



CRIATIVIDADE EM MODELAGEM MATEMÁTICA: LEVANTAMENTO ANALÍTICO DE PESQUISAS DESENVOLVIDAS

CREATIVITY IN MATHEMATICAL MODELING: ANALYTICAL SURVEY OF SOME DEVELOPED RESEARCH

Elenice Josefa Kolancko Setti¹

Rodolfo Eduardo Vertuan²

Resumo: Este artigo tem o objetivo de apresentar um levantamento analítico das pesquisas que tratam da criatividade em Modelagem Matemática na perspectiva da Educação Matemática, a partir de uma revisão de literatura com método qualitativo, com base nos trabalhos publicados na forma de dissertações, teses e artigos em anais de eventos e periódicos. Dos quarenta e quatro trabalhos analisados, foram constituídas quatro categorias: 1. Processo criativo em Modelagem Matemática; 2. Aproximações entre criatividade e Modelagem Matemática; 3. Orientações para possibilitar o desenvolvimento da criatividade em Modelagem e; 4. Criatividade na produção internacional de Modelagem - algumas especificidades. A análise destas categorias mostrou que, embora recente, as pesquisas sobre criatividade em Modelagem Matemática estão em ascensão no âmbito nacional e internacional. De modo geral, os trabalhos comungam de um mesmo entendimento: a potencialidade da Modelagem em desenvolver a criatividade dos estudantes. Quando o foco são as aproximações entre criatividade e Modelagem, temos que o fato de a Modelagem ser uma atividade heurística a constitui um ambiente favorável à produção de produtos criativos. Para além desta característica, a liberdade e a autonomia dos estudantes neste ambiente também são aspectos que favorecem a criatividade, além da motivação e valorização da cultura do sujeito que modela. As características da criatividade – fluência, flexibilidade, originalidade, adequação e avaliação – também são apontadas como características comuns em um ambiente de Modelagem. Deste modo, elas são utilizadas para avaliar a criatividade na maioria das situações. No que tange à produção internacional, temos algumas especificidades, como o uso de testes para avaliar a criatividade e a proposição da criatividade grupal, inspiradas na perspectiva sociocultural da criatividade. Por fim, considerando a pesquisa em criatividade, quando olhamos para os trabalhos que investigam sua relação com a Modelagem, observamos que a ênfase está na questão da criatividade enquanto habilidade potencializada pela Modelagem.

Palavras-chave: Educação Matemática; Revisão bibliográfica; Processo criativo; Modelagem.

Abstract: This paper aims at presenting an analytical survey of research that deals with creativity in Mathematical Modeling based on Mathematics Education perspective, as well as on literature review with a qualitative method, researches published as master and doctoring theses and papers in Annals of scientific journals and events. Four categories were created from the forty-four analyzed papers: 1. Creative process in Mathematical Modeling; 2. Approaches between creativity and Mathematical Modeling; 3. Guidelines to enable the development of creativity in Modeling and; 4. Creativity in international Modeling production - some specificities. Thus, when these categories were analyzed, although they were recent, it could be observed that research on creativity in Mathematical Modeling has been developing nationally and internationally. Mostly, research has shared the same understanding: the potential of Modeling to develop students' creativity. When the focus is on approaches between creativity and Modeling, the fact that Modeling is a heuristic activity constitutes an available environment to produce creative products. Besides this feature, students' freedom and autonomy in this environment are also aspects that favor creativity, as well as provoke and value the subject's culture who models them. The characteristics of creativity – fluency, flexibility, originality, adequacy and evaluation – are also highlighted as common characteristics in a Modeling environment. Therefore, they are used to evaluate creativity in most situations. Regarding

¹ Doutora pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste). Professora no Instituto Federal do Paraná (IFPR), Assis Chateaubriand, Paraná, Brasil. E-mail: elenice.setti@ifpr.edu.br

² Doutor pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Professor na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Toledo, Paraná, Brasil. E-mail: rodolfovertuan@utfpr.edu.br



international production, we have some specificities, such as the application of tests to evaluate creativity and the proposition of group creativity, inspired by the sociocultural creativity perspective. Finally, considering research on creativity, when we study some papers that investigate its relationship with Modeling, we observe that the emphasis is on creativity issue as a skill enhanced by Modeling.

Keywords: Mathematics Education; Literature review; Creative process; Modeling.

1 Introdução

São muitos os trabalhos publicados sobre Modelagem Matemática na perspectiva da Educação Matemática que corroboram com a afirmação de que, ou a realização de atividades de Modelagem pode desenvolver, dentre outras habilidades, a criatividade dos estudantes (Burak; Klüber, 2007; Biembengut; Hein, 2009; Santos, 2015; Pontes, 2018) ou, é necessário ter criatividade para desenvolver uma atividade de Modelagem (Biembengut; Hein, 2009). Pelo caráter aberto dessa, em que não há um único caminho de resolução, devido ao fato de os estudantes terem certa liberdade de encaminhamento na construção do modelo e por exigir a utilização do pensamento interpretativo e criativo (Bean, 2003), pesquisadores consideram a atividade de Modelagem uma atividade que possibilita a ação criativa dos sujeitos (Bassanezi, 2002; Burak, 2004; Melillo, 2011; Negrelli, 2013).

Se a Modelagem é uma atividade que possibilita a ação criativa, subentende-se que haja em seu desenvolvimento momentos de produção original e relevante. Muitos autores (Bean, 2001; Melillo, 2011) debatem sobre a “criação” do modelo matemático, outros já utilizam o termo “construção” (Almeida; Silva; Vertuan, 2013; Barbosa, 2004). No contexto da Modelagem Matemática, parece que estes dois termos são entendidos como sinônimos, pois ambos são utilizados com a mesma intenção, a obtenção do modelo matemático representativo da situação investigada.

Vislumbra-se que a ação criativa não apenas se mostra na obtenção do modelo matemático, mas também na elaboração do problema e no uso de diferentes habilidades para inteirar-se acerca do tema e para elencar estratégias de resolução. Portanto, acredita-se que a partir do desenvolvimento das atividades de Modelagem Matemática, podemos considerar possibilidades para além da criatividade no contexto da Matemática. Acreditamos que a criatividade em Modelagem pode se manifestar também em contextos extramatemáticos³. É neste sentido que nos questionamos acerca de como essas ações criativas se manifestam no desenvolvimento de atividades de Modelagem Matemática.

³ Contextos do mundo social, cultural, de outras áreas, ou seja, do mundo real ou simulado.



Alencar, Braga e Marinho (2016) afirmam que a capacidade de criar pode ser expandida a partir de técnicas e fortalecimento de atitudes, comportamentos, valores, crenças e atributos pessoais, que fazem o indivíduo pensar de maneira independente, flexível e imaginativa. Ademais, de acordo com Pereira e Burak (2008, p. 6), “pode-se afirmar que o ambiente, ou seja, o clima em sala de aula e a postura do professor têm papel importante no desenvolvimento da criatividade dos estudantes, bem como no processo criativo para se chegar a um produto”. Neste contexto, a Modelagem Matemática pode se constituir como uma prática pedagógica (Schrenk; Vertuan, 2022) favorável à valorização, ao desenvolvimento e ao fortalecimento da criatividade de estudantes e professores, pelas possibilidades de provocar um ambiente em que os alunos façam uso de habilidades que, embora, a princípio, elas pareçam não estar relacionadas à matemática, ao aprenderem e ao fazerem matemática, dão abertura à criatividade.

Nos últimos 70 anos, diversas abordagens em relação à criatividade vêm se estabelecendo na academia. Desde perspectivas psicométricas (Guilford, 1967), que focam em questões como o pensamento divergente, até as perspectivas sistêmicas, como a Teoria de Sistemas (Csikszentmihalyi, 1999, 2014), que entende a criatividade como a interação entre três sistemas, indivíduo, campo e domínio, e a Psicologia Cultural da Criatividade (Glăveanu, 2010, 2014, 2015), cuja abordagem é distribuída a partir da criatividade entre diferentes instâncias socioculturais. Ainda podemos mencionar as abordagens feitas por Simonton (1975, 1977, 1991, 1999, 2004), Tereza Amábile (1982, 1983), Robert Sternberg (1999, 2000, 2003), Torrance (1976) e Vigotski (2014). Estas abordagens não se limitam ao estudo da criatividade em grandes produções e invenções, mas discutir a criatividade cotidiana ou ordinária e como ela pode ser estimulada desde a infância.

A avaliação da criatividade é um dos temas frequentes nos trabalhos sobre esta temática. Muitos autores se alicerçam nas características do pensamento criativo de Guilford para julgar a criatividade. De acordo com Alencar, Braga e Marinho (2016), Guilford foi um dos primeiros autores a destacar habilidades do pensamento criativo. Ele apresenta como características deste tipo de pensamento as habilidades de fluência, flexibilidade, originalidade, elaboração e avaliação.

A fluência refere-se à abundância ou à quantidade de ideias diferentes sobre o mesmo assunto. A flexibilidade seria a capacidade de alterar o pensamento ou conceber diferentes categorias de respostas. Por sua vez, a originalidade refere-se às respostas infrequentes ou incomuns para a mesma questão. Quando o autor cita a elaboração, refere-



se à quantidade de detalhes presentes em uma ideia. Por fim, a avaliação diz respeito ao processo de decisão, julgamento e seleção das ideias (Alencar; Braga; Marinho, 2016).

No que tange ao processo criativo, no livro “Psicologia da invenção na matemática”, Jacques Hadamard faz uma extensa reflexão acerca dos processos criativos em Matemática, trazendo ideias então propostas por Poincaré, Wallas e Helmholtz. Em síntese, Hadamard (2009) aponta quatro etapas do processo criativo: preparação, incubação, iluminação e verificação.

A preparação é o estágio do estudo e do trabalho árduo sobre o que se pretende criar. Para que haja criatividade, primeiro é necessário conhecimento. Na etapa da incubação, o cérebro trabalha inconscientemente em busca de novas sinapses entre e com os conhecimentos construídos na fase da preparação. A iluminação é o momento da geração da ideia, chamada também de *insight*. Após a iluminação, chega-se à verificação, quando se avalia se o fruto do *insight* é pertinente ou não (Hadamard, 2009; Gontijo *et al.*, 2021). Ao contrário do que sugerem as etapas descritas por Hadamard, entendemos que não há linearidade entre elas, ainda que existam fatores socioculturais que influenciem cada etapa. Por exemplo, a iluminação nasce de um contexto social porque o sujeito vive em sociedade e convive com outras pessoas e informações, logo, ela ganha “corpo” de grupo e não de indivíduo.

A contribuição destas etapas para o estudo do processo criativo sociocultural é a de que elas mostram uma compreensão de que a criatividade não é fruto do acaso ou de uma iluminação súbita. De início, para haver criatividade, é preciso muito trabalho e diferentes ações cognitivas e criativas. É necessário conhecimento sobre o que já existe dentro de um contexto específico, para produzir além.

Neste contexto, temos, neste artigo, o objetivo de fazer um levantamento analítico do que dizem as pesquisas que tratam da criatividade em Modelagem Matemática na perspectiva da Educação Matemática, a partir de uma revisão de literatura com método qualitativo, dos trabalhos publicados na forma de dissertações, teses e artigos. Para isso, apresentamos nossos encaminhamentos metodológicos de coleta e análise dos dados e apresentamos o levantamento analítico.

2 Encaminhamentos metodológicos

O presente trabalho empreende uma investigação qualitativa, que é aquela que



prioriza procedimentos descritivos à medida em que sua visão de conhecimento explicitamente admite a interferência subjetiva, o conhecimento como compreensão que é sempre contingente, negociada e não é verdade rígida. O que é considerado “verdadeiro”, dentro desta concepção, é sempre dinâmico e passível de ser mudado (Borba, 2004, p. 2).

