal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
Van Zanten	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
Oonk	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Van Borkulo	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1

Fonte: os autores.

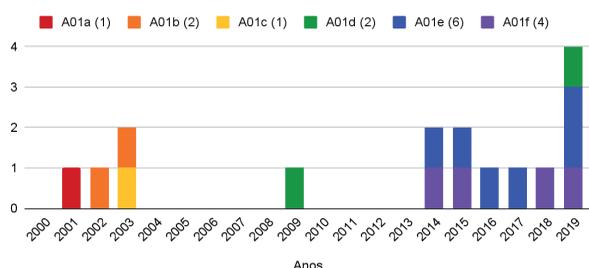
A partir do Quadro 2, que apresenta as quantidades de publicações de cada um dos autores em cada agrupamento, pode-se observar que Bakker, Van den Heuvel-Panhuizen e Drijvers são os autores com mais publicações, totalizando, respectivamente, 79, 73 e 58 trabalhos. De maneira geral, esses três autores apresentam variedade nos temas de seus trabalhos, abrangendo, cada um, 10 dos 13 agrupamentos identificados.

Arthur Bakker apresenta maior frequência de trabalhos no que concerne aos temas Estudantes (A06) e Matemática no local de trabalho e no ensino profissionalizante (A10), com 19 em cada um. Marja van den Heuvel-Panhuizen apresenta mais publicações nos agrupamentos A06 (Estudantes), A01 (Avaliação) e A05 (Ensino de Matemática), com 20, 14 e 13 trabalhos, respectivamente. Paul Drijvers apresenta quase metade (25) de suas publicações referentes ao tema Ferramentas educacionais e tecnologias digitais no e para o ambiente de sala de aula (A07). Além disso, Drijvers apresenta 13 trabalhos relacionados ao Ensino de Matemática (A05).

A seguir, tratar-se-á de cada um dos agrupamentos, apresentando uma descrição de cada uma de suas unidades de análise.

O agrupamento dos trabalhos que têm como tema a Avaliação (A01) reuniu 16 dos 230 trabalhos do corpus deste artigo. Esse agrupamento conta com seis unidades de análise, a saber: (A01a) avaliação da aprendizagem, (A01b) design da avaliação; (A01c) instrumentos de avaliação informativos; (A01d) tecnologias digitais para a avaliação em matemática; (A01e) técnicas de avaliação em sala de aula e (A01f) práticas avaliativas de professores.

**Gráfico 2** - Variação da quantidade de trabalhos por unidades de análise referentes ao agrupamento Avaliação (A01)



Fonte: os autores.

Os textos com tema Avaliação representam 6,96% dos 230 trabalhos analisados para o mapeamento. Observa-se um maior volume nos trabalhos que concernem ao uso de técnicas

de avaliação em sala de aula (*classroom assessment technique* – CAT) (A01e), seguidos por aqueles que tratam de práticas de avaliação dos professores (A01f).

No início da primeira década dos anos 2000, foram identificados trabalhos referentes à avaliação da aprendizagem dos estudantes (A01a), ao design da avaliação (A01b) e a instrumentos de avaliação informativos (A01c), todos com participação de Van den Heuvel-Panhuizen.

Os trabalhos que tratam do uso de tecnologias para a avaliação (A01d), identificados neste mapeamento, foram publicados com 10 anos de diferença (2009 e 2019). Ainda que tenham sido encontrados diversos trabalhos relacionados ao uso de tecnologias em sala de aula, apresentados em outro agrupamento, pouco se encontrou sobre o uso desses recursos para a avaliação.

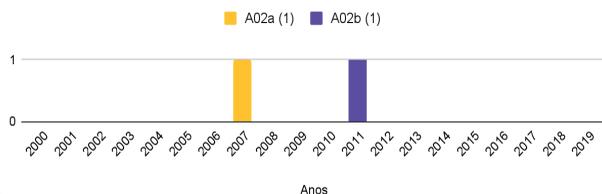
Na segunda década dos anos 2000, foram identificados mais trabalhos que tratam do uso das CAT (A01e), que são atividades simples e focadas que munem os professores de informações dos estudantes e os orientam na tomada de decisões sobre o ensino. Além disso, nesse período, foi possível observar trabalhos que se focam nas práticas de avaliação de professores (A01f), investigando suas opiniões e seus perfis de avaliação.

