

As relações entre criatividade e o trabalho com tecnologias digitais que se desvelam na literatura de educação matemática

The relationships between creativity and working with digital technologies that are revealed in the mathematics education literature

Las relaciones entre creatividad y trabajo con tecnologías digitales que se revelan en la literatura de educación matemática

Les relations entre la créativité et le travail avec les technologies numériques révélées dans la littérature sur l'enseignement des mathématiques

Priscila Gleden Novaes da Silva¹

Universidade Federal da Integração Latino-Americana
Doutora em Educação em Ciências e Educação Matemática

<https://orcid.org/0000-0001-6158-0668>

Rodolfo Eduardo Vertuan²

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Doutor em Ensino de Ciências e Educação Matemática

<https://orcid.org/0000-0002-0695-3086>

Clodis Boscarioli³

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Doutor em Engenharia Elétrica

<https://orcid.org/0000-0002-7110-2026>

Resumo

Este artigo tem como objetivo identificar relações entre a criatividade e o trabalho com tecnologias digitais na literatura voltada à Educação Matemática nos Portais da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, no Portal de Periódicos da CAPES e nos Anais do *International Congress on Mathematical Education* e da *International Mathematical Creativity and Giftedness Conference*, sendo selecionadas trinta e oito publicações. Destas informações como título, autor/ano, definição de criatividade, questão ou objetivo de pesquisa e relações entre criatividade e tecnologia foram coletadas e categorizadas. A partir da análise, identificamos que: (i) o potencial das tecnologias digitais para o desenvolvimento da criatividade está em propiciar a articulação de ideias, a abertura de perspectivas, a oportunidade de assumir riscos e a colaboração; (ii) que o ensino de matemática com tecnologias digitais para a criatividade está atrelado a um trabalho que

¹ priscila.silva@unila.edu.br

² rodolfovertuan@yahoo.com.br

³ boscarioli@gmail.com

promova contextos de exploração, experimentação, acesso e compartilhamento de saberes; e, (iii) que a criatividade na construção de atividades com tecnologias digitais se relaciona com a inovação pedagógica, com as oportunidades de aprendizagem e com a adequabilidade da experiência com a tecnologia ao objetivo de ensino. Além disso, destacamos como lacunas de pesquisa a compreensão de como se dá o desenvolvimento e a expressão da criatividade docente na atuação com tecnologias digitais em sala de aula e a necessidade de aprofundamento no estudo sobre o processo criativo docente com essas tecnologias.

Palavras-chave: Criatividade, Criatividade em matemática, Tecnologias digitais, Educação matemática, Mapeamento de pesquisas.

Abstract

This article aims to identify relationships between creativity and work with digital technologies in literature focused on Mathematics Education in the Portals of the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations, in the CAPES Catalog of Theses and Dissertations, in the CAPES Periodicals Portal and in the Proceedings of the International Congress on Mathematical Education and the International Mathematical Creativity and Giftedness Conference, thirty-eight publications were selected. Of these, information such as title, author/year, definition of creativity, research question or objective and relationships between creativity and technology were collected and categorized. From the analysis, we identified that: (i) the potential of digital technologies for the development of creativity lies in facilitating the articulation of ideas, the opening of perspectives, the opportunity to take risks and collaboration; (ii) that teaching mathematics with digital technologies for creativity is linked to work that promotes contexts of exploration, experimentation, access and sharing of knowledge; and, (iii) that creativity in the construction of activities with digital technologies is related to pedagogical innovation, learning opportunities and the suitability of the experience of using technology for the teaching objective. Furthermore, we highlight as research gaps the understanding of how the development and expression of teaching creativity occurs when working with digital technologies in the classroom and the need to deepen the study of the teaching creative process with these technologies.

Keywords: Creativity, Creativity in mathematics, Digital technologies, Mathematics education, Research mapping.

Resumen

Este artículo tiene como objetivo identificar relaciones entre creatividad y trabajo con tecnologías digitales en la literatura enfocada a la Educación Matemática en los Portales de la Biblioteca Digital Brasileña de Tesis y Disertaciones, en el Catálogo de Tesis y Disertaciones de la CAPES, en el Portal de Periódicos de la CAPES y en las Actas del Congreso Internacional de Educación Matemática y de la Conferencia Internacional de Creatividad Matemática y Superdotación, se seleccionaron treinta y ocho publicaciones. De estos, se recopiló y categorizó información como título, autor/año, definición de creatividad, pregunta u objetivo de investigación y relaciones entre creatividad y tecnología. Del análisis identificamos que: (i) el potencial de las tecnologías digitales para el desarrollo de la creatividad radica en facilitar la articulación de ideas, la apertura de perspectivas, la oportunidad de asumir riesgos y la colaboración; (ii) que la enseñanza de las matemáticas con tecnologías digitales para la creatividad está vinculada a un trabajo que promueva contextos de exploración, experimentación, acceso e intercambio de conocimientos; y, (iii) que la creatividad en la construcción de actividades con tecnologías digitales se relaciona con la innovación pedagógica, las oportunidades de aprendizaje y la idoneidad de la experiencia de uso de la tecnología para el objetivo docente. Además, destacamos como vacíos de investigación la comprensión de cómo se produce el desarrollo y expresión de la creatividad docente cuando se trabaja con tecnologías digitales en el aula y la necesidad de profundizar en el estudio del proceso creativo docente con estas tecnologías.

Palabras clave: Creatividad, Creatividad en matemáticas, Tecnologías digitales, Educación matemática, Mapeo de investigación.

Résumé

Cet article vise à identifier les relations entre la créativité et le travail avec les technologies numériques dans la littérature axée sur l'enseignement des mathématiques dans les portails de la Bibliothèque numérique brésilienne de thèses et de mémoires, dans le catalogue de thèses et de mémoires du CAPES, dans le portail des périodiques du CAPES et dans les actes. du Congrès international sur l'enseignement mathématique et de la Conférence internationale sur la créativité et la douance mathématiques, trente-huit publications ont été sélectionnées. Parmi celles-ci, des informations telles que le titre, l'auteur/l'année, la définition de la créativité, la question ou l'objectif de recherche et les relations entre la créativité et la technologie ont été collectées et catégorisées. De l'analyse, nous avons identifié que: (i) le potentiel des

technologies numériques pour le développement de la créativité réside dans la facilitation de l'articulation des idées, l'ouverture des perspectives, la possibilité de prendre des risques et la collaboration; (ii) que l'enseignement des mathématiques avec les technologies numériques pour la créativité est lié à un travail qui favorise les contextes d'exploration, d'expérimentation, d'accès et de partage des connaissances; et (iii) que la créativité dans la construction d'activités avec les technologies numériques est liée à l'innovation pédagogique, aux opportunités d'apprentissage et à l'adéquation de l'expérience d'utilisation de la technologie à l'objectif pédagogique. En outre, nous soulignons comme lacunes de recherche la compréhension de la manière dont se produit le développement et l'expression de la créativité pédagogique lors du travail avec les technologies numériques en classe et la nécessité d'approfondir l'étude du processus créatif pédagogique avec ces technologies.

Mots-clés : Créativité, Créativité en mathématiques, Technologies numériques, Enseignement des mathématiques, Cartographie de recherche.

As relações entre criatividade e o trabalho com tecnologias digitais que se desvelam na literatura de Educação Matemática

Frente ao cenário de inovação tecnológica e científica do século XXI que produz mudanças em várias esferas da sociedade, afetando distintos aspectos de nossas vidas, incluindo a criatividade, emerge a necessidade de considerarmos, prática e teoricamente, tanto o papel das tecnologias digitais (TD) sobre a criatividade, pois afetam a forma como as pessoas aprendem, trabalham, produzem e interagem com o mundo; quanto o papel da criatividade no desenvolvimento tecnológico, pois a sociedade e o indivíduo também moldam novas tecnologias e formas de utilizá-las (Gangadharbatla, 2010; Henriksen *et al.*, 2016).

Considerando o impacto da tecnologia na aprendizagem e em uma educação voltada ao desenvolvimento da criatividade, inclusive no que tange à prática e à formação de professores, interessa-nos as relações que têm sido estabelecidas pelas pesquisas em Educação Matemática (EM), entre a criatividade e as TD no contexto educacional.

Ao nos referirmos à criatividade, compreendemos sua multiplicidade de definições adotadas na literatura, mas a assumimos aqui, em consonância com Glăveanu (2014), como uma ação engajada por vários atores (individualmente ou em grupos), explorando as possibilidades do mundo cultural (simbólicas e materiais) e levando à geração de artefatos apreciados como novos e úteis por si mesmo ou por outros.

Diversos estudos têm discutido essas relações no âmbito da Educação, a exemplo de Loveless, (2007); Burkhardt e Lubart (2010); Henriksen *et al.* (2016); Vilarinho-Rezende *et al.* (2016); Rezende (2017); Borges e Fleith (2018); Habowski e Conte (2019); Vilarinho-Pereira e Fleith (2021). Em especial, Loveless (2007) apresenta revisão da literatura envolvendo criatividade, novas tecnologias e aprendizado, e Vilarinho-Rezende *et al.* (2016) consideraram publicações no período de 2004 a 2014 que avaliavam a implementação de alguma tecnologia em contexto educacional e seu efeito sobre o desenvolvimento da criatividade. De modo geral, concluíram que as TD favorecem o desenvolvimento da criatividade.

Algumas das características das TD que poderiam facilitar o desenvolvimento da criatividade, destacadas por Loveless (2007), são o caráter provisório, que possibilita aos usuários fazer mudanças, experimentar alternativas, preservando um “traço” do desenvolvimento das ideias; a interatividade, que permite aos usuários se envolverem em diversos níveis de interação e *feedback* das ações; o acesso a uma vasta quantidade de informações tanto local como em diferentes lugares; a velocidade e funções automáticas, que proporcionam armazenamento, transformação e exibição de informações e, assim, possibilitam

aos usuários ler, observar, interrogar, interpretar, analisar e sintetizar as informações em níveis mais elevados.