Para realizar o levantamento analítico acerca do que dizem as pesquisas que tratam da criatividade em Modelagem Matemática na perspectiva da Educação Matemática, consultamos as principais bases de dados de trabalhos acadêmicos – Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD) e Portal de Periódicos da Capes –, o Google Acadêmico, por ser um repositório mais abrangente, e os Anais dos principais eventos de Educação Matemática e de Modelagem Matemática para a Educação Matemática – Anais do Encontro Nacional de Educação Matemática (ENEM), Anais do Encontro Paranaense de Educação Matemática (EPREM), Anais da Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática (CNMEM), Anais do Encontro Paranaense de Modelagem para a Educação Matemática (EPMEM) e Anais do Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática (SIPEM). Foram consultados os Anais disponíveis nos *sites* dos respectivos eventos e os que os autores tinham acesso (especificados no Quadro 1). Não delimitamos uma janela temporal de busca, cuja última revisão ocorreu em novembro de 2021. Para estender a busca no âmbito internacional, além de considerar os trabalhos internacionais emergentes no Google Acadêmico, consultamos também a base de dados *Scopus*, por ser a maior base de dados da literatura com revisão por pares.

Em todas as bases de dados e Anais de eventos, realizamos a busca pelos termos “Modelagem Matemática” e “Criatividade”; “Modelagem Matemática” e “Criação”; “Modelagem Matemática” e “Processos Criativos”. No Google Acadêmico também buscamos pelos termos *Mathematical Modelling* e *Creativity* e *Mathematical Modelling* e *Creation*. No *Scopus*, realizamos a busca pelo termo *Mathematical Modelling* e *Creativity* e aplicamos o filtro *Mathematics – Arts and humanities*.

Após a busca, a partir da leitura do resumo de cada trabalho, verificamos se o escopo realmente envolvia aspectos da criatividade em Modelagem Matemática, ou seja, se o trabalho se dedicava a pesquisar esta relação, anunciada nos seus objetivos e/ou questão de pesquisa. Após esta primeira análise, selecionamos 44 trabalhos, dos quais 29 são nacionais e 15 são internacionais. Dentre os nacionais, temos oito dissertações de mestrado, uma tese de doutorado, 12 artigos completos publicados em eventos, seis artigos publicados em periódicos e dois capítulos de livro. Dentre os internacionais, temos



oito artigos publicados em periódicos, três capítulos de livro, dois artigos e dois resumos publicados em eventos.

Realizamos o *download* de todos os trabalhos e, em seguida, os inserimos no *software* de análise qualitativa WebQDA, separados por pastas de acordo com o tipo de trabalho: internacionais, teses, dissertações, capítulos de livro, artigos de revistas e artigos de eventos. Utilizamos o *software* com o objetivo de automatizar o processo de codificação.

Em seguida, realizamos a leitura dos 44 trabalhos, com destaque para excertos que apresentavam entendimentos dos autores a respeito da relação entre criatividade e Modelagem Matemática, citações da literatura a respeito desta relação e resultados das pesquisas. À medida que os excertos eram destacados no *software*, as categorias eram construídas de modo a agrupá-las por similaridades, as quais, posteriormente, passaram por revisão e ajustes.

Paralelamente, preencheu-se uma planilha no Excel contendo: Local de busca (base/evento), código, título do trabalho, autores/ano de publicação, objetivo de pesquisa, questão de pesquisa, referencial teórico sobre criação e criatividade, metodologia de pesquisa, entendimento sobre criação e criatividade e principais resultados, de modo a organizar as informações sobre os trabalhos e estabelecer um panorama sobre as pesquisas.

3 Processo de levantamento analítico

Considerando os 44 trabalhos, nacionais e internacionais, com o primeiro trabalho publicado em 2006 e o último em 2021, ficou delimitada uma janela temporal de 15 anos. Os trabalhos nacionais estão apresentados no Quadro 1 e os trabalhos internacionais no Quadro 2, contendo o tipo de publicação, o título, o Programa de Pós-Graduação, ou revista, ou evento, o(s) autor(es) e o ano de publicação.

**Quadro 1:** Trabalhos nacionais encontrados no levantamento analítico de literatura

Códigos ⁴		Título	PPG/Revista/ Evento/Livro	Autor(es)/Ano
Dissertações	DI_01	A Modelagem Matemática e suas implicações para o desenvolvimento da Criatividade	PPGE – UEPG	Pereira (2008)
	DI_02	Modelagem Matemática Gráfica: instigando o senso criativo dos estudantes do Ensino Fundamental	PPGEDUCE M – PUCRS	Brites (2012)
	DI_03	Desenvolvendo Criticidade e Criatividade com Estudantes de Geografia por meio de Modelagem	PPGEDMAT – UFOP	Vidigal (2013)
	DI_04	O raciocínio abduutivo em atividades de Modelagem Matemática	PECEM – UEL	Ramos (2016)
	DI_05	Criatividade e geração de ideias em atividades de Modelagem Matemática	PPGECEM – UNIOESTE	Dal Pasquale Junior (2019)
	DI_06	Manifestações da Criatividade em Modelagem Matemática nos anos iniciais	PPGMAT – UTFPR	Palma (2019)
	DI_07	Um estudo sobre a criatividade em um ambiente de aprendizagem de modelagem matemática	PPGEMAT – UFRGS	Giraldi (2020)
	DI_08	Estratégias de Estímulo do Pensamento Criativo em Atividades de Modelagem Matemática	PPGMAT – UTFPR	Viana (2020)
Tese	TE	Processos criativos e valorização da cultura: possibilidades de aprender com modelagem	PPGEDUCE M – PUCRS	Madruga (2016)
Artigos de Periódicos	AR_01	Criatividade, tecnologia e modelagem matemática na sala de aula	REMAT	Ferreira (2016)
	AR_02	Aprender com Modelagem: Relações entre Modelagem (Matemática) e Processo Criativos	Alexandria	Madruga e Lima (2019)
	AR_03	Criatividade e Modelagem Matemática: um estudo inicial	Revista Diálogos e Perspectivas em Educação Especial	Silva, Silva, Silva e Burak (2020)⁵
	AR_04	Modelagem Matemática e Criatividade: algumas confluências	REnCiMa	Viana e Vertuan (2021)
	AR_05	A modelagem (matemática) implícita nos processos criativos de uma arquiteta	REMAT	Madruga (2021)
	AR_06	Modelagem Matemática e Processos Criativos: mapeamento de pesquisas recentes	RPEM	Silva e Madruga (2021)
Artigos publicados em anais de eventos	AE_01	A Criatividade e a Modelagem Matemática: contribuições à formação de “Educadores Matemáticos”	XV JREM e II JNEM	Pereira, Klüber e Burak (2008)
	AE_02	A Criatividade em aplicações de Modelagem Matemática em sala de aula	III EPMEM	Pereira e Burak (2008)
	AE_03	Criando e descobrindo matemática com Modelagem Matemática	VIII CNMEM	Negrelli (2013)
	AE_04	Modelagem Matemática e Resolução de Problemas como potencializadoras da Criatividade no ensino de Matemática	XI ENEM	Pereira (2013)

⁴ DI_01...DI_08: Dissertação 01 até 08. TE: Tese única. AR_01...AR_06: Artigo de Revista 01 até 06. AE_01...AE_12: Artigo de Evento 01 até 12. CA_01...02: Capítulo de livro. CAI_01...03: Capítulo de livro internacional. ARI_01...08: Artigo de Periódico Internacional. AEI_01...02: Artigo de evento internacional. REI_01...02: Resumo de evento internacional.

⁵ Em negrito, trabalhos que apresentaram mapeamentos sobre Criatividade e Modelagem Matemática.



	AE_05	Criatividade: reflexões para aulas de matemática à luz da Modelagem Matemática	XI ENEM	Schirlo et al. (2013)
	AE_06	Modelagem Matemática e suas relações com o processo criativo de um figurinista	VI EPMEM	Madruga e Biembengut (2014)
	AE_07	A Criatividade em atividades de Modelagem Matemática	9ª CNMEM	Ramos, Costa e Almeida (2015)
	AE_08	Processos Criativos e Modelagem: uma Investigação Qualitativa	6º CIAIQ ⁶	Madruga e Lima (2017)
	AE_09	Quando os alunos refletem sobre sua atividade de Modelagem Matemática	VIII EPMEM	Setti e Vertuan (2018)
	AE_10	Criatividade e Modelagem Matemática: o que dizem alunos egressos de um curso de licenciatura em Matemática sobre suas formações iniciais	VII SIPEM	Vertuan e Setti (2018)
	AE_11	Aspectos de Criatividade no desenvolvimento de uma atividade de Modelagem Matemática	XV EPREM	Viana et al. (2019)
	AE_12	Estratégias de Criatividade em atividades de Modelagem: uma reflexão metodológica	XI CNMEM	Viana e Vertuan (2019)
Capítulos de livro	CA_01	Um ensaio sobre a Complexidade, a Criatividade e as Representações Semióticas em uma atividade de Modelagem Matemática	Livro “Modelagem Matemática: perspectivas, experiências, reflexões e teorizações”, 2ª ed.	Brandt (2016)
	CA_02	A Modelagem Matemática e o papel do professor de Matemática para o desenvolvimento da Criatividade		Pereira (2016)

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Quadro 2: Trabalhos internacionais encontrados no levantamento analítico de literatura

Códigos		Títulos	Revistas/Eventos/ Livros	Autor(es)/A no
Capítulos de livro	CAI_01	Mathematical Modelling Skills and Creative Thinking Levels: An Experimental Study	Capítulo 45- Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling [ICTMA 14]	Dan e Xie (2011)
	CAI_02	Teacher’s Views on Modeling as a Creative Mathematical Activity	Capítulo 4 - Creativity and Giftness	Palsdottir e Sriraman (2016)
	CAI_03	Exploring Aspects of Creativity in Mathematical Modelling	Capítulo 41 - Mathematical Modelling and Applications	Wessels (2017)
Artigos de Periódicos	ARI_01	To again feel the creative voice	International Journal of Science and Mathematics Education	Merril (2006)
	ARI_02	Assessment of Mathematical Creativity in Mathematical Modeling	Journal of the Korea Society of Mathematical	Jang (2011)
	ARI_03	The Effect of the Mathematical Modelling Method on the Level of Creative Thinking	The New Educational Review	Ciltas (2012)
	ARI_04	Levels of mathematical creativity in model eliciting activities	Journal of Mathematical	Wessels (2014)

⁶ 6º Congresso Ibero-Americano em Investigação Qualitativa – CIAIQ. Salamanca – Espanha