Em relação à autoria dos trabalhos desse agrupamento, observa-se que Van den Heuvel-Panhuizen participou de 14 das 16 publicações levantadas, indicando que os trabalhos da autora são uma forte referência nas pesquisas que abordam avaliação na Educação Matemática Realística.

Foram identificados dois trabalhos que trazem como tema *Conceitos Matemáticos* (A02), distribuídos em duas unidades de análise: (A02a) demonstrações de conceitos matemáticos e (A02b) propriedades matemáticas.

Os trabalhos que tratam de *Conceitos Matemáticos* representam 0,87% dos 230 trabalhos considerados no mapeamento, sendo o menor agrupamento encontrado. Em nenhum resumo dos trabalhos desse agrupamento são apresentados indícios de aspectos relacionados diretamente com a Educação Matemática Realística, ainda que esses autores fizessem parte do Instituto Freudenthal. Dos autores dessas publicações, Godijn (de A02a) e Bos (de A02b) apresentam, respectivamente, um e cinco trabalhos em outros agrupamentos envolvendo outros temas da Educação Matemática identificados neste mapeamento.

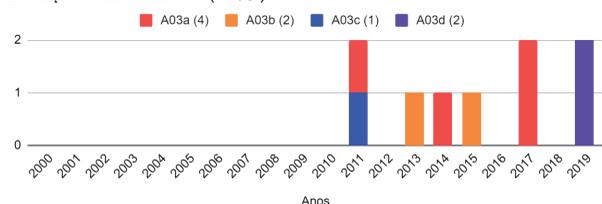
**Gráfico 3** - Variação da quantidade de trabalhos por unidades de análise referentes ao agrupamento Conceitos Matemáticos (A02)



Fonte: os autores.

O terceiro agrupamento do mapeamento, *Conceitos Teóricos em Educação Matemática* (A03), conta com 9 dos 230 títulos alcançados. Esses nove trabalhos estão distribuídos em quatro unidades de análise, (A03a) Inferencialismo, (A03b) Andaimos, (A03c) Cruzamento de Fronteiras, (A03d) Didática da Matemática na Europa.

**Gráfico 4** - Variação da quantidade de trabalhos por unidades de análise referentes ao agrupamento Conceitos teóricos em Educação Matemática (A03)



Fonte: os autores.

Todos os trabalhos desse agrupamento datam da segunda década dos anos 2000 e representam 3,91% dos 230 trabalhos analisados neste artigo. A unidade de análise com maior quantidade de trabalhos é a que aborda o Inferencialismo (A03a), teoria que é apresentada como alternativa ao Socioconstrutivismo e ao Construtivismo por alguns autores. Também é possível identificar indícios do uso do Inferencialismo como base teórica em trabalhos de outros agrupamentos, como Ensino (A05) e Matemática no local de trabalho e no ensino profissionalizante (A10).

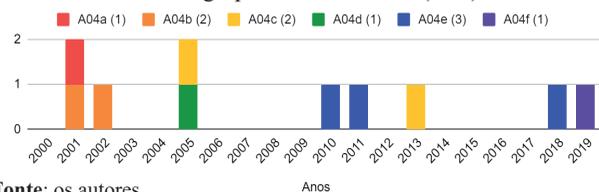
Como é possível observar no Quadro 2, Bakker é o autor com maior participação nos trabalhos desse agrupamento, estando presente em todas as publicações, com exceção àquelas referentes à Didática da Matemática na Europa (A03d), de autoria de Van den Heuvel-Panhuizen.

*Currículo* é tema de 10 dos 230 trabalhos analisados neste artigo. Para compor esse agrupamento, uniram-se seis unidades de análise, a saber: (A04a) desenvolvimento de currículos, (A04b) currículos baseados na abordagem RME, (A04c) influências externas na elaboração de currículos, (A04d) o que aprender de acordo com os currículos, (A04e) coerência de currículos e (A04f) influência do currículo em exames nacionais e no desempenho dos alunos.

Os trabalhos com temas em Currículo representam 4,35% dos 230 trabalhos do corpus desse mapeamento. Os nove trabalhos são bem distribuídos temporalmente, de forma que, mais pro início do século, tratam do desenvolvimento de currículos (A04a), de currículos baseados na RME (A04b) e do que os estudantes têm que aprender em matemática

de acordo com o currículo estabelecido pelo Ministério da Educação Neerlandês (A04d).