Henriksen *et al.* (2016) destacam dois aspectos da relação entre criatividade e tecnologias no âmbito educacional. O primeiro deles é que as tecnologias fornecem novos contextos e ferramentas para a produção criativa, proporcionando novas e múltiplas maneiras de construção, representação, comunicação e compartilhamento do conhecimento, podendo fornecer oportunidades para o desenvolvimento da criatividade. O segundo aspecto, ao considerar que a criatividade humana impulsiona o avanço tecnológico e as formas de trabalho com as tecnologias, vislumbra a criatividade dos educadores, por exemplo, na concepção de formas de pensar as tecnologias no ensino, pois a maioria dos recursos digitais não foi projetada para fins educacionais.

No entanto, segundo Burkhardt e Lubart (2010), a experiência com tecnologias também pode ser prejudicial ao desenvolvimento da criatividade. As ferramentas de busca via internet, por exemplo, permitem acesso rápido a um número infinito de informações, contudo, há o risco de os usuários limitarem-se àquelas acessadas pela maioria, comprometendo o fator originalidade, essencial para a expressão criativa. Além disso, nem sempre é possível garantir a confiabilidade dessas informações. Nesse sentido, Loveless (2007) e Vilarinho-Rezende *et al.* (2016), apontam que não basta incorporar recursos tecnológicos à prática pedagógica, é preciso que sejam empregados considerando o contexto e os objetivos a serem atingidos.

No que concerne à pesquisa voltada à EM, Pitta-Pantazi *et al.* (2018) afirmam que embora vários estudos tenham explorado o impacto da tecnologia na compreensão matemática, não há muitos deles voltados ao impacto no desenvolvimento da criatividade em matemática. Assim, para que possamos avançar, é preciso verificar na literatura que relações entre criatividade e o trabalho com TD emergem nos processos de ensino e a aprendizagem de matemática. Diante disso, conduzimos esse estudo baseados na pergunta: que relações entre criatividade e o trabalho com TD são apontadas nos estudos sobre o tema, no âmbito da Educação Matemática?

Destarte, este artigo segue assim organizado: primeiramente, apresentamos os encaminhamentos metodológicos de constituição e análise do *corpus*; em seguida, trazemos as análises dos resultados, que convergiram a quatro categorias, relações principais entre os temas aqui abordados; por fim, são apresentadas as considerações finais e perspectivas da pesquisa.

Encaminhamentos Metodológicos

Com o objetivo de identificar, nas pesquisas em EM, as relações entre a criatividade e o trabalho com TD mapeamos teses, dissertações, artigos e capítulos de livros que as discutissem. Intentando abarcar a pesquisa em nível nacional e internacional, estabelecemos como campo de busca os portais da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), o Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, o Portal de Periódicos da CAPES e os Anais do *International Congress on Mathematical Education (ICME)*⁴ e da *International Mathematical Creativity and Giftedness Conference (IMCGC)*⁵. No protocolo adotado, ao realizarmos esse levantamento em 06/10/2022, selecionamos os estudos que estivessem disponíveis, na íntegra, em Língua Portuguesa, Inglesa ou Espanhola. Procedendo desse modo, o primeiro estudo encontrado foi de 2005 e o mais recente, de 2020.

O ICME foi considerado devido sua importância no cenário internacional da pesquisa na EM e por contar com grupo de trabalho específico sobre criatividade. Cabe salientar que os Anais desse evento⁶, organizado em torno da constituição de Grupos de Estudo de Tópicos (TSG) e Grupos de Discussão (DG), não apresentam a íntegra dos artigos, mas relatórios e atas das palestras e discussões realizadas em cada edição. Além disso, são realizadas publicações sobre temas discutidos no evento no formato de livros.

A pesquisa pela temática de interesse nos anais disponíveis⁷ nos permitiu identificar, a partir do ICME 11, a formação de grupos de trabalho e discussão sobre criatividade, razão pela qual atentamos para esse evento, dessa edição em diante. Relativo à edição do ICME 13, encontramos a publicação da coletânea de livros *ICME-13 Monographs*⁸ da editora SPRINGER, em que identificamos três livros: *Mathematical Creativity and Mathematical Giftedness* (2018); *Uses of technology in primary and secondary mathematics education* (2018) e *Research on Mathematics Textbooks and Teachers' Resources: Advances and Issues* (2018).

Além disso, objetivando fomentar a continuidade do trabalho realizado durante o evento, os participantes desses grupos de estudo e discussão sobre criatividade são encorajados a se juntar ao *International Group for Mathematical Creativity and Giftedness (MCG)*⁹ que,

⁴ Para saber mais: <https://www.mathunion.org/icmi/conferences/icme-international-congress-mathematical-education>. Último acesso em: 06/10/2022.

⁵ Para saber mais: <https://www.igmcg.org/conferences>. Último acesso em: 06/10/2022.

⁶ Disponíveis em: <https://www.mathunion.org/icmi/publications/icme-proceedings-and-publications>. Último acesso em: 06/10/2022.

⁷ ICME 2 (1972); ICME 6 (1988); ICME 8 (1996); ICME 10 (2004); ICME 11 (2008); ICME 12 (2012) e ICME 13 (2016).

⁸ Disponível em: <https://www.springer.com/series/15585/books?page=1>. Último acesso em 06 out. 2022.

⁹ Para saber mais: <https://www.igmcg.org/home>. Último acesso em 06 out. 2022.

por sua vez, realiza a *International Group for Mathematical Creativity and Giftedness Conference (IMCGC)*¹⁰. Encontramos disponíveis os Anais da IMCGC referentes às edições de 2011, 2014, 2015, 2017, 2019 e 2021 e, identificamos uma publicação no formato de livro, *Creativity and Technology in Mathematics Education* (2018), proposta a partir de discussões realizadas durante um mini-simpósio sobre Criatividade e Tecnologia na IMCGC de 2014 e de outras contribuições ao tema.

A Tabela 1 sintetiza as informações sobre os termos de busca utilizados em cada base de consulta e a quantidade de trabalhos selecionados, considerando cada etapa do levantamento para a composição do *corpus*.

Tabela 1.

Identificação da base de consulta, palavra-chave, quantitativo de material selecionado em cada etapa. (Os autores, 2023)

Base de consulta	Termos de busca	Primeira busca	Refinamento
BDTD	criatividade e tecnologias e matemática.	180	2
Catálogo de teses e dissertações da CAPES	criatividade AND tecnologias AND matemática.	26	0
Portal de Periódicos da CAPES	criatividade e tecnologias e matemática ou <i>creatividad e tecnologias e matemática</i> ou <i>creativity e technology e mathematic</i> .	948	14
Evento	Termos de busca	Edições	Trabalhos selecionados
ICME	“creativity” e “technology”	ICME XI (2008); ICME XII (2012) e ICME XIII (2016).	0
IMCGC	“technology”	VI (2011), VIII (2014), IX (2015), X (2017), XI (2019), XII (2022).	1
Título do livro	Termo de busca	Primeira busca	Refinamento
<i>Mathematical Creativity and Mathematical Giftedness (2018)</i>	“technology”	1	1
<i>Uses of technology in primary and secondary mathematics education (2018)</i>	“creativity”	1	1
<i>Research on Mathematics Textbooks and Teachers’ Resources: Advances and Issues (2018)</i>	“creativity”	2	2
<i>Creativity and Technology in Mathematics Education (2018)</i>	Todos os capítulos foram considerados.	20	17

¹⁰ Anais disponíveis em: <https://www.igmcg.org/conferences>. Último acesso em: 06 out. 2022.

Interessante observar na Tabela 1, em especial nas buscas realizadas nos portais da Capes de periódicos e de teses e dissertações, o expressivo número de trabalhos identificados na primeira busca. Isso se deve tanto pelo buscador inspecionar as palavras-chave nos elementos pré-textuais (título, resumo e palavras-chave), o que permite que sejam captadas pesquisas de outras áreas que envolvam TD, quanto pesquisas que fazem referência ao termo criatividade, mas que não têm como foco o estudo da temática e/ou não definem qual a concepção assumida em seus estudos.

Além disso, cabe destacar que a dissertação de Dantas (2015) não foi acessada pelos repositórios de teses e dissertações, mas pela busca realizada no site da universidade em que foi realizada. Isso se deu por termos conhecimento dessa dissertação por meio do artigo de Rosa e Dantas (2020).

Pela leitura seletiva dos títulos e resumos, também foram excluídos os trabalhos em duplicidade; aqueles que ainda que tratassem de TD e mencionassem o termo criatividade, tivessem objetivos de pesquisa focados em outras temáticas; aqueles em que a criatividade tenha sido considerada uma consequência, resultado da utilização ou proposição de algo, sem ter sido avaliada e/ou sem ter sido definida. Como resultado, foram selecionados 38 estudos, listados na Tabela 2 e identificados como T1 a T38.

Após seleção e organização do *corpus* para a análise seguindo os passos descritos por Creswell (2010), procedemos às etapas de leitura e releitura dos trabalhos, anotando a percepção geral das informações e revisando os propósitos da investigação, de forma que aspectos de interesse de cada pesquisa fossem descritos em formulário estruturado pelos pesquisadores contendo título, autor/ano, definição de criatividade, questão e/ou objetivo da pesquisa e as relações entre criatividade e o trabalho com tecnologia. A partir disso, iniciamos o processo de codificação, organizando os conteúdos desses materiais em grupos, inicialmente utilizando exatamente os mesmos termos empregados pelos autores e, em seguida, em função do volume de dados, para sintetizar, agrupando os tópicos similares.

Tabela 2.