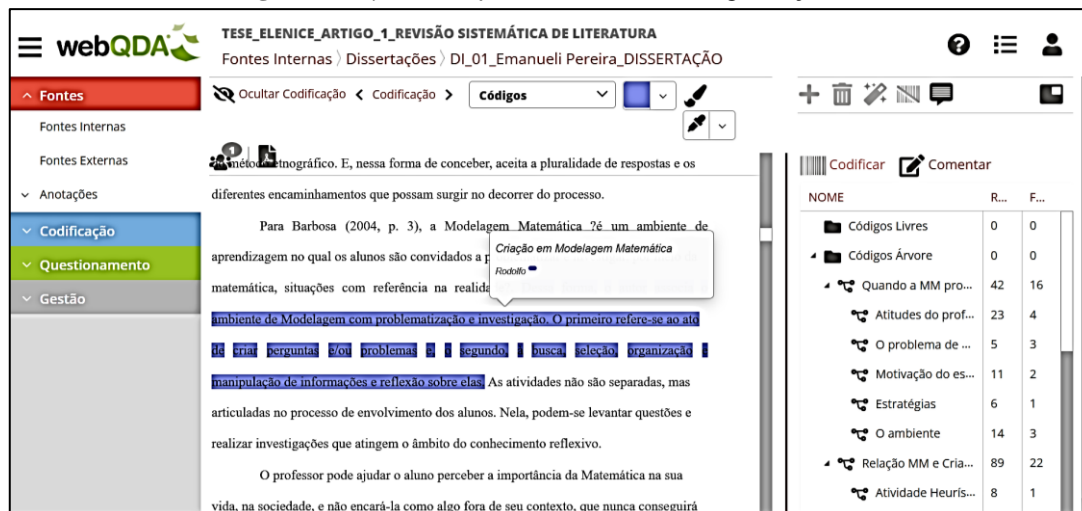
			Modelling and Application	
	ARI_05	Fostering Mathematical Creativity by Mathematical Modeling	Journal of Educational Research in Mathematics	Park (2017)
	ARI_06	A case study on supporting mathematical modeling activities through the development of group creativity	Journal of the Korean School Mathematics Society	Jung e Lee (2019a)
	ARI_07	Creativity in students' modelling competencies: conceptualisation and measurement	Educational Studies in Mathematics	Lu e Kaiser (2021a)
	ARI_08	Can mathematical modelling work as a creativity-demanding activity? An empirical study in China	ZDM – Mathematics Education	Lu e Kaiser (2021b)
Artigos e resumos publicados em anais de eventos	AEI_01	Teaching for creativity: the interplay between mathematical modeling and mathematical creativity	PME 36	Gilat, Amit e Gurion (2012)
	REI_01	Design and use of an instrument for evaluating students' mathematical creativity in the creative modeling process	Resumo – PME 38	Amit e Gilat (2014)
	AEI_02	Effects of mathematical modeling intervention program on creative thinking abilities	PME 28	Gilat, Amit e Gurion (2014)
	REI_02	Development of group creativity in mathematical modeling	Resumo expandido - TWG06_14	Jung e Lee (2019b)

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Considerando as bases utilizadas para buscas, encontrou-se um maior número de trabalhos brasileiros, em um total de 29 (vinte nove), seguidos dos seguintes países: Coreia do Sul, com 4 (quatro) trabalhos; China e Israel, com 3 (três) trabalhos; África do Sul, com 2 (dois) trabalhos; e Turquia, Estados Unidos e Islândia com 1 (um) trabalho para cada país. Ressaltamos que alguns trabalhos são dos mesmos autores. É o caso de alguns trabalhos do Brasil, da China, África do Sul e de Israel. Nacionalmente, observa-se um maior número de publicações de pesquisadores paranaenses (19 trabalhos), seguidos de pesquisas vinculadas a instituições sul-rio-grandenses (quatro trabalhos) e baianas (quatro trabalhos), e por fim, mineira (um trabalho) e paulista (um trabalho).

Durante a leitura dos trabalhos inseridos no *software* de análise qualitativa WebQDA, foram destacados excertos referentes à relação entre Criatividade e Modelagem Matemática, bem como características específicas dos trabalhos (Figura 1), agrupando-os por similaridades em “Códigos Árvore” no *software*.

Figura 1: Layout do software WebQda – Categorização



Fonte: Do acervo da autora (2022).

4 Resultados e discussão do levantamento analítico

A partir do destaque destes excertos e de seus agrupamentos de acordo com similaridades, quatro categorias foram construídas e, como cada categoria ainda apresenta desdobramentos, foram utilizadas subcategorias, conforme apresentado no Quadro 3. Atentamos que um mesmo trabalho pode estar relacionado em mais de uma categoria, por abordar diferentes aspectos da temática.

Quadro 3: Categorias, subcategorias e trabalhos relacionados

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS	TRABALHOS RELACIONADOS
1. Processo Criativo em Modelagem Matemática	a. Concepção de Modelagem Matemática como “criação ou construção de modelos”	DI_04; AE_03; DI_03; DI_02; CA_01; AE_11; AE_06; CAI_02; ARI_05
	b. Pressupostos da Modelagem potencializam a criação ou construção do conhecimento	AE_01; DI_08; DI_01; AE_07; CA_02; AE_09; CAI_02; ARI_04; TE;
	c. Etapas de Modelagem compatíveis com as etapas do processo criativo	AE_08; CA_01; DI_02; DI_08; CA_02; TE; AR_06;
2. Aproximações entre Criatividade e Modelagem Matemática	a. Modelagem como Atividade Heurística	DI_01; DI_07
	b. Aspectos comuns da Criatividade e de um ambiente de Modelagem - Liberdade, autonomia, motivação, valorização da cultura	AE_01; AR_02; TE; AR_04; DI_08; DI_02; AE_09; AE_11; DI_01; DI_07; DI_06; DI_03
	c. Características da criatividade presentes nas atividades de Modelagem - flexibilidade, originalidade, fluência, avaliação e elaboração	ARI_04; CAI_03; DI_01; DI_04; ARI_05; ARI_07; ARI_08; CAI_02
	d. Aspectos cognitivos proporcionados pela Modelagem que desenvolvem a criatividade	DI_08; AE_07; DI_01
3. Orientações para possibilitar o desenvolvimento da criatividade em Modelagem	a. Professor	CAI_03; ARI_04; AE_01; CA_02; DI_06; DI_01; DI_08; AR_01; DI_05; DI_07
	b. Estudante	AE_09; DI_07; AR_01; AE_01; DI_01; DI_05; DI_06
	c. Relação professor/estudantes	DI_01; AE_04; CA_02; AE_01



	d. Ambiente	DI_01; AE_04; AE_01; DI_06; DI_03.
4. Criatividade na produção internacional de Modelagem - algumas especificidades	a. <i>Model-eliciting activities</i> como promotora da criatividade	AEI_01; AEI_02; CAI_03; ARI_04
	b. Uso de testes para avaliar a criatividade/pensamento criativo	ARI_03; AEI_02
	c. Modelagem exige criatividade	ARI_02; ARI_07; ARI_08
	d. Criatividade grupal e criatividade individual (voz criativa)	ARI_06; ARI_01

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

A seguir, apresentaremos cada categoria com suas respectivas subcategorias e as reflexões tecidas a partir da literatura e dos excertos selecionados.

4.1 Processo criativo em Modelagem Matemática

A categoria “Processo criativo em Modelagem Matemática”, composta por 63 excertos, foi subdividida em três subcategorias: a) concepção de Modelagem como “criação ou construção de modelos”; b) pressupostos da Modelagem potencializam a criação ou construção do conhecimento; c) etapas de Modelagem compatíveis com as etapas do processo criativo.

No que diz respeito à *concepção de Modelagem como “criação⁷ ou construção de modelos”*, quando se busca definir Modelagem Matemática, para além de suas especificidades, muitos autores concordam que para se fazer Modelagem é necessário que haja a obtenção de um modelo matemático adequado [DI_04⁸]. Deste modo, dos trabalhos analisados, há 26 (vinte e seis) referências que caracterizam a Modelagem Matemática como um conjunto de ações que possibilitam **criar** (ou como ato de **construir**) modelos [DI_04; AE_03_1⁹; AE_11; ARI_05]. Em um primeiro momento, os trabalhos analisados se alicerçam na literatura em Modelagem [DI_03; AE_11; CAI_02; ARI_05; AE_03_2] e até no dicionário da Língua Portuguesa [DI_04] para manifestar esta concepção, utilizando argumentos de autores como Bean (2001, 2003), Caldeira (2009), Bassanezi (2002) e Kaiser (2007).

⁷ Para a constituição desta categoria, consideramos os excertos que diziam de criação e de construção de modelos.

⁸ Verificar excerto no Quadro 8 – Excertos dos trabalhos [citações] que dizem da subcategoria “Processo criativo em Modelagem Matemática”. Quando os quadros se referem às compilações dos excertos utilizados nas análises, apresentamos apenas o código do excerto e não o número do quadro para evitar repetições.

⁹ Quando houver mais de um excerto de um trabalho no mesmo quadro, indicaremos nos códigos com a numeração correspondente. Por exemplo: AE_03_1.

**Quadro 4:** Excertos dos trabalhos [citações] que dizem da subcategoria “Processo criativo em Modelagem Matemática”

O termo modelagem, de acordo com o dicionário Houaiss (2009), significa ato de modelar, ou seja, o **ato de criar modelos**. [DI_04]

De acordo com Bean (2009), modelagem é a **construção de modelos** que remetem aos objetivos. [...] Assim, a modelagem é uma atividade crítica e **criativa** onde o modelador tem a oportunidade de se colocar diante de uma situação questionando-a (criticidade) e **criando novas relações (criatividade)**, quando as relações vigentes já não mais atendem as suas expectativas, necessidades e ansiedades. [DI_03]

Segundo Bean (2001, p.53), os aspectos que distinguem a modelagem matemática de outras aplicações de matemática são as exigências das hipóteses e das aproximações simplificadoras como requisitos na **criação de modelos**. [AE_03_1]

O processo da Modelagem Matemática é dinâmico e permite ao estudante **criar**, ele pode também **inventar algoritmos** de resolução ou **criar algum procedimento matemático**, advindo de sua vida fora da escola, para resolver determinadas situações. [AE_11]

De acordo com Bassanezi (2002, p.85), “a **formulação de um modelo** matemático é geralmente a parte mais difícil de todo processo de modelagem. Mais difícil por ser uma atividade **essencialmente criativa** e que depende de conhecimentos adquiridos previamente”. [AE_03_2]

As atividades de modelagem matemática permitem que os alunos enfrentem situações de problema aberto com base em incertezas do mundo real (Kaiser, 2007) e permitem que os alunos **criem de forma divergente vários modelos matemáticos** que podem explicar determinada situação (Kaiser, 2007). [ARI_05]

Para o propósito deste capítulo, a modelagem é vista como uma **atividade matemática criativa** porque é frequentemente aberta, ambígua (exigindo que o modelador faça suposições), demorada e interpretativa (Sriraman, 2005). [CAI_02]

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

A partir do exposto nos trabalhos analisados, inferimos que, no processo de construção do modelo, ações criativas podem se fazer presentes em uma atividade de Modelagem, como a elaboração do problema, a criação de hipóteses, a criação de estratégias e de procedimentos. Em uma atividade de Modelagem, o estudante tem a oportunidade e a liberdade para escolher não utilizar procedimentos e algoritmos pré-estabelecidos. Mesmo que utilize algum procedimento já conhecido, este, na maioria das vezes, precisa ser adaptado. Ainda, ao se deparar com o problema, o estudante não sabe, *a priori*, qual caminho seguir, ou quais conceitos matemáticos e extramatemáticos usar, a menos que já tenha experienciado a mesma situação.

No Quadro 4, temos alguns excertos de reflexões dos autores que apontam para a concepção de Modelagem como criação ou construção de modelos.

Quadro 5: Excertos dos trabalhos [reflexões dos autores] que dizem da subcategoria “Processo criativo em Modelagem Matemática”

[...]Em outras situações, o problema apresentado ultrapassa os conhecimentos básicos, necessitando a busca de novos conceitos e conhecimentos mais profundos sobre a situação-problema, com o objetivo de **criar um novo modelo** capaz de solucioná-lo. [DI_02_1]



Nesse processo em que se busca **formular um modelo**, denominado Modelagem Matemática, fazem-se necessários **senso criativo** e conhecimento de conteúdos matemáticos e da área em que o problema se encontra. [DI_02_2]

A **criação de um modelo** pode ser entendida como um **ato criativo**, já que, partindo de conceitos que são apreendidos, podem “nascer” novas maneiras de escrever sobre determinado fenômeno ou ainda sobre determinada situação estudada. [CA_01_1]

As soluções buscadas exigirão **atos criadores**, busca de caminhos próprios e originais, redefinições colocadas pela complexidade e avaliações das formas de proceder, dos resultados encontrados e das possibilidades de validações e generalizações. [CA_01_2]

[...] Notemos que, em função dessa referência filosófico-epistemológica, a modelagem matemática pode ser vista como uma **atividade criadora**: construir as situações limites adequadas por meio das hipóteses e aproximações simplificadoras. [AE_03_1]

Veremos que espaços para a **criação e a descoberta** matemáticas podem ser promovidos no desenvolvimento de atividades de modelagem matemática, quando tomadas como estratégia de ensino e fundamentadas filosófica e epistemologicamente. [AE_03_2]

Primeiramente por se referir à modelagem como uma arte, o que envolve a consideração de elementos como **imaginação, criação**, intuição, sensibilidade, habilidades técnicas. [AE_03_3]

Outras descrições do processo de modelagem matemática, em sua maioria inspiradas na visão tradicional sugerida pela Matemática Aplicada, serviram-nos de base para percebermos o destaque que merece ser dado às atividades de **criação e descoberta** no referido processo. [AE_03_4]

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Outro aspecto que emergiu dos trabalhos é a sugestão de que a modelagem pode ser utilizada em qualquer área do conhecimento [AE_06], não somente em Matemática. Ademais, ao se modelar em outras áreas, as mesmas etapas da modelagem matemática são seguidas e os mesmos aspectos são observados. Esses autores relacionam o processo de modelagem, em qualquer área, com o processo criativo.