**Gráfico 5** - Variação da quantidade de trabalhos por unidades de análise referentes ao agrupamento Currículo (A04)



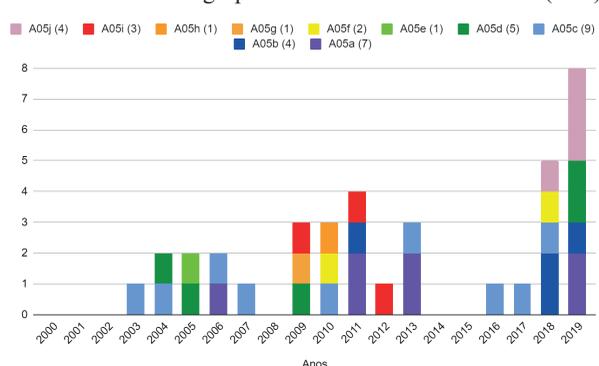
Fonte: os autores.

Com um intervalo de oito anos (2005 e 2013), foram feitas pesquisas que tratam das influências externas na elaboração de currículos (A04c), e essas influências são apresentadas, principalmente, em razão de mudanças na sociedade e de programas de exames externos. Seguindo um sentido oposto, já para o final da segunda década do século XXI, houve estudos das influências do currículo em exames nacionais e no desempenho dos alunos (A04f).

Das publicações distribuídas entre as unidades de análise, a maior quantidade se encontra nos trabalhos que tratam da coerência dos currículos (A04e). Esses trabalhos vão desde a identificação do que é considerado um currículo coerente até a sua projeção e implementação. Em relação às autorias, notam-se mais frequentes Bakker, Doorman e Wijers.

*Ensino de Matemática* é tema de 37 dos 230 trabalhos desse mapeamento. Para formar esse agrupamento, foram reunidas 10 unidades de análise a saber: (A05a) design do ensino, (A05b) desenvolvimento e avaliação de trajetórias de aprendizagem, (A05c) estratégias de ensino, (A05d) conteúdos matemáticos em sala de aula, (A05e) escolha de conteúdos para o ensino, (A05f) reformas educacionais, (A05g) uso de modelos no ensino, (A05h) uso de práticas autênticas no ensino, (A05i) modos e elementos do ensino e (A05j) ambientes de aprendizagem incorporados.

**Gráfico 6** - Variação da quantidade de trabalhos por unidades de análise referentes ao agrupamento Ensino de Matemática (A05)



Fonte: os autores.

O agrupamento de trabalhos que tratam do Ensino de Matemática representa 16,09% dos 230 considerados nesse mapeamento. Em conjunto com o agrupamento de trabalhos que tratam de Ferramentas educacionais e tecnologias digitais para e no ensino (A07), o quinto agrupamento deste

mapeamento está em segundo lugar no que se refere à maior quantidade de trabalhos agrupados.

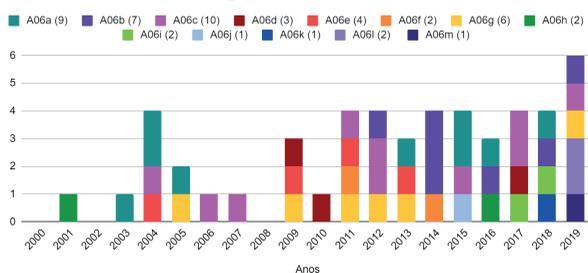
A unidade de análise desse agrupamento que contém mais trabalhos é a que trata de estratégias de ensino (A05c), seguida por design do ensino (A05a). A unidade A05c, que reúne nove trabalhos, investiga estratégias de ensino: ensino a partir de um estudo histórico, reinvenção guiada, resolução de problemas, aprendizagem baseada na inquirição<sup>10</sup>. Em relação aos trabalhos da unidade A05a, os autores abordam o desenvolvimento de sequências, atividades, materiais de ensino e, em cinco das sete publicações, explicitam, no resumo, o uso da RME como base teórica para a sua pesquisa.