Identificação das pesquisas e composição do corpus. (Os autores, 2023)

Identificação – Autor(es) (ano)	Tipos de pesquisa
T1 - Cox, Harper e Edwards (2018); T2 - Tassel, Stobaugh e Maxwuel (2018); T3 - Madden (2018); T4 - Redmond-Sanogo, Stansberry, Thompson e Vasinda (2018); T5 - Flores, Park e Bernhardt (2018);	Capítulo de livro

T6 – Davis, Phillips e Kulm (2018);	
T7 – Watson e Enderson (2018);	
T8 - Dickman (2018);	
T9 - Milner-Bolotin (2018);	
T10 - Szymanski (2018);	
T11 - Gerson e Yu (2018);	
T12 - Abramovich (2018);	
T13 - Sriraman e Lande (2018);	
T14 - Vidakovic, Dubinsky e Weller (2018);	
T15 - Champlain, DeBlois, Robichaud e Freiman (2018);	
T16 - Fellus e Biton (2018);	
T17 - Manuel (2018);	
T18 - Essonier, Kynigos, Trgalova e Daskolia (2018);	
T19 - Kynigos e Kolovou (2018);	
T20 - Daher e Anabousy (2018);	
T21 - Trgalová, El-Demerdash, Labs e Nicaud (2018).	
T22 - Aqda, Hamidi e Rahimi (2011);	
T23 - Karadag, Martinovic e Birni (2015);	
T24 - Supriatin e Boeriswati (2019);	
T25 - Fatimah (2019);	Artigos de eventos
T26 - Velikova e Petkova (2019);	
T27 - Fitriasari, Octaria e Sari (2020);	
T28 - Yushau, Mji e Wessels (2005);	
T29 - Idris e Nor (2010) ;	
T30 - Contreras (2013);	
T31 - Yildiz, Baltaci e Demir (2017);	
T32 - O'byrne, Radakovic, Hunter-Doniger, Fox, Kern e Parnell (2018);	Artigos de periódicos
T33 – Rosa e Dantas (2020);	
T34 - Daher e Anabousy (2020);	
T35 - Vaz e Junior (2020).	
T36 - Oliveira (2016)	Tese
T37 - Dantas (2015)	
T38 – Neri Junior (2019)	Dissertação

Isto posto, apresentamos nossos resultados e discussões em duas partes: a primeira identificando as concepções de criatividade, as TD utilizadas e as temáticas de interesse dessas pesquisas e, na segunda, exibimos os principais achados acerca das relações entre criatividade e uso de TD considerando o ensino e a aprendizagem de Matemática.

Resultados e Análise

Antes de discorrermos sobre relações entre criatividade e TD, entendemos relevante apresentar alguns dos conceitos de criatividade mais citados e as TD que foram utilizadas. Essa escolha de estruturação considera a existência da multiplicidade de conceituações para criatividade, bem como, de TD que vêm sendo implementadas no contexto educacional.

Identificamos que, nessas pesquisas, algo criativo atende aos critérios de novidade ou originalidade e utilidade, sendo referentes aos contextos explorados nos estudos. Sendo a

criatividade contextual e situacional (Glăveanu, 2014), ao explorar, por exemplo, a experiência dos estudantes com TD e o desenvolvimento da criatividade, os estudos analisam aspectos de criatividade que se desvelam no processo de aprendizagem e que os estudantes manifestam tanto nas soluções que apresentam quanto na construção dessas soluções, os caminhos que trilham e que permitem chegar na resolução ou na proposição do problema, relações que tem sido foco de atenção na EM (Brolezzi, 2015; Pitta-Pantazi *et al.*, 2018).

Além disso, baseadas em distintas concepções de criatividade, as publicações evidenciam, por vezes, aspectos relativos ao produto, ao processo, à pessoa e/ou ao ambiente ou à interação entre alguns destes na emergência do produto (criativo) em suas análises, de forma que os critérios de novidade ou originalidade e utilidade são abordados sob distintas nuances.

Há pesquisas, por exemplo, com foco na interação entre as oportunidades (ambiente) e a sensibilidade dos estudantes (T4, T11, T15, T16 e T31). Como T31 que aborda a criatividade como o processo de ser sensível a dificuldades e lacunas de informação, de modo que os estudantes façam suposições e hipóteses, testem, revisem e reafirmem essas hipóteses e finalmente, comuniquem resultados, estando geralmente relacionada à resolução de problemas. Já na pesquisa T11 a criatividade é uma construção baseada nas escolhas que os alunos fazem no processo de criação de sentido e resolução de problemas, mediante sensibilidades de ordem estéticas como simplicidade, apelo visual, conexão, relações entre diferentes formas de pensamento, simetria, ordem, beleza, elegância, facilidade de entendimento e que levam a resultados novos, ao menos para eles.

A criatividade também é associada ao ato de escolha em T16, mas esta dependente do que conhecemos, das opções, das experiências, que permitem novas conexões. Nessa pesquisa, a criatividade está relacionada ao pensamento combinatorial, que pode acontecer quanto o aluno tem a oportunidade de combinar elementos (já conhecidos) em novas formas, ou seja, a partir do que já sabe e experienciou, imaginando, combinando, alterando e criando algo novo, ao menos para ele.

Algumas pesquisas focam na criatividade emergente na interação com os outros e com o ambiente. Para T18 e T19, a dimensão social da criatividade pode ser identificada nos processos de troca ou negociação que acontecem entre os criadores, levando à co-construção de perspectivas novas, compartilhadas e, portanto, mais enriquecidas. T8, por sua vez, tem como premissa a criatividade com foco na colaboração criativa, sendo distribuída entre atores e objetos, discutindo os papéis de suporte e de campo que as pessoas assumem na integração da novidade.

Critérios como novidade ou originalidade e utilidade marcam fortemente as perspectivas assumidas de criatividade em matemática, atreladas à resolução e formulação de problemas (T1, T3, T5, T7, T11, T12, T13, T14, T24, T29, T30, T31), ao assumirem a criatividade como o potencial de criar soluções originais, bem como novos problemas e/ou de reformular adequadamente problemas. A título de exemplo, T5 assume que a criatividade está na atitude do estudante de produzir soluções novas ou detalhes no contexto de uma tarefa, apresentando trabalho original suportado por conceitos aprendidos previamente; T29 a descreve como a habilidade de analisar um problema dado de várias maneiras, observar padrões, semelhanças e diferenças, produzir múltiplas ideias e decidir um método adequado para lidar com problemas matemáticos, e em T14 é abordada a importância de combinar ou reorganizar ideias, aplicar técnicas ou abordagens úteis para lidar com informação desconhecida, na criação de novos objetos, novos *insights* e na formulação de novas questões.

Em relação à resolução e proposição de problemas, evidenciamos também a análise das habilidades relacionadas à criatividade identificadas por Guilford (1950), flexibilidade, fluência originalidade e elaboração (T11, T17, T20, T21, T22, T23, T24, T29, T31). A fluência sendo entendida pela quantidade de ideias/respostas corretas diferentes sobre um mesmo assunto, no desenvolvimento de uma tarefa/problema; a flexibilidade tomada como a mudança de perspectiva, de estratégia ou transformação de uma ideia no contexto da resolução da tarefa; a originalidade a partir do quão rara (diferente das usuais) é a resposta ou o procedimento adotado em relação às respostas e procedimentos dados à tarefa e, a elaboração, assumida como a habilidade de redefinir um problema para criar outros por meio da mudança de um ou mais de seus aspectos.

Assim, evidenciamos uma multiplicidade de entendimentos e de aspectos da criatividade que são foco nas pesquisas que compõem o *corpus* de análise, o que nos conduziu a realizar a busca por relações entre criatividade e trabalho com TD partindo do que cada um desses estudos entende como criatividade. Ou seja, as discussões empreendidas nas análises não dizem do nosso entendimento de criatividade e tecnologias, mas do que encontramos na literatura.

Tendo em vista o prosseguimento e aprofundamento de pesquisas que explorem a criatividade e o trabalho com TD em contextos de ensino e aprendizagem de matemática, expomos a variedade de TD que foram apresentadas nos artigos, com destaque para a utilização de software de geometria dinâmica (SGD) (T1, T3, T5, T9, T11, T14, T23, T25, T26, T30, T31, T34, T36), em especial, o *GeoGebra* e o *Geometer's Sketchpad*. Observamos também pesquisas como T2, T16 e T24, que realizam sua análise sem especificar determinada TD, baseando suas

discussões nas TD em geral. Outras pesquisas fazem uso de distintas tecnologias, pois partem de questões como disponibilidade dos recursos e interesse dos envolvidos em suas análises, como a pesquisa T33 que cita lousa interativa portátil, *tablet* e smartphones, programas como *Power Point*, *Word* e editores de imagens. Da mesma maneira, T28 e T29 citam computador, calculadoras e SGD. Outra tecnologia evidenciada nas pesquisas (T18, T19, T21) é a que denominam *c-book*, um ambiente computacional no formato de um *e-book* que inclui diversas ferramentas dinâmicas, mecanismo de análise de dados autoráveis e que suporta o design colaborativo assíncrono de recursos pedagógicos.

Além dessas, são citados ambiente de programação *Phyton* (T5, T14); softwares de edição de vídeo *Macromedia Flash* (T4, T27); websites como CAMI - Comunidade Virtual de Resolução de Problemas (T15, T17) e o MESE - *Mathematics Educators Stack Exchange* uma Plataforma de perguntas e respostas para estudantes de matemática (T8); impressão 3D (T10, T35); calculadoras gráficas como *Wolfram Alpha* (T12, T13); planilha interativa como *Excelets* (T7); ambiente de aprendizado de simulação virtual *Second Life*; aplicativo como *Paper Pool* (T20), computadores (T22) e aplicativos de animação *Stop motion* (T32).

A partir das questões e/ou objetivos das pesquisas analisadas, identificamos quatro focos de interesse. O primeiro diz das possibilidades das TD para o desenvolvimento da criatividade em matemática e reúne pesquisas que refletem a aprendizagem de matemática com TD para dizer do papel e/ou das contribuições de distintas TD para a criatividade. Essas investigações tomam como foco das análises situações que envolvem resoluções de problemas e tarefas matemáticas com TD e se apresentam na forma de ensaios ou análise secundária de dados (T10, T13, T14, T15, T16, T28, T29, T35) ou por meio da observação de aprendizes de matemática, como estudantes do Ensino Básico (T22, T23, T24, T36), licenciandos em matemática (T1, T5, T20, T30, T31) e membros de uma comunidade virtual (T17). Apenas na pesquisa T6 a análise é baseada na experiência de aprendizado de licenciandos numa atividade que envolve música e matemática em ambiente de simulação virtual.