Quadro 6: Excerto de trabalho que diz da modelagem em qualquer área

A modelagem pode ser utilizada em qualquer área do conhecimento. Especialmente, no entendimento de algum fenômeno, na solução de alguma situação problema, ou ainda, na **criação ou na produção de algo**. [AE_06]

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Em relação à subcategoria *Pressupostos da Modelagem potencializam a criação ou construção do conhecimento*, observamos em 18 (dezoito) referências, menção dos autores de que os pressupostos ou as características da Modelagem podem potencializar a criação ou a construção do conhecimento pelos estudantes [AE_01; AE_07; CA_02]. Dentre tais características, os autores mencionam a definição de hipóteses [AE_07; AE_09], a compreensão de enunciados, a análise e avaliação de qual caminho tomar, quais conceitos matemáticos devem ser utilizados, como lidar com o inesperado e analisar a mesma situação de diferentes formas. Neste contexto, considera-se que o estudante é



colocado como um sujeito ativo no desenvolvimento da atividade [AE_09] e pode construir o próprio conhecimento.

Quadro 7: Excertos dos trabalhos [autores] que dizem da subcategoria “*Pressupostos da Modelagem potencializam a criação ou construção do conhecimento*”

Os **pressupostos** de desenvolvimento das atividades de **Modelagem potencializam a criação e a construção do conhecimento**. [AE_01]

Definir hipóteses e avaliar com a situação de estudo, determinar quais conteúdos matemáticos seriam necessários e usá-los adequadamente são procedimentos que sinalizam **expressão criativa**, especialmente se levarmos em conta que não havia indicações do professor sobre o que os alunos deveriam fazer na atividade. Assim, podemos inferir que as **características do desenvolvimento de uma atividade de modelagem favorecem os processos criativos**. [AE_07]

[...] os pressupostos de desenvolvimento das atividades de **modelagem potencializam a criação e a construção do conhecimento**. [CA_02]

A partir da experiência vivenciada na licenciatura, todos os egressos acreditam na importância de se trabalharem atividades de Modelagem na Educação Básica, pois manifestam que essas contribuem para o desenvolvimento de inúmeras competências, dentre elas a **criatividade** e a criticidade. [...] **O aluno é colocado como sujeito ativo na construção do próprio conhecimento**. É necessário, ao aluno, avaliar e validar hipóteses, levantar teses, compreender enunciados e analisá-los, compreender adversidades e lidar com o inesperado, analisar o mesmo objeto a partir de diferentes ângulos, entre outras situações. [AE_09].

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Estes autores utilizaram, ainda, referências da literatura em Modelagem para embasar teoricamente estas afirmações [DI_08; AE_01; ARI_04_2]. Algumas citações, mesmo não escrevendo de modo direto a expressão “criação/construção/produção do conhecimento”, mencionam características das atividades de Modelagem que mobilizam aspectos que favorecem essa construção, como a sua natureza flexível e adaptativa [DI_01] e a possibilidade de utilizar estratégias auto inventadas [ARI_04_1].

Também é enfatizada a importância da pesquisa realizada pelo professor, ao planejar atividades de Modelagem, pois ele assume uma postura investigativa, crítica e criativa [AE_01].

Quadro 8: Excertos dos trabalhos [citações] que dizem da subcategoria “*Pressupostos da Modelagem potencializam a criação (ou construção) do conhecimento*”

No intuito de desvelar esses elementos, assumimos a Modelagem Matemática como uma **prática que pode se desenvolver a partir de um processo criativo**, pois se sabe que **muitas características do pensamento criativo são intrínsecas à própria Modelagem** (Pereira, 2008). [DI_08]

Quando Torre (2005) trata do **ensino criativo**, ele explicita que deve ser de **natureza flexível e adaptativa**. A **Modelagem Matemática**, ao romper com o ensino tradicional da Matemática, é uma **metodologia de natureza flexível e adaptativa**. [DI_01]

[...] A resolução independente de problemas complexos a partir de **estratégias autoinventadas** promove o desenvolvimento da intuição e da criatividade, bem como do pensamento convergente e divergente (Cotic; Zuljan, 2009; Manuel, 2009). A capacidade de planejar, avaliar e refinar os caminhos da solução também é desenvolvida por esse processo. [ARI_04_2]



[...] Em concordância com o mesmo autor, afirmamos que para a **produção do conhecimento** é necessária, ao professor, uma postura investigativa, de maneira que o conhecimento seja produzido competente, crítica e criativamente. Por esse motivo, nota-se a importância da pesquisa e da investigação no trabalho docente, **proporcionadas pela Modelagem Matemática**. [AE_01]

Várias pesquisas relatadas na literatura apontam a viabilidade e o sucesso de uma abordagem de modelagem em matemática, em que tarefas ricas, complexas e abertas são usadas para **construir conhecimento matemático** significativo para preparar os alunos para a vida cotidiana, estudos terciários e suas carreiras futuras. [ARI_04_1]

[...] Almeida, Silva e Vertuan (2016) destacam que o caráter investigativo das atividades de Modelagem permite a mobilização e a utilização de diversos conceitos matemáticos e não matemáticos na atividade, pois na medida em que os alunos avançam na atividade, os mesmos “podem aplicar conhecimentos já construídos durante as aulas ou **construir novos conhecimentos**” (Almeida; Silva; Vertuan, 2016, p. 22). [DI_08]

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

No que tange à subcategoria *Etapas de Modelagem compatíveis com as etapas do processo criativo*, para além dos pressupostos da Modelagem que potencializam a criação e a criatividade, observamos em 19 (dezenove) referências a menção de que as etapas de Modelagem são compatíveis com as etapas do processo criativo. Foram apresentadas relações como as etapas do processo criativo descritas por Torrance (1976) e as etapas de Modelagem propostas por Burak (1992) [CA_02], a concepção de Modelagem de Biembengut (2004) com o que é relatado na literatura sobre criatividade [CA_01], bem como foi enfatizada a não linearidade dos dois processos [DI_08].

O conjunto de trabalhos que trata das questões sobre modelagem em qualquer área, a partir da pesquisa de Madruga (2016), compara as etapas do processo de criação – intenção, projeção, criação, produto – com as etapas da Modelagem [AR_02; AR_06; TE].

Quadro 9: Excertos dos trabalhos que dizem da subcategoria “*Etapas de Modelagem compatíveis com as etapas do processo criativo*”

A Modelagem Matemática e a criatividade podem ter **vários pontos em comum** como as capacidades do pensamento criativo (tomar consciência de problemas, pensar em possíveis soluções e submetê-las à prova), descritas por Torrance (1976), que podem ser aproximadas, satisfatoriamente, das etapas de trabalho de Modelagem, propostas por Burak (1992). [CA_02]

Em relação à **não linearidade dos processos criativos**, consideramos o que afirmam Almeida, Silva e Vertuan (2016), que, em atividades de Modelagem Matemática, os processos que caracterizam a atividade também ocorrem em etapas não lineares. [DI_08]

No momento precedente à escolha do tema, **na metodologia da Modelagem Matemática, acontece algo muito semelhante a uma técnica apresentada por Alencar (2002)** para oportunizar o desenvolvimento da criatividade nos educandos [...]. [CA_01]

A análise a partir das observações *in loco* permitiu à pesquisadora identificar as categorias no trabalho dos entrevistados, pois todos convergem de maneira similar para um **processo de criação** no qual há intencionalidade para, posteriormente, se planejar ou projetar o que será feito, seguido por um processo de criação e avaliação do objeto ou modelo criado, ou seja, do produto. [AR_02]



Madruza (2016) constata que os **processos criativos realizados em diferentes ramos profissionais**, como no trabalho do arquiteto, são **similares às etapas de Modelagem** para a educação prescritas na concepção de Biembengut (2014, 2016). [AR_06]

Dessa forma, pode-se reforçar a afirmação de que os procedimentos utilizados pelos profissionais entrevistados na execução de seus trabalhos criativos, expressos pelas categorias **intenção, projeção, criação e produto**, são realmente semelhantes aos procedimentos utilizados por diversos autores na modelagem matemática. [TE]

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

4. 2 Aproximações entre Criatividade e Modelagem Matemática – características e implicações

A categoria “*Aproximações entre Criatividade e Modelagem Matemática – características e implicações*”, composta por 65 unidades, diz dos excertos dos trabalhos que tratam especificamente da relação entre criatividade e Modelagem Matemática. Ela se divide em três subcategorias: a) Modelagem como Atividade Heurística; b) Aspectos comuns da Criatividade e de um ambiente de Modelagem - liberdade, autonomia, motivação, valorização da cultura e; c) Características da criatividade presentes nas atividades de Modelagem - flexibilidade, originalidade, fluência, avaliação e elaboração.

Em relação à subcategoria “*Modelagem como Atividade Heurística*”, ao discorrerem sobre a criatividade em Modelagem, alguns trabalhos relacionam a criatividade com o fato de as atividades de modelagem serem heurísticas. Almeida e Silva (2021) se apoiam em Pólya e Kilpatrick para discorrerem sobre heurística. Pólya (1945) relaciona a resolução de um problema às criações dos alunos envolvidos nessa resolução e considera as “estratégias heurísticas como ferramentas do pensamento para orientar os alunos na busca de uma solução para um problema” (Almeida; Silva, 2021, p. 4). Já para Kilpatrick, de acordo com as autoras, “heurística pode ser algo não necessariamente definitivo, mas sujeito a alterações ou complementações” (p.4). Almeida (2020), ao investigar as estratégias heurísticas de alunos ao desenvolverem atividades de Modelagem, infere que as estratégias heurísticas reconhecidas no processo de resolução de problemas, como ferramentas do pensamento (Pólya, 1945), também se evidenciam em diferentes etapas especificadas no ciclo de desenvolvimento da atividade de Modelagem.

As 8 (oito) referências selecionadas enfatizam que, pelo fato de a Modelagem ser uma atividade heurística e não algorítmica [DI_07], há o favorecimento para o desenvolvimento da criatividade. Isso porque, para a criatividade ser desenvolvida, é necessário que o ambiente seja de descobertas e investigativo [AE_02], de tal modo que



não haja um único caminho para a resolução dos problemas [DI_01]. Neste contexto, verifica-se que um dos fatores que relacionam fortemente a Modelagem com a criatividade é a sua **característica heurística**.