Em 2018 e 2019, observa-se um crescimento nas pesquisas de A05j que abordam ambientes de aprendizagem incorporados, ou seja, aqueles em que as experiências corporais e sensoriais dos alunos são vistas como essenciais nas atividades de aprendizagem. Dentre os 15 autores considerados que têm participação nesse agrupamento, destacam-se Van den Heuvel-Panhuizen, Bakker e Doorman, com 13, 12 e 10 publicações, respectivamente.

*Estudantes* foi o tema de 50 dos 230 trabalhos desse mapeamento. Para a construção desse agrupamento, foram listadas 13 unidades de análise, (A06a) desempenho dos estudantes em Matemática, (A06b) dificuldade dos estudantes em Matemática, (A06c) raciocínio desenvolvido pelos estudantes, (A06d) percepções dos estudantes, (A06e) processo de aprendizagem dos estudantes, (A06f) gestos dos estudantes, (A06g) estratégias e procedimentos de resolução de problemas, (A06h) desenvolvimento conceitual, (A06i) modelos de alunos como fonte de informação, (A06j) potencial matemático dos estudantes, (A06k) escolhas dos estudantes, (A06l) cognição matemática dos estudantes e (A06m) mentalidade de crescimento dos estudantes.

Os trabalhos que investigam aspectos relacionados aos estudantes são os que mais aparecem no mapeamento, sendo 21,74% do total analisado. Das publicações desse agrupamento, a unidade A06c, de trabalhos que tratam do raciocínio desenvolvido pelos estudantes, apresentou a maior quantidade de trabalhos reunidos nesse agrupamento, e esse tema está, geralmente, envolvido no contexto da Estatística.

**Gráfico 7** - Variação da quantidade de trabalhos por unidades de análise referentes ao agrupamento Estudantes (A06)



Fonte: os autores.

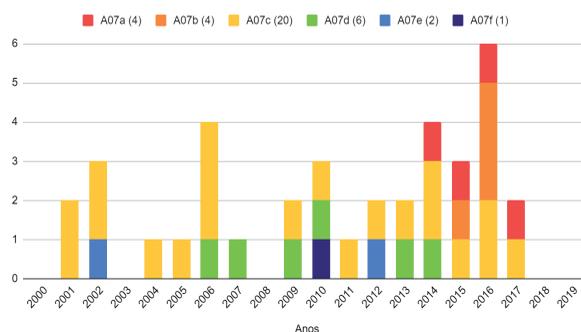
A segunda unidade de análise com mais trabalhos neste agrupamento é a A06a, que trata do desempenho dos estudantes em Matemática, muitas vezes sendo consideradas as pontuações em exames em larga escala como referência para a justificativa da realização das pesquisas. Como é possível observar no Quadro 02, Van den Heuvel-Panhuizen é a autora com mais trabalhos nesse agrupamento, seguida de Drijvers e Bakker.

Dos 230 trabalhos analisados neste artigo, 37 tratam de *Ferramentas educacionais e Tecnologias Digitais no e para o ambiente de sala de aula* (A07). Foram identificadas seis unidades de análise decorrentes desses trabalhos: (A07a) efeitos da tecnologia na aprendizagem; (A07b) uso de ferramentas e tecnologias digitais e as atividades sensório-motoras; (A07c) uso de ferramentas e tecnologias digitais em sala de aula; (A07d) design e avaliação de ferramentas educacionais; (A07e) contraste de ferramentas educacionais e métodos de ensino e (A07f) teorias acerca da tecnologia para o ensino.

Os trabalhos nesse tema são 16,09% do total dos 230 trabalhos do mapeamento, sendo o segundo maior agrupamento, como já apontado anteriormente. A maior unidade de análise de A07 é aquela que envolve o uso de tecnologias digitais em sala de aula (A07c), com vinte (20) publicações distribuídas em quase todos os anos analisados (com exceção dos anos de 2003, 2007, 2008, 2018 e 2019). O ápice das publicações dessa unidade é em 2006, com trabalhos de Kieran e Drijvers relacionados a ambientes de álgebra computacional.

Observa-se que a quantidade de trabalhos reunidos na unidade A07c é significativamente maior que a da segunda maior unidade de análise desse agrupamento, que trata do design e da avaliação de ferramentas educacionais (A07d). Os seis trabalhos dessa unidade foram publicados entre 2006 e 2014.

**Gráfico 8** - Variação da quantidade de trabalhos por unidades de análise referentes ao agrupamento Ferramentas educacionais e Tecnologias Digitais no e para o ambiente de sala de aula (A07)



Fonte: os autores.