O segundo foco trata das possibilidades das TD atentando para situações de ensino de matemática para o desenvolvimento da criatividade. Essas pesquisas, realizadas no âmbito da formação de professores (T2, T9) e na forma de ensaios e análise secundária de dados (T4, T8, T12, T21), discutem o papel das TD para a criatividade, avaliando metodologias, práticas e atividades de ensino de matemática com TD.

A criatividade em matemática no trabalho com TD é outro foco presente nos trabalhos. Ele contempla investigações sobre criatividade em matemática em contextos de resolução de

problemas com TD. Isso se dá tanto com licenciandos de matemática (T3, T34), quanto com estudantes do Ensino Básico (T11).

Por fim, o quarto foco trata da criatividade na construção de atividades e recursos com TD para o ensino de matemática e reúne as pesquisas que dizem da criatividade na construção de atividades e recursos pedagógicos com TD para o ensino de matemática, possuindo como interesses ora a atividade construída (T3, T7, T25, T26, T27, T33), ora o processo de criação das atividades (T18, T19, T32, T37).

Beghetto (2017), no que tange à criatividade nos processos de ensino e de aprendizagem, distingue três, mas interrelacionadas, formas de criatividade no ensino: ensino sobre/para/com criatividade, cada uma possuindo distintos objetivos pedagógicos e bases de conhecimento. Em suma, ensinar “sobre” criatividade tem o objetivo de promover o entendimento sobre o fenômeno criativo e seu campo de estudo; ensinar “para” a criatividade tem como objetivo desenvolver a criatividade dos estudantes e, ensinar “com” criatividade tem o objetivo de ensinar criativamente.

Refletindo os objetivos das pesquisas que compõem o *corpus* a partir da distinção realizada por Beghetto (2017), identificamos que o ensino para a criatividade, especificamente ensino com TD para a criatividade, tem recebido mais atenção em detrimento à criatividade no ensino com TD e, não identificamos pesquisas voltadas ao estudo do ensino sobre criatividade com TD. Partindo das temáticas de interesse e, no intuito de lançar luz aos principais achados acerca das relações entre criatividade e o trabalho com TD nessas pesquisas, construímos quatro focos analíticos que discutiremos a seguir: Potencial das TD para a criatividade em matemática; Ensino de matemática com TD para a criatividade; Criatividade em matemática com TD; e Criatividade no ensino de matemática com TD¹¹.

Potencial das TD para a criatividade em matemática

Nesta seção, buscamos evidenciar, a partir de nosso *corpus* de análise, o potencial da experiência do estudante com TD para o desenvolvimento e expressão da criatividade. As pesquisas apontam características potenciais das TD como dinamismo, interatividade, conectividade e poder de processamento que abrem possibilidades, ao lidar com situações de resolução e proposição de problemas e tarefas matemáticas, para a realização de diferentes ações: a) de caráter exploratório e experimental, como vivenciar e modificar situações; testar conjecturas; verificar ideias; visualizar e relacionar distintas representações de objetos; simular

¹¹ As publicações analisadas podem tratar de questões relacionadas a mais de uma temática.

a realidade; bem como b) de acesso e compartilhamento de informações. Essas ações aparecem associadas à possibilidade de se abrir a distintas perspectivas de pensamento e de atuação; à necessidade de relacionar informações e ideias; à oportunidade de os estudantes assumirem riscos, permitindo-se errar e se encorajar a novas tentativas, bem como ensejam oportunidades de criação colaborativa.

O potencial de permitir aos estudantes verem o objeto matemático de diferentes perspectivas, o testar e o experimentar, são relacionados à possibilidade da emergência da criatividade, principalmente por contribuir para a articulação entre distintas ideias, conceitos e representações, propiciando a abertura de novas perspectivas e ações frente a uma situação, produção de diferentes respostas e variação de soluções. Assume-se, aqui, o pensamento matemático criativo como uma atividade intelectual geradora de novas ideias ou respostas em uma situação matemática não rotineira e que a geração dessas novas ideias mostra habilidades de fluência, flexibilidade, originalidade e elaboração.

De acordo com T21, o recurso digital que denominam *c-book*, poderia promover fluência e flexibilidade ao fornecer aos alunos um ambiente no qual podem explorar o relacionamento entre situações geométricas e fórmulas algébricas, enquanto se beneficiam de *feedback* que lhes permite controlar suas ações e verificar suas conjecturas. O *feedback* possibilitaria a produção de situações diferentes e variadas (flexibilidade) e auxiliaria a romper a fixação mental que fazemos das representações.

Além disso, o *c-book* forneceria não apenas recursos digitais para explorar aspectos geométricos e algébricos dos lugares geométricos estudados separadamente, mas também o que denominam comunicação entre recursos de geometria dinâmica e ambientes de álgebra, *Cinderella* e *EpsilonWriter*, respectivamente, o que permitiria encontrar experimentalmente a fórmula algébrica correspondente ao lugar geométrico gerado de maneira única; essa característica contribuiria para o desenvolvimento de abordagens originais por parte dos alunos (originalidade).

Tendo como foco o estudo da flexibilidade na proposição de problemas, a partir de uma situação matemática apresentada, tanto observando diferentes tipos de problemas, quanto diferentes estratégias para propor problemas, de acordo com a análise de T20, a utilização do aplicativo *Paper Pool* está relacionada à manifestação de maior flexibilidade nos tipos de problemas. Apenas estudantes que utilizaram o recurso propuseram problemas sobre algo em particular (a velocidade da bola), e isso se deve à presença, na interface do aplicativo, desse componente da situação apresentada. Logo, a contribuição da TD se relacionaria a influenciar na compreensão da situação matemática, pois a manipulação da interface do aplicativo, que

mostra os diferentes componentes da situação, facilitaria a visualização das relações entre seus componentes, oferecendo, portanto, mais meios para variar seus problemas propostos.

A pesquisa T11 analisa a criatividade expressa pelas escolhas de ordem estéticas que os estudantes fazem durante a resolução de problemas e afirma que no SGD, “à medida que os alunos interagem com figuras geométricas e gráficos, eles naturalmente fazem e testam conjecturas, escolhem o que construir, o que buscar, o que perceber e prestar atenção, com base em suas próprias imaginações, sensibilidades estéticas, caprichos e pensamento matemático” (Gerson & Yu, 2018, p. 352). Ou seja, é um ambiente que potencializa sensibilidades estéticas por meio da interação visual e possibilita aos estudantes um ambiente em que tenham liberdade de fazer escolhas, o que estaria relacionado a permitir que mudem as perspectivas à vontade, arrastando diferentes pontos, segmentos e figuras, prestando atenção a diferentes propriedades, como comprimento lateral, ângulo, medida, orientação e simetria, o que pode conduzi-los a mudanças de perspectivas ou organização do pensamento em novas formas na resolução de problemas.

T34 ao analisar a flexibilidade envolvida na resolução de problemas com TD, assumindo que esta é referente às mudanças de ideias e abordagens na resolução de um problema, afirma que o papel da utilização do *GeoGebra* nas resoluções avaliadas como dotadas de flexibilidade, foi o de auxiliar no avanço da resolução por meio de modificações repetitivas, que consistiam em condições/características que o solucionador ia mudando a partir da primeira solução. Nesse sentido, o recurso teria apoiado, principalmente, a verificação sucessiva de diversas consequências de conjecturas, por meio da facilitação, principalmente, da medição de áreas relacionadas a uma consequência específica.

O trabalho com TD também aparece atrelado ao reformular e ao recriar, em outras palavras, ao combinar para criar algo inédito. De acordo com T16, a utilização do *GeoGebra* pelos estudantes ao lidarem com a construção de demonstrações de propriedades matemáticas possibilitou a expressão da criatividade e da autoria, quando estes combinaram distintas ideias matemáticas para construir suas provas utilizando a tecnologia e por “[...] atos de bricolagem, de escolha e raciocínio, eles criaram representações matemáticas” (Fellus & Biton, 2018, p. 522), que foram apreciadas como únicas e inovadoras pelos outros estudantes. Nessa pesquisa, a criatividade (na ação de criar uma demonstração) é associada à atividade combinatorial do que já se sabe e se experienciou na produção de novas formas de representação do conhecimento, ocorrendo quando uma pessoa imagina, combina, altera e cria algo.

A oportunidade de criar e testar possibilitada por distintas TD como software de coleta e análise de dados, sistemas de resposta automática, simulações computadorizadas e SGD

permite que os alunos explorem ideias matemáticas, estando relacionada ao que a pesquisa T9 denomina “[...] redução do custo do fracasso”, por “permitirem que os alunos experimentem, cometam erros, reflitam [...], façam alterações e façam novamente” (Milner-Bolotin, 2018, p. 257). Para essa pesquisa, cometer erros é uma parte inerente do desenvolvimento da criatividade. Assumindo que criatividade envolve pensar em novas ideias, conceber novas abordagens, sair do caminho comum e, eventualmente, assumir riscos e superar obstáculos, argumentam que isso pode ser alcançado se o estudante se sentir seguro para falhar e tiver amplas oportunidades para tentar novamente.

T1, por sua vez, tendo como foco de análise da criatividade a busca por *insights*¹² que se relacionam a abertura de novas perspectivas para problemas existentes e que permitem uma solução ou iluminam uma nova abordagem ou estratégia, afirma que o trabalho com SGD permitiu que as alunas, envolvidas na criação de um caleidoscópio interativo, adotassem o *insight* de uma delas de que poderiam utilizar além de simetria, a reflexão no modelo. Isso as conduziu a uma estratégia experimental (que levou a uma resolução considerada nova e útil) em que decidem usar ferramentas de simetria reflexiva no IGS e examinar seus resultados no modelo que estavam construindo. De acordo com os autores, isso foi possibilitado pela tecnologia quando elas entenderam que uma vez que tivessem conduzido um experimento, se o resultado não combinasse com suas percepções/imagens conceituais, poderiam revisar seu trabalho.