Quadro 10: Excertos dos trabalhos que dizem da subcategoria “*Modelagem como Atividade Heurística*”

A Modelagem Matemática, na perspectiva adotada, vem ao encontro de fatores considerados essenciais para o desenvolvimento da criatividade dos estudantes. Nesse sentido, destacam-se a **atividade heurística**, investigativa e de descobertas, que são aspectos fundamentais no processo criativo e são requisitos para um trabalho de Modelagem Matemática em sala de aula [...]. [AE_02]

Observamos também, nos dois momentos, que trazer uma novidade para a sala de aula com uma forma de ensinar diferente do que de costume e desenvolver uma aula com uma **perspectiva heurística**, em ambiente de aprendizagem de modelagem, também favorece a criatividade. [DI_07]

Modelagem Matemática pode possibilitar o desenvolvimento de tarefas na perspectiva **heurística**, tendo em vista que não é estabelecido um único caminho para resolução dos problemas. [DI_01]

[...] um produto ou resposta será considerado criativo na medida em que (a) for uma resposta nova e apropriada, útil, correta ou valiosa para a tarefa em questão, e (b) a tarefa é **heurística** e não algorítmica’ (Amabile, 2018, p. 35). [DI_07]

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Em relação à subcategoria “*Aspectos comuns da Criatividade e de um ambiente de Modelagem – liberdade, autonomia, motivação e valorização da cultura*”, foram selecionados 39 (trinta e nove) referências que dizem dos aspectos comuns entre a criatividade e um ambiente de Modelagem. Os trabalhos mencionam que a liberdade que os estudantes têm em um ambiente de Modelagem é característico de um ambiente em que a criatividade possa emergir [AE_01, DI_08_1]. Além de características como autonomia, motivação [DI_08_2] e valorização da cultura [TE].

A liberdade ainda é enfatizada quando a atividade de Modelagem é do terceiro momento (Almeida; Silva; Vertuan, 2013), quando o estudante tem autonomia para escolher o tema, elaborar o problema e construir o modelo. De acordo com os autores, nas atividades de Modelagem do terceiro momento, há uma menor interferência do professor, por conseguinte, o estudante tem mais possibilidades de desenvolver sua criatividade, matemática ou extramatemática.

Assim, **a liberdade, a autonomia, a motivação, o interesse e a valorização da cultura** são aspectos da Modelagem que também a relacionam fortemente com o desenvolvimento da criatividade.

Quadro 11: Excertos dos trabalhos [citações] que dizem da subcategoria “*Aspectos comuns da Criatividade e de um ambiente de Modelagem: liberdade, autonomia, motivação e valorização da cultura*”

O desenvolvimento da **criatividade** está estritamente ligado ao desenvolvimento da **autonomia**. E, as atividades de **Modelagem**, em consonância com a concepção aqui adotada, **ocorrem pelo viés da**



autonomia e da liberdade, fatores primordiais para o desenvolvimento da criatividade. É claro que essa relação não pode ser considerada de maneira linear e nem como no binômio causa-efeito. [AE_01]

Dessa forma, faz-se necessário um currículo multicultural, que contemple a identidade dessas pessoas e dos seus fazeres, que se **preocupe com a cultura** popular e não a ignore, pois essa cultura, impregnada nas pessoas, influencia de forma efetiva no **desenvolvimento da criatividade do estudante**. Nesse sentido, vê-se, na utilização da **modelagem**, uma possibilidade de permitir que essa criatividade emerga dentro da escola. [TE]

Destaca-se, todavia, a **liberdade** dos processos (busca e solução de um problema) e o **estímulo à investigação** como principais fatores que dizem respeito as confluências entre os objetos de estudo. [AR_04]

Assim, compreendemos que tanto o processo criativo, admitido por Alencar e Fleith (2009), como a concepção de Modelagem que adotamos, denotam aspectos relacionados à **autonomia e liberdade** dos estudantes, que neste caso são caracterizados **pela não linearidade das ações empreendidas** nas mais diversas tarefas. [DI_08_1]

No que diz respeito aos aspectos motivacionais concernentes ao processo criativo, queremos destacar os aspectos relacionados à **motivação intrínseca**, sendo essa, aquela que eflui do indivíduo, quando se empenha em desenvolver uma ação significativa e do seu interesse. [DI_08_2]

Acreditamos que uma atividade de Modelagem, com características do terceiro momento (Almeida; Silva; Vertuan, 2013), oportuniza ao aluno **utilizar habilidades que possui em outras áreas do conhecimento** para aprender matemática e ainda, tem potencialidades de contribuir com o desenvolvimento de sua criatividade. [AE_09]

Quando atentamos para aspectos de criatividade que emergem em uma atividade de Modelagem Matemática do terceiro momento (Almeida; Silva; Vertuan, 2012), devemos levar em consideração que este tipo de atividade possibilita certa **liberdade aos alunos**. Visto que, como eles devem escolher o tema de seu interesse desde o início, há maior possibilidade de existir **interesse e motivação** pelo desenvolvimento da atividade. [AE_11]

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

No que se refere às “*Características da criatividade presentes nas atividades de Modelagem - flexibilidade, originalidade, fluência, avaliação e elaboração*”, observa-se na literatura sobre criatividade (Torrance, 1976; Stenberg; Lubart, 1999; dentre outros), que as características da criatividade mencionadas são fluência, flexibilidade, originalidade, avaliação e elaboração. Encontramos 18 (dezoito) referências que mencionam a presença destas características no desenvolvimento de atividades de Modelagem, principalmente quando a intenção é avaliar se a criatividade está presente [ARI_04, CAI_03_1, CAI_03_2 DI_01, DI_04, ARI_05, ARI_07_CAI_02].

A **fluência** refere-se à abundância ou à quantidade de ideias diferentes sobre um mesmo assunto. A **flexibilidade** é a capacidade de alterar o pensamento ou conceber diferentes categorias de respostas. Por sua vez, a **originalidade** refere-se às respostas infrequentes ou incomuns para a mesma questão. A **elaboração** refere-se à quantidade de detalhes presentes em uma ideia. E, por fim, a **avaliação** diz respeito ao processo de decisão, julgamento e seleção das ideias (Alencar; Braga; Marinho, 2016).

**Quadro 12:** Excertos dos trabalhos que dizem da subcategoria “*Características da criatividade presentes nas atividades de Modelagem - flexibilidade, originalidade, fluência e avaliação*”

Como os MEAs promovem **fluência, flexibilidade, novidade e utilidade**, essas atividades podem ser usadas como a ferramenta ideal para criatividade matemática. [ARI_04]

[...] Suas soluções para a tarefa de modelagem elicitaram **flexibilidade**, bem como modelos **novos e úteis**, mas sua **fluência** era restrita porque a tarefa não era matematicamente desafiadora o suficiente. [CAI_03_1]

[...] envolve situações da realidade em que o grupo poderá estabelecer relações com a Matemática que talvez aparentemente não sejam perceptíveis. Para isso, terá que utilizar as características do pensamento criativo, tais como: **a fluência, a originalidade, a complexidade, entre outras**. [DI_01]

No desenvolvimento dessas atividades identificamos as habilidades criativas capacidade de expressar uma variedade de ideias sobre o assunto (**fluência**), mudança de abordagem para o problema (**flexibilidade**), a habilidade de reconhecer um problema a partir de uma situação-problema, a capacidade de expressar detalhes sobre uma ideia (**elaboração**). [DI_04]

Como resultado do estudo, os fatores de criatividade matemática, como **fluência, utilidade, sofisticação e originalidade**, foram confirmados por meio de atividades de modelagem matemática. [ARI_05]

A resolução de tais problemas complexos e abertos apoia o desenvolvimento de **fluência, flexibilidade e inovação** nos alunos, bem como considera a utilidade das soluções. Uma vez que as atividades de elicitação de modelos promovem **fluência, flexibilidade, novidade** e consideração sobre a **utilidade**, essas atividades podem ser usadas como uma ferramenta ideal para o desenvolvimento da criatividade matemática. [CAI_03_2]

[...] O desenvolvimento da modelagem matemática costuma ser acompanhado da ocorrência de **fluência, originalidade e flexibilidade**. [ARI_07]

Tomada como um todo, a modelagem matemática incorpora **fluência, flexibilidade, elaboração e originalidade**, que são os construtos básicos da criatividade. [CAI_02]

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Assim, de acordo com os trabalhos analisados, é possível identificar no desenvolvimento de atividades de Modelagem a fluência, a flexibilidade, a originalidade, a elaboração e a avaliação e, a partir disso, avaliar se o modelo criado pode ser considerado criativo ou não, se as ações empreendidas foram criativas ou não e, ainda, se a criatividade foi desenvolvida ou aprimorada, sempre em relação a esses aspectos.

Em síntese, as atividades de Modelagem, quando desenvolvidas de acordo com os pressupostos elencados na literatura em Educação Matemática, são (ou deveriam ser) heurísticas, pois os estudantes podem se utilizar de estratégias heurísticas como ferramentas do pensamento criativo. Assim, proporcionam liberdade e autonomia aos estudantes e podem contribuir para sua motivação intrínseca, tendo em vista a possibilidade de valorizar os aspectos culturais. Deste modo, é possível que haja fluência de ideias, flexibilidade nos encaminhamentos, originalidade nas criações, elaboração nos detalhes e avaliação do desenvolvimento da atividade, características da criatividade.



4.3 Orientações para possibilitar o desenvolvimento da criatividade em Modelagem

A categoria “Orientações para possibilitar o desenvolvimento da criatividade em Modelagem”, composta por 60 excertos, apresenta reflexões tecidas nos trabalhos a respeito das características e atitudes do professor e do estudante, da relação entre eles e do ambiente, para que haja possibilidades do desenvolvimento da criatividade.

A partir da concepção de que atividades de Modelagem podem desenvolver a criatividade, vários trabalhos apresentam o que é necessário para que este desenvolvimento ocorra. De acordo com Pereira (2008), desenvolver uma atividade de Modelagem não significa que a criatividade será aprimorada ou desenvolvida, já que são necessárias algumas atitudes do professor, dos estudantes, aliadas às características do ambiente.

No que diz respeito à ação do professor, segundo as pesquisas, ele precisa ter conhecimento sobre matemática, sobre Modelagem e sobre criatividade [ARI_04, CAI_03]; deve saber como se constrói o conhecimento dos estudantes [AE_01_4]; conhecer as características do pensamento criativo [AE_01_1]; assim como etapas do processo criativo e o que contribui para o desenvolvimento da criatividade [DI_01_1], a fim de oportunizar ações criativas dos estudantes. Do mesmo modo, é preciso ter sensibilidade para mediar o desenvolvimento da atividade para não “podar” a criatividade dos estudantes e disponibilidade para pesquisar. Ademais, vale assumir uma posição de quem não só ensina, mas aprende também aprende, por conseguinte, aceita que o estudante realize um trabalho mais aberto, ou diferente do que o professor costumar pesquisar. Deste modo, é necessário que proporcione liberdade de ação aos estudantes [AE_01_7], ao propor e/ou respeitar temas de interesse [DI_05_1, DI_01_3, DI_07_1], sempre incentivando o debate, a discussão e a participação dos estudantes [DI_01_6].

Alguns trabalhos mencionam estratégias para o desenvolvimento da criatividade em Modelagem. Mais especificamente, uma dissertação foca em três dessas estratégias: tempestade de ideias, dramatização e alteração [DI_08_1, DI_08_2, DI_08_3].

Em relação aos estudantes, a principal característica é estar motivado para desenvolver a atividade [AE_09, DI_07_2], pois só assim a criatividade tem a possibilidade de emergir, segundo os trabalhos analisados. Em relação às atitudes, os estudantes devem aceitar a construção de um ambiente pedagógico de investigação



[AR_01_2], saber ouvir os colegas [DI_01_8, DI_05_2] e ter um papel ativo no desenvolvimento da atividade [DI_01_9].

Neste contexto, a relação professor/aluno deve ser de colaboração, participação ativa e dialógica [DI_01_10, AE_04], ou seja, o professor deve ouvir e valorizar as ideias dos estudantes e vice-versa [AE_01_9, DI_01_11; AE_04; CA_02]. Por fim, o ambiente deve ser de apoio, respeito [DI_01_12, AE_04], livre expressão, liberdade de ação [AE_01_10] e aceitação às críticas [DI_03].