Em 2016, nota-se um aumento nas publicações referentes ao uso de ferramentas e tecnologias digitais e as atividades sensório-motoras (A07b), unidade que contou

10 Do inglês: *Inquiry Based Learning* (IBL).

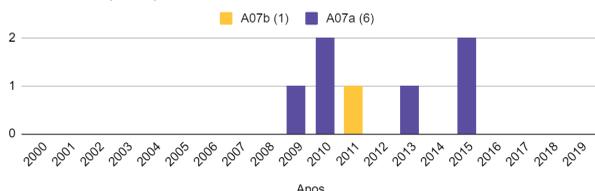
com a participação assídua de Bakker (com seis de seus oito trabalhos nesse agrupamento).

Assim como apresentado no Quadro 2, percebe-se Drijvers como uma referência para a pesquisa na área, uma vez que participou de 25 das 37 publicações que abordam o tema desse agrupamento, sendo o autor que mais publicou.

De maneira geral, os trabalhos que abordam as Ferramentas Educacionais e Tecnologias digitais no e para o ambiente de sala de aula estão bem distribuídos em relação aos anos de publicação, sendo os primeiros em 2001, já com a colaboração de Drijvers, descrevendo e analisando aplicações de ferramentas e tecnologias digitais em sala de aula no contexto da Álgebra.

*Jogos para o ensino de Matemática* é o tema de 7 dos 230 trabalhos que compõem o corpus deste artigo. Para a elaboração desse agrupamento, foram reunidas duas unidades de análise: (A08a) jogos digitais para o ensino de Matemática e (A08b) jogos não digitais para o ensino de Matemática.

**Gráfico 9** - Variação da quantidade de trabalhos por unidades de análise referentes ao agrupamento Jogos para o ensino de Matemática (A08)



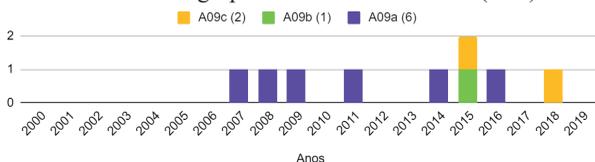
Fonte: os autores.

Os trabalhos com temas em Jogos para o ensino de Matemática são 3,04% dos 230 trabalhos do mapeamento. De todos os trabalhos desse agrupamento, apenas um não trata de jogos digitais de matemática, publicado em 2011, abordando jogos tradicionais indonésios.

Van den Heuvel-Panhuizen foi a autora que mais participou da publicação de trabalhos nesse agrupamento, totalizando três dos sete reunidos, todos eles referentes aos trabalhos com jogos digitais. O trabalho que aborda o uso de jogos tradicionais indonésios foi desenvolvido por Doorman e Keijzer, em parceria com Ariyadi Wijaya, da *Yogyakarta State University*, na Indonésia.

*Livros didáticos* é tema de 9 dos 230 trabalhos que compõem o corpus deste artigo. Em geral, os artigos desse agrupamento tratam de: (A09a) o uso de livros ilustrados como oportunidade de aprendizagem, (A09b) oportunidades de aprendizagem oferecidas por livros didáticos e (A09c) livros didáticos em diferentes épocas e contextos.

**Gráfico 10** - Variação da quantidade de trabalhos por unidades de análise referentes ao agrupamento Livros didáticos (A09)



Fonte: os autores.

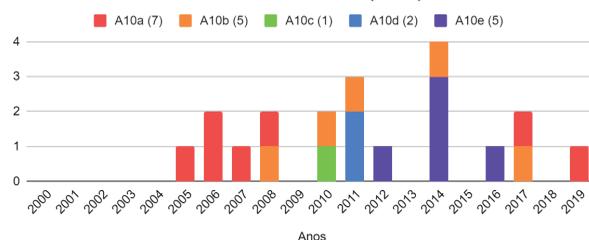
Os trabalhos com o tema Livros Didáticos representam 3,91% dos 230 trabalhos analisados neste artigo. Das publicações desse agrupamento, a maior quantidade se encontra nos trabalhos que envolvem os livros ilustrados como oportunidade de aprendizagem para alunos que estão no jardim de infância, que totalizam seis publicações realizadas entre 2007 e 2016.