Também atento ao potencial de reversibilidade das TD encontramos T10, para quem os recursos computacionais de design permitem que os usuários criem e modifiquem seus projetos sem a criação física do produto, o que relacionam a um ambiente de testagem de baixo risco, “os objetos criados no mundo virtual podem ser modificados, destruídos e recriados com algumas teclas, dando liberdade para a criatividade e testagem de ideias em um ambiente seguro” (Szymanski, 2018, p. 329). Ou seja, a utilização dessas TD possibilita que os estudantes possam testar e falhar várias vezes, o que ensinaria além do aprendizado de algo novo em cada interação, implementar melhorias no produto que está sendo criado. Ademais, a impressão 3D ofereceria uma extensão a esse potencial por possibilitar a criação de protótipos a baixo custo, sendo que “a capacidade de imprimir rapidamente uma peça de protótipo e testá-la na solução fornece *feedback* imediato do mundo real aos alunos, o que também abre a porta para a criatividade à medida que surgem desafios e formas inovadoras de pensar sobre o problema a

¹² De acordo com o autor, seria o pensamento ou raciocínio responsável pela “virada” da impossibilidade para a solubilidade.

partir da capacidade de ver fisicamente e manipular partes do modelo” (Szymanski, 2018, p. 338).

Para T20, a flexibilidade nas estratégias para propor problemas, por exemplo, variando os dados e perguntando sobre um objeto ou relação matemática geral, ou variando os dados e perguntando sobre um objeto ou relação matemática específica é relacionada ao uso da TD “[...] pelo seu potencial de facilitar o retrabalho com o mesmo processo ou exemplo, ajuda a olhar o que fizemos, o que funcionou ou não. Isso permitirá que o aluno decida qual estratégia usar para propor problemas futuros” (Daher & Anabousy, 2018, p. 246).

Desse modo, entendemos que a revisitação do processo, possibilitada pelas TD, pode ressignificar o erro pelos alunos, de forma a diminuir o sentimento de fracasso a ele associado, que muitas vezes faz com que o estudante desista da atividade. Abrem-se, portanto, oportunidades para encorajar os estudantes a assumirem riscos, a experimentar possibilidades, a engajar-se com a tarefa, e esse encorajamento se deve à experimentação possibilitada pelas TD. Nesse sentido, de acordo com Mann (2006), o fato de os estudantes poderem assumir riscos ao testarem diferentes possibilidades de respostas pode os levar a resolver problemas de várias maneiras, a propor novas questões matemáticas e a desenvolver estratégias originais.

O aspecto colaborativo é citado em T8 e T10 referindo-se ao fato de que as TD permitem que os usuários compartilhem e comuniquem ideias. T8, ao analisar o caminho de como uma pergunta foi respondida no MESE¹³, associam a proposição e a resolução de problemas à criatividade, assumindo que levantar novas questões e possibilidades ou olhar velhas questões de um novo ângulo, requer imaginação criativa. Em face disso, afirma que a colaboração foi possibilitada mediante o potencial do site de facilitar a discussão, permitindo que múltiplos atores e objetos participassem do ato criativo, nesse caso, representados tanto por membros do campo que interagem conjuntamente partilhando e/ou respondendo perguntas, quanto pela confluência de fontes de pesquisa que contribuíram para que a resposta da pergunta surgisse.

A pesquisa T10 envolveu a criação em grupo de protótipos, onde estudantes iterativamente desenvolveram, testaram e documentaram seu sucesso ou falha, tendo em vista superar as deficiências nos produtos criados, o que poderia, de acordo com o estudo, aprimorar o entendimento matemático e a criatividade. Aponta que o compartilhamento dos objetos criados virtualmente permitiu que esses pudessem ser manipulados, vistos, testados e comentados por outros, o que teria trazido ao criador o ganho de um melhor entendimento do

¹³ *Mathematics Educators Stack Exchange*, plataforma em que pessoas interessadas no ensino e no aprendizado de matemática podem abordar novas questões e se envolver de forma colaborativa com outras pessoas que compartilham seus interesses.

conteúdo e está relacionado com a questão da aprovação social, de determinar se o produto é novo, útil ou de valor.

Assim, percebemos o trabalho com TD para o desenvolvimento da criatividade relacionado ao que essas possibilitam de acesso e compartilhamento de diferentes perspectivas, seja no trabalho ao mesmo tempo e no mesmo lugar que outras pessoas (como na interação remota síncrona ou em sala de aula) ou o acesso a uma informação ou perspectiva já compartilhada em outro tempo e lugar (como nos repositórios online de informação, Websites, *Wikipedia* e outros), e que se configuram em oportunidades para a colaboração criativa.

Dessa forma, ganha destaque a partir das análises realizadas por essas pesquisas que o potencial para o desenvolvimento da criatividade no trabalho com TD no ensino e na aprendizagem da matemática reside no que estas oportunizam para a exploração, experimentação, acesso e compartilhamento, ou seja, depreende-se da discussão acerca das potencialidades das TD para a criatividade em Matemática que importante é a experiência possibilitada com a TD.

Ensino de matemática com TD para a criatividade

Na seção anterior, enfatizamos os aspectos da criatividade em matemática que os estudos apontam se beneficiar do trabalho ou da experiência com TD na aprendizagem matemática, como potencial de conectar múltiplas representações de conceitos abstratos, de fazer novas perguntas, de conectar conceitos matemáticos abstratos e aplicar esses conceitos a novos contextos, e de comunicar e criticar ideias matemáticas. O que se evidencia é que os contextos de trabalho com TD para o desenvolvimento da criatividade não são quaisquer.

De acordo com o *corpus* analisado, o trabalho proposto no ensino de matemática com TD visando o desenvolvimento da criatividade está intrinsecamente relacionado ao tipo de tarefas/metodologia envolvida, dentre as quais se destacam contextos de resolução e proposição de problemas (T1, T5, T10, T7, T17, T20, T30); tarefas/problemas investigativos, exploratórios, abertos, com diferentes graus de complexidade (T21, T7); que envolvem contexto de trabalho colaborativo, com atividades que requeiram discussão e negociação (T1), problemas que reflitam experiências do mundo real, admitindo diversas soluções e perspectivas (T2, T10), problemas que não sejam automaticamente resolvidos pelo software, mas que o papel da tecnologia para lidar com ele seja necessário (T12). Ou seja, são os contextos que possibilitam ao aprendiz o criar durante a aprendizagem de matemática: criar um problema, um novo caminho para solucionar um problema, uma nova solução, uma nova compreensão. São as experiências que auxiliam o estudante a reorganizar e expandir seu pensamento, o que pode

ser potencializado pelo trabalho com TD, ao permitir exploração, experimentação, acesso e compartilhamento.

Nesse sentido, T2, ao discutir um quadro teórico para o desenvolvimento de tarefas que ofereceriam oportunidades para o pensamento criativo de estudantes, defende que estas deveriam envolver quatro elementos: complexidade cognitiva; aprendizado real; integração tecnológica e engajamento. De acordo com essa pesquisa, a integração de tecnologia com os outros três componentes, deve ser realizada não apenas como um complemento, mas para apoiar significativamente o trabalho na realização da tarefa de maneira eficiente, compreendendo que “A tecnologia aliada ao pensamento crítico, ao envolvimento do aluno e ao aprendizado no mundo real oferece oportunidades para que os alunos produzam novos produtos para resolver problemas autênticos” (Tassell *et al.*, 2018, p. 74).

T21 cita como características de situações ou problemas com potencial para engajar estudantes em atividades que promovem a criatividade, situações de formulação e solução de problemas que sejam abertas e não facilmente resolvidas, em que os estudantes sejam vistos como solucionadores de problemas e aprendizes ativos e que sejam promovidas interações sociais nos processos de resolução.

A proposição de atividades colaborativas, que envolvam interação e compartilhamento de ideias, é observada por T5, para quem a criatividade emerge quando, ao nos envolvermos numa atividade com TD e lidarmos com conceitos, ativamos o aprendizado prévio, fazemos novas conexões que levam à solução, ou seja, úteis para o contexto considerado. Essa pesquisa analisa que nesse tipo de atividade, com auxílio de SGD, os alunos constroem um entendimento compartilhado dentro de seu pequeno grupo e com toda a turma.

Com esse olhar, T14 discute uma abordagem pedagógica que encoraja exploração, colaboração e discussão, de forma que os alunos podem usar a tecnologia para explorar o pensamento reflexivo e a imaginação, o que seria inerente ao estabelecimento de oportunidades para o desenvolvimento do pensamento criativo. Nessa abordagem, os alunos geralmente trabalham em pequenos grupos em atividades de exploração de novos conceitos matemáticos, realizando (por exemplo, escrevendo programas de computador ou construindo figuras geométricas), fazendo observações, refletindo, discutindo, e negociando em seus grupos sobre o que escrever como resposta para uma determinada 'exploração'. De acordo com esses autores, isso apoia a criatividade, pois os alunos são incentivados a refletir sobre seus pensamentos e a construir novas estruturas mentais, pois as interações realizadas, tanto com outros alunos quanto com o instrutor, podem levar a novos *insights* individuais.

Dessa forma, os estudos apontam que o que importa para o desenvolvimento da criatividade é o tipo de experiência que se propõe com a TD. Nesse sentido, T9 traz que estas devem ser utilizadas para apoiar investigações dirigidas por estudantes, e que promovam envolvimento significativo com a matemática. T13 também aborda a necessidade de pensar no tipo de pergunta a ser feita mediante o trabalho com TD, pois afirma que, apesar de elas oferecerem múltiplas possibilidades, simplesmente usar um software multimodal para mostrar múltiplas representações não significa necessariamente que isso resultará em qualquer compreensão ou percepção mais profunda, ou ainda, em ação criativa.