O Quadro 17 sintetiza as características e atitudes apresentadas nos trabalhos, bem como as estratégias, para que o ambiente de Modelagem possa ser potencializador do desenvolvimento da criatividade.

Quadro 13: Síntese da categoria “Orientações para possibilitar o desenvolvimento da criatividade em Modelagem”

Professor	Características	<ul style="list-style-type: none">- Ter conhecimento sobre Matemática, sobre Modelagem Matemática e sobre Criatividade [ARI_04, CAI_03].- Conhecer as características do pensamento criativo [AE_01_1], as etapas do processo criativo e o que contribui para o desenvolvimento da criatividade [DI_01_1], sabendo como criar oportunidades para o desenvolvimento de atitudes criativas [AE_01_2].- Ter sensibilidade para saber o que falar e o momento certo para mediar uma discussão ou resolução [DI_06_1].- Ter disponibilidade para pesquisar [AE_01_3].- Saber como se constrói o conhecimento dos educandos [AE_01_4].
	Atitudes	<ul style="list-style-type: none">- Aceitar a construção de um ambiente pedagógico de investigação [AR_01_1] e se dispor ao trabalho mais aberto [AE_01_5, DI_01_2].- Sair da posição de quem apenas ensina e se colocar na condição de quem aprende [AE_01_6].- Proporcionar liberdade de ação aos estudantes [AE_01_7].- Propor temas do interesse dos alunos [DI_05_1, DI_01_3, DI_07_1].- Incentivar o espírito crítico, a reflexão e a procura de argumentos e razões [DI_06_2].- Conhecer o que o aluno está fazendo [DI_06_3].- Incentivar os estudantes a contribuírem com a atividade [DI_01_4].- Buscar novos conhecimentos, quando necessário [DI_01_5].- Favorecer o debate e a discussão [DI_01_6].- Levantar novas hipóteses na situação [DI_01_7].
	Estratégias	<ul style="list-style-type: none">- Propor uma “tempestade de ideias” na escolha do tema, elaboração do problema e/ou na fase de interação [DI_08_1].- Usar a Dramatização na fase da inteiração e na interpretação de resultados e validação [DI_08_2].- Usar a alteração [e se?] [DI_08_3].
Estudante	Características	<ul style="list-style-type: none">- Estar motivado para resolver o problema [AE_09, DI_07_2].
	Atitudes	<ul style="list-style-type: none">- Aceitar a construção de um ambiente pedagógico de investigação [AR_01_2].- Ouvir as ideias dos colegas [DI_01_8, DI_05_2].- Participar ativamente do desenvolvimento da atividade [DI_01_9].- Contribuir com a aula, fazendo pesquisas e dando sugestões, tornando-se corresponsável pela aprendizagem [AE_01_8].
Relação Professor/Estudantes		<ul style="list-style-type: none">- Colaboração e participação ativa no desenvolvimento da atividade [DI_01_10, AE_04].



	- Dialógica – o professor deve ouvir e valorizar as ideias dos estudantes e vice-versa [AE_01_9, DI_01_11; AE_04; CA_02]
Ambiente	- Ambiente de apoio e respeito às ideias de todos [DI_01_12, AE_04]. - Trabalho coletivo [DI_06_4]. - Ambiente de livre expressão e aceitação à crítica [DI_03]. - Liberdade de ação tanto do educador quanto dos educandos [AE_01_10]

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

As considerações apresentadas por esta categoria reforçam a ideia de que a criatividade pode ser desenvolvida em um ambiente de Modelagem Matemática. Chamamos a atenção para o fato de que aspectos do processo criativo pouco são mencionados ou até suprimidos, e dão ênfase à criatividade em si.

4.4 Criatividade na produção internacional de Modelagem - Algumas especificidades

Ao analisar a produção internacional no que tange à criatividade em Modelagem, observamos algumas especificidades. A primeira especificidade é o termo “*Model-eliciting activities* (MEA)” para as atividades de Modelagem e a segunda é o uso de testes para avaliar a criatividade e as habilidades de modelagem. Outra questão é a afirmação de alguns trabalhos de que, para se fazer modelagem, é preciso ter criatividade e não que as atividades de Modelagem desenvolvam a criatividade, como é possível se verificar nos trabalhos nacionais. Por fim, um artigo que foca em aspectos da voz criativa e outro apresenta reflexões sobre a criatividade grupal.

Dos quatorze trabalhos internacionais analisados, quatro utilizam o termo “*Model-eliciting activities*” em referência às atividades de Modelagem. Os MEA referem-se às atividades de eliciação de modelos, ou seja, que incentivam os estudantes a inventar modelos¹⁰. Os autores afirmam que os MEA são promotores da criatividade, pois ajudam a desenvolver o pensamento divergente [ARI_04], a fluência e a flexibilidade, bem como incentivar os estudantes a desenvolver, criar ou inventar ferramentas ou artefatos matemáticos [AEI_01].

Nestes trabalhos, observamos uma intenção do uso da Modelagem no papel dos MEA para desenvolver a criatividade dos estudantes. Alguns autores destacam a importância dos aspectos afetivos e cognitivos durante o desenvolvimento do desempenho criativo no processo de modelagem, pois os MEA são baseados em situações significativas da vida real [AEI_01].

¹⁰ Não é foco deste artigo explorar os MEA e sua relação com a Modelagem Matemática.

**Quadro 14:** Excertos dos trabalhos [citações] que dizem da subcategoria “*Model-eliciting activities como promotora da criatividade*”

As implicações práticas do estudo de caso atual sugerem que envolver os alunos com problemas matemáticos não rotineiros (SRIRAMAN, 2008) por meio de **MEAs** pode incentivá-los a **desenvolver, criar ou inventar ferramentas ou artefatos matemáticos significativos** (LESH; THOMAS, 2010). [AEI_01]

Os **MEAs**, portanto, oferecem aos alunos a oportunidade de matematizar situações por meio de habilidades de raciocínio, comunicação, justificativa, revisão, refinamento e previsão quando estão envolvidos na resolução de problemas. Essas atividades ajudam a **desenvolver o pensamento divergente**, as habilidades de comunicação, a fluência com representações, a flexibilidade cognitiva, a **criatividade** e a capacidade de aplicar conhecimentos matemáticos. [ARI_04]

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Observamos em três artigos internacionais, o *uso de testes para avaliar a criatividade dos estudantes* e até mesmo, em um destes trabalhos, o uso de testes para avaliar as habilidades de modelagem - TMMS (Lingefjård, 2004). As pesquisas concluem, a partir dos testes, que o desenvolvimento da criatividade em atividades de Modelagem tem mais sucesso quando comparado ao desenvolvimento da criatividade no ensino tradicional [ARI_03]. Os testes utilizados foram o *Torrance Test of Creative Thinking* (TTCT) [AEI_02], desenvolvido por Torrance (1976), baseado na definição de pensamento divergente de Guilford (1967); e o teste de Criatividade de Aksoy (2004) [ARI_03], que utiliza níveis de classificação da criatividade.

Quadro 15: Excertos dos trabalhos que dizem da subcategoria “*Uso de testes para avaliar a criatividade e o pensamento criativo*”

No entanto, foi encontrada diferença estatisticamente significativa nas pontuações totais do teste de criatividade a favor do grupo de pesquisa ao final do estudo. Quando esses dados são levados em consideração, é possível dizer que o ensino com o uso de modelagem matemática tem mais sucesso no desenvolvimento da criatividade dos alunos em comparação com o método de ensino tradicional. [ARI_03]

Isso indica que, embora ambos os grupos tenham começado com quase o mesmo potencial criativo de acordo com o TTCT-Figural, após o programa de intervenção MEA, o grupo experimental exibiu uma melhora maior do que o grupo de controle. [AEI_02]

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Outros três trabalhos internacionais mencionam que a Modelagem Matemática exige criatividade ao fazer uso dos termos em inglês “*calls for*” [ARI_02] e “*creativity-demanding*” [ARI_08]. Por exigir criatividade, estes autores consideraram a possibilidade de um aumento da criatividade com o desenvolvimento de atividades de Modelagem [ARI_07].

**Quadro 16:** Excertos dos trabalhos que dizem da subcategoria “*Modelagem exige criatividade*”

Como um conjunto de equações ou outra estrutura matemática que são imagens mentais da realidade, a **modelagem matemática exige certo nível de criatividade dos alunos**. [ARI_02]

[...] ao compreender uma situação do mundo real, **é necessário aplicar a criatividade** no desenvolvimento de várias perspectivas sobre o problema; dentro do desenvolvimento matemático dos resultados, é importante o uso flexível de diferentes meios matemáticos. Além disso, nas fases de interpretação e validação dos resultados, pode ser necessário incluir ideias transversais para dar sentido aos resultados. Portanto, em nosso desenvolvimento posterior do construto de competências de modelagem, **identificamos os seguintes aspectos da criatividade que desempenham um papel importante nas várias fases do processo de modelagem**. [ARI_07]

Os resultados do estudo indicam uma correlação significativa entre competências de modelagem e aspectos de criatividade. Isso sugere que a **modelagem** pode ser conceituada como uma **atividade que exige criatividade**. [ARI_08]

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Ao realizar a leitura de todos os trabalhos, dois, especificamente, chamaram a atenção por explicitarem ideias sobre a “*criatividade individual (voz criativa)*” e sobre a “*criatividade grupal*”.

O artigo que discorre sobre a voz criativa é um relato de um professor/pesquisador norte-americano, publicado em 2006 - *Por voz criativa, quero dizer a inspiração que chega a uma única pessoa, geralmente em resposta a alguma necessidade expressa. Isso não significa ser criativo em um comitê ou se dá bem com colegas de maneira criativa*. [ARI_01]. Este trabalho é o mais antigo do nosso *corpus* de análise. O autor trata em detalhes sobre as quatro etapas do processo criativo descritas por Hadamard (2009) – preparação, incubação, iluminação e verificação – e relaciona o período de incubação e iluminação aos sonhos, além de apresentar instruções de como ter sonhos criativos, baseado em Barrett (2001). Por fim, apresenta a Modelagem como um caminho para a voz criativa.

Este artigo possui idiosincrasias em relação aos demais, justamente por apresentar a criatividade sob uma vertente mais subjetiva, que considera a criatividade como dom ou inspiração divina, mesmo mencionando autores da face objetiva da pesquisa em criatividade, como Csikszentmihalyi e Hadamard.

Em contraste à abordagem individual da criatividade, um artigo coreano publicado em 2019 apresenta um estudo sobre criatividade grupal [ARI_06]. O autor esclarece que devido à Modelagem Matemática apresentar características socioculturais, faz-se necessário considerar a criatividade do grupo que desenvolve a atividade de Modelagem sob esta perspectiva. Baseado em Sawyer (2012), ainda chama a atenção para o fato de que a criatividade grupal é mais do que a soma das criatividades individuais de cada membro do grupo, é a criatividade que ocorre no processo de interação dos membros e



possui um efeito maior.

Para analisar a criatividade grupal no desenvolvimento de uma atividade de Modelagem, o autor leva em consideração as interações entre os membros do grupo, e as classifica em interação complementar, baseada em conflito e metacognitiva. A partir das interações, surge a sinergia criativa que direcionará o encaminhamento da atividade de Modelagem. Observamos que mesmo convergindo em muitos aspectos relacionados ao processo criativo e à criatividade em Modelagem Matemática, os trabalhos estrangeiros apresentam diferentes enfoques a respeito do tema.