Levando em consideração o Quadro 02, nota-se que Van den Heuvel-Panhuizen tem grande influência em pesquisas referentes a livros didáticos voltados para o ensino, visto que integra a autoria de todos os trabalhos levantados para o mapeamento que tratam desse tema. Em 2015 e em 2018, foram realizadas pesquisas referentes à evolução dos currículos em relação ao tempo e, especificamente no primeiro trabalho, foram investigadas as influências da Educação Matemática Realística nos materiais.

*Matemática no local de trabalho e no Ensino Profissionalizante* foi tema de 20 dos 230 trabalhos considerados no mapeamento. Foram identificadas cinco unidades de análise para a construção desse agrupamento: (A10a) Literacias Tecno-matemáticas no local de trabalho; (A10b) Estatística no local de trabalho; (A10c) Ensino profissionalizante baseado em competências; (A10d) Medição no local de trabalho e (A10e) Integrações entre o ensino profissionalizante e o local de trabalho.

Os trabalhos que abordam a Matemática no local de trabalho e no ensino profissionalizante são 8,70% dos 230 trabalhos analisados neste artigo. Das publicações desse agrupamento, a maior unidade de análise identificada foi a que trata das Literacias Tecno-matemáticas, com sete trabalhos, todos eles com colaboração de Bakker. De maneira geral, esse mesmo autor é o que mais participou dos trabalhos publicados com esse tema, totalizando 19 produções.

**Gráfico 11** - Variação da quantidade de trabalhos por unidades de análise referentes ao agrupamento Matemática no local de trabalho e no Ensino Profissionalizante (A10)



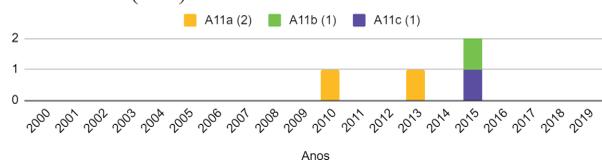
Fonte: os autores.

O tema Métodos para Pesquisas Educacionais está presente em 4 dos duzentos e 230 trabalhos analisados neste mapeamento. Com esses quatro trabalhos, foram identificadas três unidades de análise: (A11a) Design Research; (A11b) Design-based Research e (A11c) Engenharia Didática.

Os trabalhos nesse agrupamento representam 1,74% do total de 230 analisados no artigo. Alguns autores apontam o Design Research e o Design-based Research como nomes diferentes para um método desenvolvido no decorrer do

tempo. No trabalho de 2015, que aborda a noção de Engenharia Didática, os autores responsáveis estabelecem relações entre esse método com o Design Research. Extrapolando esse agrupamento, observa-se que existem mais trabalhos que citam o Design Research como método do que o Design-based Research.

**Gráfico 12** - Variação da quantidade de trabalhos por unidades de análise referentes ao agrupamento Métodos para Pesquisas Educacionais (A11)

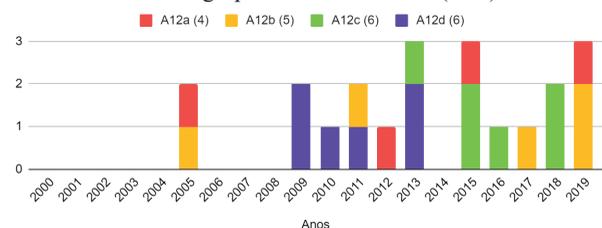


Fonte: os autores.

Nos resumos dos trabalhos desse agrupamento, são citadas a criação de Teorias de Instrução Local e a elaboração de trajetórias hipotéticas de aprendizagem, sem especificar as suas relações ou descrevê-las.

Dos 230 trabalhos do mapeamento, 21 abordam aspectos relacionados aos *Professores*. Para essa agrupamento, foram reunidas quatro unidades de análise: (A12a) percepções e crenças dos professores relativas ao ensino e à aprendizagem; (A12b) aprendizagem dos professores; (A12c) ações dos professores em e para sala de aula e (A12d) professores frente às tecnologias no ensino.

**Gráfico 13** - Variação da quantidade de trabalhos por unidades de análise referentes ao agrupamento Professores (A12)



Fonte: os autores.