Algumas questões negativas relacionadas ao trabalho com TD no ensino de matemática, apontadas por T12, incluem a redução de habilidades de cálculos manuais e a facilidade de construir gráficos de funções sem entender seu comportamento. Os autores chamam a atenção para exemplos de como os cálculos manuais podem resultar em *insights* profundos que apresentariam aos alunos oportunidades de aprendizado e compreensão. Desse modo, apontam para uma natureza complementar dos cálculos manuais às possibilidades das TD.

Para T12, essa dicotomia entre aspectos positivos e negativos da tecnologia no ensino da matemática exige o desenvolvimento de estratégias que permitam que o resultado da resolução de problemas não dependa apenas do uso de recursos computacionais para cálculos que poderiam ser realizados sem estes, mas que introduzam problemas que motivem e possibilitem a compreensão conceitual, o desenvolvimento e a inferência perspicaz por meio do trabalho com a tecnologia.

Ao refletirmos sobre isso, concordamos com Loveless (2007) quando afirma que não é o acesso aos recursos digitais que gera criatividade, mas sim a promoção de ambientes de aprendizagem que ofereçam oportunidades e contextos que suportem a criatividade. Nesse sentido, Henriksen *et al.* (2016) apontam que o ensino com tecnologias para o desenvolvimento da criatividade tem em vista que estas proporcionam novas formas de construção, representação, comunicação e compartilhamento de conhecimento, provendo oportunidades para resultados criativos por e entre os estudantes, pensando na criatividade como um *continuum*, em que ao fomentarmos a criatividade em ações cotidianas, geramos mais oportunidades para que as grandes ideias possam ocorrer.

Nossa revisão corrobora essas autoras no sentido de afirmar que contextos potenciais ao desenvolvimento da criatividade, agora considerando os que envolvem o ensino e a aprendizagem de matemática, apoiados na experiência com a TD, proporcionariam a criação, refletiriam qualidades de exploração e experimentação, permitiriam assumir riscos, ressignificar o erro e possibilitar ao estudante engajar-se com a tarefa, refletir e ser flexível.

Além disso, valorizariam o trabalho colaborativo, de forma a permitir que o estudante avance em seu aprendizado, produzindo e manifestando novos conhecimentos, úteis e apropriados tanto na situação em que se manifestam, quanto para apoio e sustentação para novos aprendizados.

Criatividade em matemática com TD

Com foco na criatividade em matemática com TD, as pesquisas T3, T11 e T34 investigam a criatividade no contexto da resolução de problemas com TD. A pesquisa T3 considera que a atividade criativa pode ser vista quando um aluno manipula sua construção (de resolução), procurando padrões, estrutura ou invariância e faz escolhas: “[...] a aplicação de uma ideia matemática familiar [...] em um novo contexto [...] provoca os alunos a reavaliar e estender seus próprios significados matemáticos” (Madden, 2018, p. 101). Assim, os “[...] problemas são lugares onde as lacunas de informação se tornam evidentes, quando os alunos experimentam essa lacuna, na presença de ferramentas para ampliar a investigação, existe o potencial para a expressão de suas ideias criativas em novas formas para resolver problemas [...]”, ao que denominam “[...] ação matematicamente criativa usando tecnologia” (Madden, 2018, p. 93).

De acordo com esse autor, uma solução avaliada como criativa e impossível de ser realizada sem tecnologia, ocorreu quando uma aluna, após ter utilizado relações algébricas para gerar conjuntos de três pontos aleatórios a serem testados em relação aos critérios do semicírculo, verificou “sua configuração por meio de uma representação geométrica visual, [...] ela criou uma maneira de alavancar os recursos numéricos do *Fathom* para representar geometricamente três círculos unitários a fim de determinar se sua simulação funcionou corretamente, um movimento que destaca a competência e a flexibilidade de representação” (Madden, 2018, p. 103).

Segundo T11, os SDG proporcionam aos alunos a liberdade para fazer escolhas, sendo que as interações entre escolha e sensibilidades estéticas é que tornam esses ambientes ricos para o estudo da criatividade em matemática. Ainda, trazem que as sensibilidades estéticas são ativadas tanto pelas representações na tela do computador, quanto pelas ações dos alunos à medida que eles interagem e agem sobre essas representações, para criar simetria, forma, estrutura, colinearidade, apelo visual, orientação e ordem, sendo observadas sempre que “[...] os alunos mudavam de perspectiva ou organizavam seu pensamento de uma nova maneira [...]” (Gerson & Yu, 2018, p. 365).

A pesquisa T34, por sua vez, identifica que os participantes que apresentaram flexibilidade na resolução de um problema com auxílio do *GeoGebra*, realizaram uma sequência de ações no processo criativo que consistiu em conjecturação, especialização, verificação de consequências com tecnologia e generalização. De acordo com essa pesquisa, a criatividade é observada através de modificações realizadas (condições/características que alteraram a partir de sua primeira solução), que levaram os participantes a novas e diferentes soluções, ou seja, que auxiliaram na flexibilidade do processo criativo, tendo na tecnologia um apoio, principalmente na verificação sucessiva das consequências de suas conjecturas.

Observamos que os estudos convergem nas noções de criatividade em matemática com TD relacionadas à expressão de novas formas para resolver os problemas e/ou na apresentação de novas e distintas soluções para esses problemas, mediante o uso eficiente e adequado do potencial de experimentação, visualização e verificação destas.

Criatividade no ensino de matemática com TD

No que tange à criatividade no ensino de matemática com TD, as pesquisas têm se dedicado a investigar a criatividade presente na construção de atividades e recursos didáticos com TD para o ensino de matemática, focando as características da atividade e o processo de criação dessas atividades.

Referente ao primeiro foco, a pesquisa T3 afirma que os professores, ao criarem sequências de aprendizagens para seus alunos, o fizeram de forma criativa, vislumbrando expandir o conhecimento matemático deles. Segundo T3, nesse processo, puderam pensar “[...] em criar condições para que os alunos [tivessem] acesso a importantes ideias matemáticas e recursos para potencializar esse acesso” e que isso significa que “[...] os professores têm lidado com problemas matemáticos e ferramentas para gerar soluções que são novas e úteis, ou seja, criativas” (Madden, 2018, p. 119).

De acordo com T3, uma atividade planejada pelo professor com TD é considerada matematicamente e tecnologicamente criativa, quando envolve os alunos em uma combinação de diferentes experiências exploratórias e expressivas; permite vários caminhos de solução e apresenta uma nova abordagem tecnológica; ou quando a atividade for cognitivamente exigente e envolve contexto matemático não rotineiro. Destaca, ainda, ao considerar os professores como projetistas dessas atividades, que a introdução de TD novas pode representar um ato criativo por se tratar de algo novo e útil, além de incomum em comparação com práticas anteriores.

Em T7, as tarefas produzidas com a integração do *Excelets* foram analisadas a partir de seu potencial para o desenvolvimento da criatividade e da promoção da aprendizagem. Dando

atenção ao uso adequado da tecnologia e de metodologias que promovessem a exploração e integração do conteúdo no contexto da criatividade, foram consideradas como criativas as tarefas que promoveram oportunidades para os alunos explorarem e aprenderem, ao mesmo tempo em que encorajassem a resolução independente de problemas dentro do contexto matemático apresentado no *Excelet*.

Semelhantemente, o estudo T33 evidencia aspectos da criatividade nas dimensões matemática, pedagógica e tecnológica e define a expressão “criatividade tecnológica” no contexto educacional e matemático como sendo “[...] o ato de atualizar produtos e/ou processos com TD [...] utilizando para isso a intencionalidade de ir além do que subjetivamente se reconhece nas dimensões matemática, pedagógica e tecnológica [...]” (Rosa & Dantas, 2020, p. 124). Essa pesquisa, portanto, ao pensar a utilização de TD, “[...] vislumbra um tipo de criatividade que possa emergir de atividades produzidas com TD, sendo considerada atualizada e explorando os recursos tecnológicos disponíveis para os processos de ensino e de aprendizagem, possibilitando, assim, diversos caminhos que levem além daquilo que já é conhecido” (Rosa & Dantas, 2020, p. 9).

A partir disso, considera que a criatividade de uma das professoras participantes da pesquisa se manifesta quando “[...] ela cria uma atividade em uma nova linha de raciocínio, divergente do que é comum, do clássico. Ela pensa e desenvolve uma atividade que mistura conteúdos matemáticos, [...] gerando uma multiplicidade virtual de respostas” (Rosa & Dantas, 2020, p. 18), produzindo, assim, algo novo, pelo menos para ela. Outra atividade é analisada como criativa tecnologicamente nesse estudo, pois pedagogicamente vai além, não ficando “[...] confinada [...] a questões fechadas” (p. 17) e por ser marcada pela intencionalidade da professora em “[...] possibilitar uma reflexão matemática profícua, de modo a não ser considerada uma reprodução” (Rosa & Dantas, 2020, p. 18). Em outras palavras, a criatividade nessa pesquisa é reconhecida quando emerge uma forma nova ou diferente de apresentar e refletir o conteúdo matemático por meio das TD, bem como quando há inovação pedagógica no modo de lidar com esse conteúdo.

Também relacionando a criatividade à utilização do *GeoGebra* para o trabalho com um conteúdo matemático, a pesquisa T25 considera como criativas as atividades construídas fazendo uso do potencial dessa tecnologia e que, tendo como objetivo introduzir novos conteúdos, oportunizavam aos alunos a realização de procedimentos em novas situações e o desenvolvimento na resolução de problemas, das habilidades de compreensão, de estabelecer conexões e fazer generalizações. De modo semelhante, em T26 a proposta era integrar o *GeoGebra* em uma situação de resolução de problemas, de modo a analisar as criações mediante

a variedade de opções do *software*; a construção de novas e inesperadas conexões entre conceitos; e a integração da tecnologia à resolução, ou seja, se oferecia novas formas de visualizar partes da solução do problema, se representava uma forma inovadora ou identificava novas esferas de aplicação dos *applets*, métodos e configurações do *GeoGebra*.

Assim, identificamos nessas pesquisas que a criatividade na construção de atividades com TD está relacionada à experiência em termos das condições de aprendizagem dos estudantes; ao envolver os conteúdos de forma não rotineira, diferente do comum, do clássico; à inovação na prática pedagógica e na forma de trabalho com a tecnologia.