Quadro 17: Excertos dos trabalhos que dizem da subcategoria “*Criatividade grupal*”

Em particular, um estudo recente de Hyeyoon Jung e Kyungwha Lee (2019) presta atenção à **criatividade do grupo expressa durante as atividades de modelagem matemática**. Eles argumentam que a expressão da criatividade do grupo é útil para atividades de modelagem matemática, como derivação de modelos matemáticos, bem como presta atenção à **interação e sinergia criativa** dentro do grupo no processo de atividades de modelagem matemática. Além disso, em geral, os alunos que não são superdotados também podem participar da criatividade do grupo. [ARI_06]

Em outras palavras, a **criatividade do grupo pode ser vista como mais do que a simples soma da criatividade individual dos membros do grupo** (Sawyer, 2012, pp. 32, 246). Em suma, a criatividade do grupo de acordo com a perspectiva sociocultural é a criatividade que ocorre no processo de interação dos membros do grupo e tem um efeito mais do que a simples soma da criatividade individual dos membros do grupo. [ARI_06]

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Em síntese, temos que a concepção da Modelagem como criação ou construção de modelos se mostrou como uma motivação para os autores investigarem a criatividade em Modelagem. Outro aspecto é a característica heurística da Modelagem, que favorece a liberdade, a autonomia, a motivação, o interesse e a valorização da cultura. Observamos também que para a criatividade ser desenvolvida em um ambiente de Modelagem, o professor e os estudantes precisam possuir atitudes específicas, bem como uma relação dialógica. Um conceito importante que apareceu foi o de “criatividade grupal”.

De fato, quando desenvolvemos uma atividade de Modelagem, os estudantes estão em grupo, interagem, e a criação acontece neste ambiente. Por fim, observamos a defesa por uma via de mão dupla entre a criatividade e a Modelagem, ou seja, do mesmo modo que a criatividade viabiliza o desenvolvimento de atividades de Modelagem Matemática, inéditas e originais, as práticas vivenciadas pelos estudantes em Modelagem possibilitam que se desenvolvam cada vez mais criativos.



5 Considerações finais acerca das pesquisas sobre criatividade e Modelagem Matemática

A presente revisão de literatura mostrou que, embora recente, as pesquisas sobre criatividade em Modelagem Matemática estão em ascensão em âmbito nacional e internacional. Em um período de 15 anos (2006 – 2021), 44 (quarenta e quatro) trabalhos foram publicados, destes, destacamos as 8 (oito) dissertações e uma tese, que mostram que, em diferentes Programas de Pós-Graduação do país, o tema tem sido discutido.

Mesmo apresentando diferentes interesses de investigação, de modo geral, os trabalhos comungam do mesmo entendimento: da potencialidade da Modelagem em desenvolver a criatividade dos estudantes. Para além desta defesa, os trabalhos buscam levantar aspectos que a comprovem e meios de potencializá-la.

As categorias construídas a partir da leitura dos trabalhos dão uma ideia geral do que se tem investigado e as lacunas que esta temática de pesquisa apresenta, tais como a investigação do processo criativo, de como ele ocorre quando os estudantes estão envolvidos em uma atividade de Modelagem e como a criatividade pode ser desenvolvida ou aprimorada nesse processo. Em síntese, os trabalhos referem-se a quatro grandes categorias: Processo criativo em Modelagem Matemática; Aproximações entre Criatividade e Modelagem Matemática – características e implicações; Orientações para possibilitar o desenvolvimento da criatividade em Modelagem – reflexões sobre o professor, o estudante e o ambiente e; Criatividade na produção internacional de Modelagem – algumas especificidades.

Ao abordar o processo criativo na Modelagem Matemática, evidenciamos a concepção de Modelagem como criação ou construção de modelos, denotando já as raízes da Modelagem para a Educação Matemática, na Matemática Aplicada, nas quais, modelar matematicamente é criar modelos para representar situações da realidade. Deste modo, tem-se que os pressupostos da Modelagem podem potencializar a criação ou construção do conhecimento, visto que é necessário buscar por soluções que ainda não existem. Nesta busca, o sujeito que desenvolve a atividade de Modelagem pode seguir por etapas não lineares que são compatíveis com as etapas do processo criativo.

Quando o foco são as aproximações entre criatividade e Modelagem, temos que o fato de a Modelagem ser uma atividade heurística a constitui um ambiente favorável à produção de produtos criativos. Para além desta característica, a liberdade e a autonomia dos estudantes neste ambiente também são aspectos que favorecem a criatividade, além



da motivação e valorização da cultura do sujeito que modela. As características da criatividade – fluência, flexibilidade, originalidade, adequação e avaliação – também são apontadas como características comuns em um ambiente de Modelagem. Deste modo, são utilizadas para avaliar a criatividade na maioria das situações. Os autores geralmente identificam estes elementos a partir dos registros escritos e falas dos alunos, por exemplo, buscando inferir se o raciocínio utilizado sugere alguma fluência ou flexibilidade.

É consoante em muitos dos trabalhos analisados que não basta desenvolver uma atividade de Modelagem para que a produção seja criativa ou para que a criatividade seja desenvolvida ou aprimorada. São necessárias atitudes tanto do professor quanto do estudante, e características da relação entre eles e do ambiente, para que isso aconteça.

No que tange à produção internacional, mesmo convergindo em alguns aspectos com a produção nacional, apresenta algumas especificidades. A principal idiosincrasia é o uso de testes para avaliar a criatividade. Outra questão que nos chamou a atenção é a proposição da criatividade grupal, inspirada na perspectiva sociocultural da criatividade.

Por fim, considerando a pesquisa em criatividade, quando olhamos para os trabalhos que investigam sua relação com a Modelagem, observamos que a ênfase está na questão da criatividade enquanto habilidade potencializada pela Modelagem. No entanto, sentimos falta de trabalhos que foquem nas ações criativas dos estudantes no desenvolvimento de atividades de Modelagem, considerando uma perspectiva sociocultural.

Referências

ALENCAR, E. S.; BRAGA, N. P.; MARINHO, C. D. **Como desenvolver o potencial criador**. 12. ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2016.

ALMEIDA, L. M. W. Estratégias heurísticas como meios de ação em atividades de Modelagem Matemática. *Com a Palavra, o Professor*, v. 5, n. 11, p. 220-236, abr. 2020.

ALMEIDA, L. M. W. de; SILVA, K. A. P. da. Ciclo de modelagem matemática interpretado à luz de estratégias heurísticas dos alunos. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 1-27, mar. 2021.

ALMEILDA, L. M. W.; SILVA, K. P.; VERTUAN, R. E. **Modelagem Matemática na Educação Básica**. São Paulo: Contexto, 2013.

AMABILE, T. M. Social psychology of creativity: a consensual assessment technique. **Journal of Personality and Social Psychology**, Washington, v. 43, n. 5, p. 997-1013, nov. 1982.

AMABILE, T. M. The social psychology of creativity: a componential conceptualization. **Journal of Personality and Social Psychology**, Washington, v. 45, n. 2, p. 357-376, aug. 1983.



AMIT, M.; GILAT, T. Design and use of an instrument for evaluating students' mathematical creativity in the creative modeling process. In: JOINT MEETING 6 – 7 OF PME, 38., 2014, Vancouver. **Proceedings...** Vancouver: PME, 2014. p. 06-07.

BARBOSA, J. C. Modelagem Matemática: O que é? Por que? Como? **Veritati**, Lisboa, n.4, p. 73-80, 2004.

BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**: uma nova estratégia. São Paulo: Contexto, 2002.

BEAN, D. O que é modelagem matemática? **Educação Matemática**, São Paulo, v.8, n 9/10, p.49-61, 2001.

BEAN, D. Modelagem na Perspectiva do Pensamento. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 3., 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: UNICAMP, 2003. p. 01-11.

BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem matemática & Implicações no Ensino e na Aprendizagem de Matemática**. 2. ed. Blumenau: Edifurb, 2004.

BIEMBENGUT, M. S.; HEIN, N. **Modelagem Matemática no Ensino**. 5. ed. São Paulo: Editora Contexto, 2009.

BORBA, M. C. A Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 27., 2004, Caxambu. **Anais...** Caxambu: Anped, 2004. p. 1-18.

BRANDT, C. F. Um ensaio sobre a Complexidade, a Criatividade e as Representações Semióticas em uma atividade de Modelagem Matemática. In: BRANDT, C. F.; BURAK, D.; KLÜBER, T. E. (org). **Modelagem matemática**: perspectivas, experiências, reflexões e teorizações. 2. ed. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2016. p. 163-181.

BRITES, E. M. A. **Modelagem matemática gráfica**: instigando o senso criativo dos estudantes do ensino fundamental. 2012. 154 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Matemática) – Faculdade de Física, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

BURAK, D. **Modelagem Matemática**: ações e interações no processo de ensino-aprendizagem. 1992. 460 f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.

BURAK, D. Modelagem Matemática e a Sala de Aula. In: ENCONTRO PARANAENSE DE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 1., 2004, Londrina. **Anais...** Londrina: UEL, 2004. p. 1-10.

BURAK, D; KLÜBER, T. E. Modelagem Matemática na Educação Básica: uma trajetória. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 9., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UNI-BH, 2007. p. 1-9.

CALDEIRA, A. D. Modelagem Matemática: um outro olhar. **Alexandria**, Florianópolis, v.2, n.2, p. 33-54, jul. 2009.

CILTAS, A. The effect of the mathematical modelling method on the level of creative thinking. **The New Educational Review**, Torun, v. 30, n. 4, p. 103-113, jan. 2012.



CSIKSZENTMIHALYI, M. Implications of a systems perspective for the study of creativity. In: STERNBERG, R. J. (ed.). **Handbook of creativity**. New York: Cambridge University Press, 1999. p. 313-335.

CSIKSZENTMIHALYI, M. **The Systems Model of Creativity**: the collected works of Mihaly Csikszentmihalyi. New York: Springer, 2014.

DAL PASQUALE JUNIOR, M. L. **Criatividade e geração de ideias em atividades de modelagem matemática**. 2019. 195 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Educação Matemática) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2019.

DAN, Q.; XIE, J. Mathematical modelling skills and creative thinking levels: An experimental study. In: KAISER, G., BLUM, W., FERRI, R. B., STILLMAN, G. (eds.). **Trends in teaching and learning of mathematical modelling**, International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling. 1.ed. Springer, 2011. p. 457-466.

FERREIRA, D. H. L. Criatividade, tecnologia e modelagem matemática na sala de aula. **Revemat**, Florianópolis, v. 11, n. 2, p. 142-155. 2016.

GILAT, T.; AMIT, M.; GURION, B. **Effects of mathematical modeling intervention program on creative thinking abilities**. [S.l.], 2014. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/EFFECTS-OF-MATHEMATICAL-MODELING-INTERVENTION-ON-Gilat-Amit/741c4325b1f1da63dba89cacad356b173c6750f7>. Acesso em: 15 jan. 2020.

GILAT, T.; AMIT, M.; GURION, B. Teaching for creativity: The interplay between mathematical modeling and mathematical creativity. In: CONF. OF THE INT. GROUP FOR THE PSYCHOLOGY OF MATHEMATICS EDUCATION, 36, 2012, Taipei. **Proceedings...** Taipei: PME, 2012. p. 267-274.

GIRALDI, O. C. P. **Um estudo sobre a criatividade em um ambiente de aprendizagem de modelagem matemática**. 2020. 143 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – Instituto de Matemática e Estatística, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

GLĂVEANU, V. P. Paradigms in the study of creativity: introducing the perspective of cultural psychology. **New Ideas in Psychology**, [S.l.], v. 28, n. 1, p. 79-93, abr. 2010.

GLĂVEANU, V. P. **Distributed Creativity**: thinking outside the box of the creative individual. New York: Springer, 2014.

GLĂVEANU, V. P. Creativity as a Sociocultural Act. **The Journal of Creative Behavior**, [S.l.], v. 49, n. 3, p. 165-180, jun. 2015.

GONTIJO, C. H., FONSECA, M. G., CARVALHO, A. T., BEZERRA, W. W. V. Criatividade em Matemática: alguns elementos históricos na constituição do campo de pesquisa e de intervenção pedagógica. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 12, n. 5, p. 1-24, ago. 2021.