Os trabalhos desse agrupamento representam 9,13% dos 230 considerados na pesquisa. A distribuição dos trabalhos nas unidades de análise foi equilibrada, com pouca diferença entre as quantidades reunidas. A maior quantidade de trabalhos está nas unidades A12c e A12d, que tratam, respectivamente, das ações dos professores em e para sala de aula e suas reações frente às tecnologias utilizadas para o ensino.

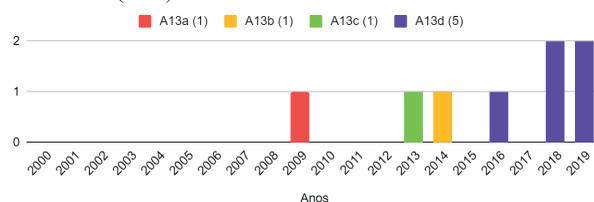
Em relação à unidade de análise A12d, Drijvers colaborou com todos os seis trabalhos que a compõem. Esse mesmo autor foi destaque nas publicações referentes ao uso de tecnologias no e para o ensino. Para a unidade de análise A12c, nota-se a participação de Bakker em cinco dos seis trabalhos reunidos.

De maneira geral, os trabalhos que abordam essa temática estão concentrados, principalmente, na segunda década do século XXI, e os autores mais citados são Drijvers, Doorman e Bakker.

O estudo de *Tarefas / Problemas matemáticos* está presente em 8 dos 230 trabalhos que compõem este artigo. Em geral,

são trabalhos referentes à natureza das tarefas matemáticas (A13a), à natureza de conceitos em tarefas matemáticas (A13b), ao design de tarefas (A13c) e ao uso e efeitos do uso de problemas matemáticos (A13d).

**Gráfico 14** - Variação da quantidade de trabalhos por unidades de análise referentes ao agrupamento Tarefas / Problemas matemáticos (A13)



Fonte: os autores.

Os trabalhos com temas envolvendo Tarefas / Problemas Matemáticos representam 3,47% dos 230 considerados no mapeamento. A unidade de análise com mais trabalhos agrupados é a A13d, que trata do uso e dos efeitos do uso de problemas no ensino de Matemática.

Para esse agrupamento, em que a maioria das publicações (7 de 8) concentra-se após o ano de 2013, observa-se maior recorrência de trabalhos de Doorman, Bakker e Van den Heuvel-Panhuizen.

## 5 Considerações Finais

Este artigo apresenta um mapeamento de produções em Educação Matemática de pesquisadores vinculados ao Instituto Freudenthal, no período de 2000 a 2019, elaborado com a intenção de contribuir para a compreensão da amplitude do que vem sendo produzido na área de acordo com critérios estabelecidos.

De maneira geral, destacam-se Arthur Bakker, Marja van den Heuvel-Panhuizen e Paul Drijvers como autores mais recorrentes no levantamento realizado, com participação em trabalhos com temas variados. A partir de 2009, observa-se o aumento no volume dos trabalhos alcançados. Isso possivelmente ocorreu devido a facilitações para publicação e ao aumento das publicações em revistas on-line ou ao fato de os autores utilizados para a composição do estudo estarem vinculados ao Instituto Freudenthal no ano de 2018.

Os textos dos autores da Educação Matemática Realística apontam para uma quantidade crescente de publicações nos agrupamentos Avaliação e Ensino de Matemática. Em relação ao agrupamento Avaliação, observa-se que, a partir da tese de Veldhuis sobre esse tema, defendida em 2016, sob a orientação de Van den Heuvel-Panhuizen, a quantidade de publicações foi aumentando. Além desse autor, Zhao, pesquisadora chinesa vinculada ao Instituto Freudenthal, também tem desenvolvido pesquisas com Veldhuis e Van den Heuvel Panhuizen acerca do mesmo tema. Em relação ao Ensino de Matemática, destacam-se, nos últimos cinco anos, as unidades de análise (A05b) desenvolvimento e avaliação de trajetórias de aprendizagem e (A05j) ambientes de aprendizagem

incorporados, que merecem um olhar de destaque daqueles que pretendem conhecer a produção mais recente dos autores do IF.

Os temas Conceitos Matemáticos e Jogos para o ensino de Matemática, por sua vez, têm representado uma baixa quantidade de publicações. Infere-se que são temas de trabalhos isolados, não constituindo uma preocupação de pesquisa recente no Instituto Freudenthal.