Concernente às pesquisas com foco na criatividade do processo de criação de atividades com TD, os estudos T18 e T19 analisam a criação colaborativa entre professores e profissionais de diversas especialidades, de recursos pedagógicos no formato de *c-book*, voltado ao desenvolvimento da criatividade em matemática dos estudantes. Os recursos desenvolvidos são considerados criativos mediante os critérios de novidade, de usabilidade e de serem apropriados, conforme as características e funções dos *c-books* definidas nos objetivos do grupo para o recurso.

De acordo com T18, o processo de design é marcado pela criatividade social por envolver colaborativamente “[...] coletivos de designers educacionais com diferentes sistemas de atividade, com diferentes formações e com distintas preocupações pessoais e profissionais que, apoiados por uma tecnologia apropriada, podem trazer novas e alternativas ideias, soluções e implementações” (Essonnier *et al.*, 2018, p. 231). Atentos às variáveis do contexto cultural que orientaram o projeto de um dos *c-books*, esse estudo avalia que limitações de tempo, preocupações pessoais, padrões curriculares, mas também os vários perfis e interesses dos desenvolvedores influenciaram, em diferentes momentos, as decisões tomadas no design dos recursos que compõem esse material.

Analogamente, o estudo T19 aponta que a diversidade de áreas de conhecimento, perspectivas e culturas, foi fator importante para impulsionar a criatividade social, considerando que ela é aprimorada por meio das trocas e discussões. O papel da tecnologia foi o de permitir a comunicação e a coordenação de diversas perspectivas, pois conforme os professores tinham que negociar acerca de uma construção matemática emergente, eram desafiados a refletir e reconsiderar suas crenças e práticas relacionadas ao que constitui uma atividade matemática, desafiadora e criativa, assim, expandindo o seu aprendizado. De forma semelhante, a pesquisa T32, que explora a criatividade na criação de animações fazendo uso do aplicativo *Stop Motion*, mesmo não tendo como premissa a criação colaborativa pelos futuros professores, afirma que a colaboração, entre os que optaram pelo trabalho em grupo, foi um elemento vital no processo

de criar a atividade e que, na superação de desafios como o próprio uso de *tablets* e do aplicativo, foi importante o apoio, a confiança e as conexões interpessoais.

Atento aos processos criativos dos professores ao construírem atividades com TD, T37 considera que esses processos se deram como atos de reprodução, atos de intencionalidade do indivíduo frente às TD lançando-se à criatividade tecnológica e como atos próprios de criatividade tecnológica. De acordo com a pesquisa, essas três maneiras de trabalho com TD “se desvelaram mediante atualizações no potencial criador e/ou no potencial criativo do indivíduo, sendo a atualização desse último, a emergência da criatividade, ampliando o domínio subjetivo dos envolvidos [...] em termos das dimensões matemática, pedagógica e tecnológica percebidas em uma totalidade” (Dantas, 2015, p. 250).

Identificamos nesses estudos a emergência da colaboração, como modo de trabalho no design de recursos didáticos e como elemento importante do processo criativo. Considerando a experiência de criação colaborativa, são apontadas uma multiplicidade de fatores influentes na criatividade com TD, como distintas experiências, formações, objetivos e interesses pessoais e profissionais.

Refletindo que o ensino de matemática engloba, para além do planejamento de atividades de ensino, questões como a atuação docente em sala de aula, identificamos uma lacuna nas pesquisas voltadas à investigação da criatividade no ensino de matemática com TD, referente a análise da criatividade manifestada pelo docente ao ensinar matemática com TD em termos de sua prática em sala de aula.

No tocante à formação de professores voltada para o ensino criativo e para a criatividade, os estudos apontam para a vivência da criatividade na formação, experimentando e criando atividades com TD, a exemplo do estudo T19, que ao envolver professores de matemática em todas as etapas do processo de criação de atividades, busca provocar uma reflexão sobre as possibilidades e as tarefas a serem propostas, bem como as mudanças no conteúdo matemático e nas práticas de sala de aula que a presença da tecnologia desencadeia. Além dos estudos com foco na criação de atividades com TD, as pesquisas T1 e T5 afirmam que para que os professores entendam o significado da criatividade, em especial tratando da criatividade em matemática, é necessário criar oportunidades para que eles a experienciem, e que reflitam sobre essa experiência. De acordo com T7 “[...] preparar os professores para experimentar a matemática de uma maneira criativa para eles mesmos como alunos e, em seguida, transpor esse aprendizado como professores é fundamental para desenvolver uma compreensão da pedagogia criativa” (Watson & Enderson, 2018, p. 210).

Também defendendo a importância do professor experienciar momentos de interação com recursos tecnológicos, para T33 a criatividade do professor pode ser um dos diferenciais necessários para contribuir na construção de estratégias e atividades atuais, nos processos de ensino e de aprendizagem. E, relacionando-a à prática docente, T9 compreende a criatividade do professor como o potencial de expandir seu repertório pedagógico por meio da identificação das dificuldades de aprendizagem dos alunos e conceber (novas) abordagens pedagógicas que apoiem os alunos na superação dessas dificuldades, entendendo que, para isso, alguns recursos digitais podem ser empregados, no entanto, que esse uso deve ser deliberado e objetivado. Assim, compreendemos, em conformidade com Henriksen *et al.* (2016), em especial no âmbito do ensino e da aprendizagem em matemática que, dado que as tecnologias permitem novas e criativas práticas pedagógicas e para criatividade, os educadores necessitam desenvolver sua própria criatividade para ensinar e aprender (de forma a poderem explorar o potencial dessas tecnologias), o que demanda uma formação em sintonia com esse objetivo.

Conclusões

Tendo em vista responder nossa questão de pesquisa: que relações entre criatividade e o trabalho com TD são apontadas nos estudos sobre o tema, no âmbito da Educação Matemática?, distinguimos como principais temáticas de interesse no corpus analisado: Potencial das TD para a criatividade em matemática; Ensino de matemática com TD para a criatividade; Criatividade em matemática com TD; e Criatividade no ensino de matemática com TD.

A maior parte dos estudos é voltada ao potencial da experiência do estudante com TD para o desenvolvimento e expressão da criatividade, e apontam que ações de exploração, experimentação, acesso e compartilhamento, realizadas por meio de distintas TD, em situações de ensino e de aprendizagem de conteúdos matemáticos, têm sua atuação no desenvolvimento da criatividade principalmente atrelada a: (i) oportunizar articulação de informações e ideias; (ii) abertura de perspectivas de ação frente a um problema ou situação; (iii) encorajamento de assumir riscos, ressignificando o erro e (iv) a colaboração.

Assim, os contextos de trabalho com TD para o desenvolvimento da criatividade não são quaisquer, mas aqueles que, apoiados na experiência com a TD, proporcionem a criação, reflitam qualidades de exploração e experimentação, permitam assumir riscos, ressignificando o erro e possibilitando ao estudante engajar-se com a tarefa, refletir e ser flexível e, além disso, que valorizem o trabalho colaborativo, de forma a permitir que o estudante avance em sua aprendizagem, produzindo e manifestando novos conhecimentos, úteis e apropriados tanto na

situação em que se manifestam, quanto para apoio e sustentação para novas aprendizagens. Nesse sentido, os estudos destacam contextos de ensino com TD que envolvam resolução e proposição de problemas, bem como práticas e metodologias investigativas, exploratórias, abertas e colaborativas.

Compreendemos que esses estudos associam a criatividade em matemática com TD ao uso eficiente do potencial para a expressão da criatividade e que, a ação criativa pode ocorrer na interação entre estudantes, professores e desses com as TD, que se fazem recursos que possibilitam escolhas de ordem cognitiva e estética.

No âmbito da criatividade no ensino de matemática com TD, identificamos que a criatividade na construção de atividades com TD está relacionada a uma inovação pedagógica, uma ação docente com TD considerada nova, útil e incomum em comparação com práticas anteriores; às oportunidades de raciocínio e aprendizagem matemática que a experiência com a TD possibilite ao estudante e ao quanto essa experiência com o recurso considera e é adequada ao objetivo de ensino, à intencionalidade pedagógica.

Acerca do processo de construção de atividades e recursos pedagógicos com TD, fica evidenciado o aspecto colaborativo, relacionando as ações de trocas e discussões à abertura de perspectivas, sendo influenciado por uma multiplicidade de fatores, como formação, padrões curriculares, objetivos e interesses pessoais e profissionais. Além disso, a experiência dos professores com os recursos tecnológicos na criação de atividades é apontada como uma ação formativa voltada para a criatividade no ensino com TD.

Identificamos que os estudos enfatizam a discussão de como as TD e o trabalho com elas no ensino de matemática podem potencializar o desenvolvimento da criatividade em matemática dos estudantes, em detrimento da investigação sobre a criatividade do docente no trabalho pedagógico com esses recursos. Especialmente, na amostra analisada e nas línguas consultadas, não há pesquisas com foco na criatividade docente no âmbito de sua prática em sala de aula com TD no ensino de matemática. Salientamos, portanto, a necessidade de pesquisas voltadas ao desenvolvimento da criatividade no trabalho docente com TD, em especial voltadas à discussão dos aspectos e fatores sociais, físicos e culturais que a influenciam, de forma a subsidiar o encaminhamento de ações no âmbito da formação de professores e de políticas públicas, fomentando a integração das TD nos processos de ensino e de aprendizagem criativos e para a criatividade em matemática.