GUILFORD, J. P. **The nature of human intelligence**. Nova York: MacGraw-Hill, 1967.

HADAMARD, J. **Psicologia da invenção na Matemática**. Tradução de Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 2009.



JANG, H. Assessment of Mathematical Creativity in Mathematical Modeling. **Journal of the Korea Society of Mathematical Education Series D: Research in Mathematical Education**, Seoul, v. 15, n. 2, p. 181-196, 2011.

JUNG, H; LEE, K. Development of group creativity in mathematical modeling. In: ELEVENTH CONGRESS OF THE EUROPEAN SOCIETY FOR RESEARCH IN MATHEMATICS EDUCATION, 11., 2019. Utrecht. **Proceedings...** Utrecht: Freudenthal Group; Freudenthal Institute; ERME, 2019a. p. 01-03.

JUNG, H; LEE, K. Um estudo de caso de atividades de modelagem matemática de apoio através da expressão de procedimentos de criatividade de grupo. **Academia Coreana de Matemática**, Seoul, v. 22, n. 2, p. 133-161, 2019b.

KAISER, G. Modelling and modelling competencies in school. In: HAINES, C.; GALBRAITH, P.; BLUM, W.; KHAN, S. (eds.). **Mathematical Modelling (ICTMA 12)**: Education, Engineering and Economics. Horwood, p. 110–119, 2007.

LINGEFJÄRD, T. Assessing engineering student's modeling skills. In: International Conference on the Teaching of Mathematics at the Mathematical Society, 2004. Disponível em: http://www.cdio.org/files/document/file/assess_model_skls.pdf

LU, X.; KAISER, G. Can mathematical modelling work as a creativity-demanding activity? An empirical study in China. **ZDM–Mathematics Education**, [S.l.], v. 53, n. 5, p. 1-15, oct. 2021b.

LU, X.; KAISER, G. Creativity in students' modelling competencies: Conceptualization and measurement. **Educational Studies in Mathematics**, [S.l.], v. 109, n. 2, p. 287-311, jun. 2021a.

MADRUGA, Z. E. de F. A modelagem (matemática) implícita nos processos criativos de uma arquiteta. **Revista de Educação Matemática**, São Paulo, v. 18, p. 1-18, mai. 2021.

MADRUGA, Z. E. de F.; BIEMBENGUT, M. S. Modelagem matemática e suas relações com o processo criativo de um figurinista. In: ENCONTRO PARANAENSE DE MODELAGEM EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 6., 2014, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR e UTFPR, 2014. p. 1-17.

MADRUGA, Z. E. de F.; LIMA, V. M. do R. Aprender com modelagem: relações entre modelagem (matemática) e processos criativos. **Alexandria**, Florianópolis, v. 12, n. 2, p. 241-266, nov. 2019.

MADRUGA, Z. E. de F.; LIMA, V. M. do R. Processos Criativos e Modelagem: uma Investigação Qualitativa. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO VER INVESTIGACIÓN CUALITATIVA, 6., 2017, Salamanca. **Anais...** Salamanca: Universidade de Salamanca, p. 1968-1977, 2017.

MADRUGA, Z. E. F. **Processos criativos e valorização da cultura: Possibilidades de aprender com modelagem**. 2016. 297 f. Tese (Doutorado em educação em ciências e matemática) – Faculdade de Física, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

MELILLO, C. R. **Modelagem matemática no futebol**: uma atividade de crítica e criação encaminhada pelo método do caso. 2011. 220 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Matemática) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.

MERRILL, S. J. To again feel the creative voice. **International Journal of Science and Mathematics Education**, Taiwan, v. 5, n. 1, p. 145-164, 2006.



- NEGRELLI, L. G. Criando e descobrindo matemática com modelagem matemática. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 8., 2013, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Centro Universitário Franciscano, 2013. p. 1-10.
- PALMA, R. M. **Manifestações da criatividade em modelagem matemática nos anos iniciais**. 2019. 117f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Matemática) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2019.
- PALSDOTTIR, G. SRIRAMAN, B. Teacher's Views on Modeling as a Creative Mathematical Activity. In: LEIKIN, R. SRIRAMAN, B. **Creativity and Giftedness, Interdisciplinary perspectives from mathematics and beyond**. Springer, 2017. p. 47-55.
- PARK, J. H. Um Estudo de Caso de Promoção do Pensamento Criativo por Atividades de Modelagem Matemática. **Pesquisa Pedagógica em Matemática**, [S.l.], v. 27, n. 1, p. 69-88, 2017.
- PEREIRA, E. A Modelagem Matemática e o papel do professor de Matemática para o desenvolvimento da Criatividade. In: BRANDT, C. F.; BURAK, D.; KLÜBER, T. E. (Org.) **Modelagem matemática: perspectivas, experiências, reflexões e teorizações**. 2. ed. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2016. p. 201-212.
- PEREIRA, E. **A Modelagem Matemática e suas implicações para o desenvolvimento da criatividade**. 2008. 104 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Departamento de Educação, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.
- PEREIRA, E. Modelagem Matemática e Resolução de Problemas como potencializadores da criatividade no ensino de Matemática. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 11., 2013. Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBEM, 2013. p. 01-13.
- PEREIRA, E.; BURAK, D. A criatividade em aplicações de Modelagem Matemática em sala de aula. In: ENCONTRO PARANAENSE DE MODELAGEM EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 3., 2008. Guarapuava. **Anais...** Guarapuava: SBEM-PR, 2008. p. 27-38.
- PEREIRA, E.; KLÜBER, T. E.; BURAK, D. A criatividade e a modelagem matemática: contribuições à formação de “Educadores Matemáticos”. In: JREM e JNEM, 2008, 15., 2., Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: UPF, 2008. p. 1-10.
- PÓLYA, G. **How to Solve It**. Princeton, University Press, 1945.
- PONTES, H. M. de S. **Modelagem matemática sob a ótica da teoria dos registros de representação semiótica e da educação dialógica**. 2018. 281 f. Tese (Doutorado em Educação) – Departamento de Educação, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2018.
- RAMOS, D. C. **O Raciocínio Abdução em atividades de Modelagem Matemática**. 2016. 158 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.
- RAMOS, D. C.; COSTA, L. M. da; ALMEIDA, L. M. W. de. A criatividade em atividades de Modelagem Matemática. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 9., 2015, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2015. p. 1-15.
- SANTOS, F. A. dos. **Modelagem matemática e bicicleta: proposta de ensino e de aprendizagem para alunos do 3º ano do ensino médio de uma escola no município de Santana-**



AP. 2015. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Exatas) - Centro Universitário Univates, Lajeado, 2015.

SAWYER, R. K. **Explaining Creativity: The Science of Human Innovation**. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 2012.

SCHRENK, M. J.; VERTUAN, R. E. Modelagem Matemática como prática pedagógica: uma possível caracterização em Educação Matemática. **Educação Matemática Pesquisa**, São Paulo, v. 24, n. 01, p. 194-224, 2022.

SCHIRLO, A. C.; PENTEADO, D. R.; MILLÉO, I. S.; TROYNER, R. BURAK, D. Criatividade: reflexões para aulas de matemática à luz da modelagem matemática. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 11., 2013, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBEM, 2013. p. 1-14.

SETTI, E. J. K.; VERTUAN, R. E. Quando os alunos refletem sobre sua atividade de modelagem matemática. In: ENCONTRO PARANAENSE DE MODELAGEM EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 8., 2018, Cascavel. **Anais...** Cascavel: SBEM-PR, 2018. p. 1-12.

SILVA, M. L.; MADRUGA, Z. Modelagem matemática e processos criativos: mapeamento de pesquisas recentes. **Revista Paranaense de Educação Matemática**, Campo Mourão, v. 10, n. 22, p. 363-384, set. 2021.

SILVA SILVA, V. da; SILVA, W. K.; BURAK, D. Criatividade e modelagem matemática: um estudo inicial. **Revista Diálogos e Perspectivas em Educação Especial**, Marília, v. 7, n. 1, p. 87-100, jan. 2020.

SIMONTON, D. Sociocultural context of individual creativity: a transhistorical time-series analysis. **Journal of Personality and Social Psychology**, Washington, v. 32, n. 6, p. 1119-1133, 1975.

SIMONTON, D. Eminence, creativity, and geographic marginality: a recursive structural equation model. **Journal of Personality and Social Psychology**, Washington, v. 35, n. 11, p. 805-816, 1977.

SIMONTON, D. Latent-variable models of posthumous reputation: a quest for Galton's g. **Journal of Personality and Social Psychology**, Washington, v. 60, n. 4, p. 607-619, 1991.

SIMONTON, D. Creativity from a historiometric perspective. In: STERNBERG, R. (ed.). **Handbook of creativity**. New York: Cambridge University Press, 1999. p. 116-133.

SIMONTON, D. Psychology's status as a scientific discipline: its empirical placement within an implicit hierarchy of the sciences. **Review of General Psychology**, [S.l.], v. 8, n. 1, p. 59-67, 2004.

STERNBERG, R. J. **Handbook of creativity**. New York: Cambridge University, p. 3-15, 1999.

STERNBERG, R. J. *Psicologia cognitiva*. Porto Alegre: Artmed, 2000.

STERNBERG, R.J. The development of creativity as a decision-making process. In: SAWYER, R. K., JOHN-STEINER, V., MORAN, S., STERNBERG, R. J., FELDMAN, D. H., GARDNER, H., NAKAMURA, J., CSIKSZENTMIHALYI, M. (eds.). **Creativity and Development**. New Your: Oxford University Press, 1, p. 91-138, 2003.



STERNBERG, R. J.; LUBART, T. I. The concept of creativity: prospects and paradigms. In: STERNBERG, R. J. (ed.). **Handbook of creativity**. New York: Cambridge University, p. 3-15, 1999.

TORRANCE, E. P. **Criatividade**: medidas, testes e avaliações. Trad. Aydano Arruda. 1.ed. São Paulo: IBRASA, 1976.

VERTUAN, R. E.; SETTI, E. J. K. Criatividade e Modelagem Matemática: o que dizem alunos egressos de um curso de Licenciatura em Matemática sobre suas formações iniciais. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 7., 2018. Foz do Iguaçu: **Anais...** Foz do Iguaçu: SBEM, 2018. p. 01-16.

VIANA, E. R. **Estratégias de estímulo do pensamento criativo em atividades de Modelagem Matemática**. 2020. 184f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Matemática) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina/Cornélio Procópio, 2020.

VIANA, E. R.; SETTI, E. J. K.; SCHRENK, M.; VERTUAN, R. E. Aspectos de criatividade no desenvolvimento de uma atividade de modelagem matemática. In: ENCONTRO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 15., 2019, Londrina. **Anais...** Londrina: UEL, 2019. p. 1-12.

VIANA, E. R.; VERTUAN, R. E. Estratégias de criatividade em atividades de modelagem: uma reflexão metodológica. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 11., 2019, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2019. p. 1-15.

VIANA, E. R.; VERTUAN, R. E. Modelagem Matemática e Criatividade: algumas confluências. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 1-23, mar. 2021.

VIDIGAL, C. L. **Desenvolvendo criticidade e criatividade com estudantes de geografia por meio de modelagem**. 2013. 148 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Matemática) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

VIGOTSKI, L. S. **Imaginação e Criatividade na infância**. Tradução de João Pedro Fróis. São Paulo: WMF, 2014.

WESSELS, H. M. Exploring aspects of creativity in mathematical modelling. In: STILLMAN, G. A., BLUM, W., KAISER, G. (ed.). **Mathematical Modelling and Applications**. Cham: Springer, 2017. p. 491-501.

WESSELS, H. M. Levels of mathematical creativity in model-eliciting activities. **Journal of Mathematical Modelling and Application**, [S.l.], v. 1, n. 9, p. 22-40, 2014.

Recebido em: 18 de agosto de 2023.

Aceito em: 02 de fevereiro de 2024.