Por outro lado, os temas Estudantes e Ferramentas educacionais e Tecnologias Digitais no e para o ambiente de sala de aula têm apresentado ampla quantidade de publicações. No tema Estudantes, observa-se uma diversidade grande de assuntos abordados pelos autores. Em relação a Tecnologias Digitais no e para o ambiente de sala de aula, destaque especial pode ser dado a (A07c) uso de ferramentas e tecnologias digitais em sala de aula, que tem aparecido em grande parte dos anos de 2000 a 2019.

Assim como Ferreira (2002) já havia pontuado, pondera-se que o uso de resumos para uma pesquisa de Estado da Arte (e mesmo de Mapeamento) pode limitar o estudo em relação às informações apresentadas pelos autores, que, muitas vezes, se mostram insuficientes, principalmente em relação aos elementos complementares ao tema.

Aponta-se, também, a impossibilidade de alcançar todas as publicações dos trinta e dois autores vinculados ao Instituto no momento em que foi iniciada a pesquisa, como uma das limitações do estudo. Isso decorre da indisponibilidade das publicações on-line e da grande quantidade de parcerias dos autores com outras instituições internacionais, resultando em textos em idiomas diferentes dos escolhidos para a investigação (inglês, português ou espanhol).

Contudo, o artigo, assim como a dissertação, não teve como meta esgotar os estudos que concernem à Educação Matemática Realística do Instituto Freudenthal. Logo, conclui-se salientando que este mapeamento é um estudo introdutório que pode abrir precedentes para outras investigações e pode contribuir para colocar à vista temas significativos para a constituição do campo teórico da abordagem RME e experiências que busquem resolver dificuldades da prática pedagógica.

## Referências

- Barbosa, J.C. (2018). Abordagens teóricas e metodológicas na Educação Matemática: aproximações e distanciamentos. In A.M.P. Oliveira, & M.I.R. Ortigão. *Abordagens teóricas e metodológicas nas pesquisas em Educação Matemática* (pp.17-57). Brasília: SBEM.
- Ferreira, N.S.A. (2002). Pesquisas denominadas Estado da Arte: possibilidades e limites. *Educação e Sociedade*, 1(79), 257-274.
- Freudenthal, H. (1979). Matemática nova ou educação nova? *Perspectivas*, 9(3), 317-328.
- Houaiss, A. (2001). *Tema*. In Houaiss. CD-ROM.
- Moraes, R. (1999). Análise de conteúdo. *Revista Educação*, 22(37), 7-32.
- Rocha, F. B. S. (2021). *Um mapeamento de publicações em Educação Matemática no Instituto Freudenthal de 2000 a 2019*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina]. Biblioteca da Universidade Estadual de Londrina.
- Silva, G. S. (2015). *Uma configuração da reinvenção guiada*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina]. Universidade Estadual de Londrina.
- Treffers, A. & Goffree, F. (1985). Rational Analysis of Realistic Mathematics Education - the Wiskobas Program. In L. Streefland (Ed.), *Proceedings of the Ninth International Conference for the Psychology of Mathematics Education*, 2 (pp. 97–123). Utrecht: State University.
- Van den Heuvel-Panhuizen, M. (2001). Realistic mathematics education in the Netherlands. In J. Anghileri (Ed.), *Principles and Practices in Arithmetic Teaching*. Buckingham: Open University Press.
- Van den Heuvel-Panhuizen, M. (2010). Reform under attack: Forty years of working on better mathematics thrown on the scrapheap? No way! In L. Sparrow, B. Kissane, & C. Huirst., *Shaping the future of mathematics education: Proceedings of the 33rd annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (pp. 1–25). Fremantle, Australia: MERGA, Merga.
- Van den Heuvel-Panhuizen, M. (2019). Mathematics education in the Netherlands viewed from four perspectives. In: Blum, W., Artigue, M., Mariotti, M., Sträßer, R., Van den Heuvel-Panhuizen, M. (Eds.) *European Traditions in Didactics of Mathematics* (pp. 58-67). ICME-13 Monographs. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-05514-1\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-05514-1_3)
- Van den Heuvel-Panhuizen, M., Drijvers, P. (2020). Realistic Mathematics Education. In: Lerman, S. (Eds) *Encyclopedia of Mathematics Education*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0\\_170](https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_170)