Referências

- Abramovich, S. (2018). Technology and the Development of Mathematical Creativity in Advanced School Mathematics. In: Freiman, V. & Tassel, J. L. *Creativity and Technology in Mathematics Education* (pp. 371-398). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-72381-5>
- Aqda, M. F., Hamidi, F. & Rahimi, M. (2011). The comparative effect of computer-aided instruction and traditional teaching on student's creativity in math classes. *Procedia Computer Science*, 3, 266-270. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2010.12.045>.
- Beghetto, R. A. (2017). *Creativity in teaching*. In: J. C. Kaufman, V. P. Glăveanu, & J. Baer (Eds.), *The Cambridge handbook of creativity across domains* (pp. 549–564). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316274385.030>.
- Borges, C. N. & Fleith, D. S. (2018). Uso da tecnologia na prática pedagógica: Influência na criatividade e motivação de alunos do ensino fundamental. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 34, 1-11. <https://doi.org/10.1590/0102.3772e3435>.
- Brolezzi, A. C. (2015). Criatividade, empatia e imaginação em Vigotski: ideias para trabalhar com resolução de problemas em matemática. *Educação Matemática Pesquisa Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática*, 17(4), 791-815. <https://revistas.pucsp.br/emp/article/view/20296>.
- Burkhardt, J. M., & Lubart, T. (2010). Creativity in the age of emerging technology: Some issues and perspectives in 2010. *Creativity and innovation management*, 19(2), 160-166. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8691.2010.00559.x>
- Champlain, Y., DeBlois, L., Robichaud, X. & Freiman. (2018). The nature of knowledge and creativity in a technological context in music and mathematics: implications in combining Vygotsky and Piaget's models. In: Freiman, V. & Tassel, J. L. *Creativity and Technology in Mathematics Education* (pp. 479-505). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-72381-5>
- Contreras, J. N. (2013). Fostering mathematical creativity through problem posing and modeling using dynamic geometry: Viviani's problem in the classroom. *Journal of Mathematics Education at Teachers College*, 4(2), 66-72. <https://doi.org/10.7916/jmetc.v4i2.632>.
- Cox, D. C. Harper, S. R. & Edwards, M. T. (2018). Screencasting as a tool to capture moments of authentic creativity. In: Freiman, V. & Tassel, J. L. *Creativity and technology in mathematics education* (pp. 33-7). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-72381-5>
- Creswell, J. W. (2010). *Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto*. Artmed.
- Dantas, D. M. (2015) *A Criatividade Tecnológica na Construção de Atividades com Professores de Matemática em Cyberformação* (274 f.). Dissertação de Mestrado, Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil. <http://www.ppgecim.ulbra.br/teses/index.php/ppgecim/article/view/383>.
- Daher, W. & Anabousy, A. (2018). Flexibility of pre-services teachers in problem posing in different environments. In: Singer, F. M. *Mathematical creativity and mathematical giftedness* (pp. 229-252). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-73156-8>.

- Daher, W. & Anabousy, A. (2020). Flexibility Processes of Pre-Service Teachers in Problem Solving with Technology. *International Journal of Technology in Education and Science*, 4(3), 247-255. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1258477>.
- Davis, T. J., Phillips, G. & Kulm, G. (2018). Creativity and the design of music-mathematics activities in a virtual simulation learning environment. In: Freiman, V. & Tassel, J. L. *Creativity and technology in mathematics education* (pp. 181-202). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-72381-5>
- Dickman, B. (2018). Creativity in question and answer digital spaces for mathematics education: A case study of the water triangle for proportional reasoning. In: Freiman, V. & Tassel, J. L. *Creativity and Technology in Mathematics Education* (pp. 233-248). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-72381-5>.
- Essonnier, N., Kynigos, C., Trgalova, J. & Daskolia, M. (2018). Role of context in social creativity for the design of digital resources. In: Fan, L., Trouche, L., Qi, C., Rezat, S., Visnovska, J. *Research on Mathematics Textbooks and Teachers' Resources* (pp. 215-233). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-73253-4>.
- Fatimah, A. T. (2019). The creativity of pre-service mathematics teachers in designing GeoGebra-assisted mathematical task. *Journal of Physics: Conference Series*, 1280(4), 042026. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1280/4/042026/meta>.
- Fellus, O. & Biton, Y. (2018). Putting the horses before the cart: Technology, creativity, and authorship harnessed three abreast. In: Freiman, V. & Tassel, J. L. *Creativity and Technology in Mathematics Education* (pp. 507-529). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-72381-5>
- Fitriasari, P., Octaria, D. & Sari, N. (2020). Creativity of mathematics education students in producing instructional media-based on macromedia flash through blended learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521 (3), 032085. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1521/3/032085/meta>.
- Flores, A., Park, J. & Bernhardt, S. A. (2018). Interactive technology to foster creativity in future mathematics teachers. In: Freiman, V. & Tassel, J. L. *Creativity and technology in mathematics education* (pp. 149-180). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-72381-5>
- Gangadharbatla, H. (2010). Technology component: a modified systems approach to creative thought. *Creativity Research Journal*, 22(2), 219-227. <https://doi.org/10.1080/10400419.2010.481539>.
- Gerson, H., Yu, P. W. D. (2018). Can a Kite Be a Triangle? Aesthetics and Creative Discourse in an Interactive Geometric Environment. In: Freiman, V. & Tassel, J. L. *Creativity and Technology in Mathematics Education* (pp. 347-369). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-72381-5>
- Glăveanu, V. P. (2014). *Distributed creativity: Thinking outside the box of the creative individual*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05434-6_1.
- Guilford, J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5(9), 444-454.
- Habowski, A. C. & Conte, E. (2019). As tecnologias digitais e o desenvolvimento da criatividade humana em questão. *Revista Temas em Educação*, 28(3), 295-314. <https://doi.org/10.1590/0102.3772e3435>.

- Henriksen, D., Mishra, P. & Fisser, P. (2016). Infusing creativity and technology in 21st century education: A systemic view for change. *Journal of Educational Technology & Society*, 19(3), 27-37. <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.19.3.27>.
- Idris, N. & Nor, N. M. (2010). Mathematical creativity: usage of technology. *Procedia-social and behavioral sciences*, 2(2), 1963-1967. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.264>.
- Karadag, Z., Martinovic, D. & Birni, S. (2015). Mathematical creativity and the affordances of dynamic and interactive mathematics learning environments. In: *Proceedings of the 9th International MCG Conference* (pp. 224-229). Sinaia. <https://mcg.edusigma.ro/pdfuri/MCG-9-Conference-proceedings.pdf#page=226>.
- Kynigos, C. & Kolovou, A. (2018). Teachers as designers of digital educational resources for creative mathematical thinking. In: Freiman, V. & Tassel, J. L. *Research on mathematics textbooks and teachers' resources* (pp. 145-164). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-73253-4>.
- Loveless, A. M. (2007). *Creativity, technology and learning – a review of recent literature*. <https://telearn.archivesouvertes.fr/hal-00190439/document>.
- Madden, S. R. (2018). Impacting mathematical and technological creativity with dynamic technology scaffolding. In: Freiman, V. & Tassel, J. L. *Creativity and technology in mathematics education* (pp. 89-124). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-72381-5>.
- Manuel, D. (2018). Virtual Learning Communities of Problem Solvers: A Potential for Developing Creativity in Mathematics?. In: Freiman, V. & Tassel, J. L. *Creativity and technology in mathematics education* (pp. 531-557). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-72381-5>.
- Milner-Bolotin, M. (2018). Nurturing creativity in future mathematics teachers through embracing technology and failure. In: Freiman, V. & Tassel, J. L. *Creativity and Technology in Mathematics Education* (pp. 251-278). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-72381-5>.
- O'byrne, W.I., Radakovic, N., Hunter-Doniger, T., Fox, M., Kern, R., & Parnell, S. (2018). (2018). Designing spaces for creativity and divergent thinking: Pre-service teachers creating stop motion animation on tablets. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 6(2), 182-199. <https://ijemst.org/index.php/ijemst/article/view/185>.
- Oliveira, A. N. (2016). *Projetos de conhecimento acoplados as tecnologias digitais para promover a criatividade em matemática* (183 f.). Tese de Doutorado, Informática na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. <http://hdl.handle.net/10183/151295>.
- Pitta-Pantazi, D., Kattou, M. & Christou, C. (2018). Mathematical creativity: Product, person, process and press. In: Singer, F. M. *Mathematical creativity and mathematical giftedness* (pp. 27-53). Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-73156-8_2.
- Redmond-Sanogo, A., Stansberry, S., Thompson, P. & Vasinda, S. (2018). Three-Act Tasks: Creative Means of Engaging Authentic Mathematical Thinking Through Multimedia Storytelling. In: Freiman, V. & Tassel, J. L. *Creativity and Technology in Mathematics Education* (pp. 125-146). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-72381-5>.

- Rezende, D. V. (2017). *Uso criativo das tecnologias da informação e comunicação na educação superior: atuação de professores e percepção de estudantes* (238 f.). Tese de Doutorado, Processos de Desenvolvimento Humano e Saúde, Universidade de Brasília, Brasília. <https://doi.org/10.1590/1982-0275202138e190164>.
- Rosa, M. & Dantas, D. M. (2020). Criatividade tecnológica: um estudo sobre a construção de atividades-matemáticas-com-tecnologias-digitais por professores/as em cyberformação. *Zetetike*, 28, e020030-e020030. <https://doi.org/10.20396/zet.v28i0.8654423>.
- Sriraman, B. & Lande, D. (2018). “Integrating” Creativity and Technology Through Interpolation. In: Freiman, V. & Tassel, J. L. *Creativity and technology in mathematics education* (pp. 399-411). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-72381-5>.
- Supriatin, A. & Boeriswati, E. (2019). Mathematical creativity profile of elementary school students in solving mathematical problems by considering technology role. *Journal of Physics: Conference Series*, 1211(1), 012072. [10.1088/1742-6596/1211/1/012072](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1211/1/012072).
- Szymanski, A. (2018). Prototype Problem Solving Activities Increasing Creative Learning Opportunities Using Computer Modeling and 3D Printing. In Freiman, V. & Tassel, J. L. *Creativity and Technology in Mathematics Education* (pp. 323-344). Springer. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1211/1/012072/meta>.
- Tassell, J. L., Stobaugh, R. & Maxwell, M. (2018). The Create Excellence Framework’s Impact on Enhancing Creativity: Examining Elementary Teacher Candidate Mathematics Lesson Planning. In: Freiman, V. & Tassel, J. L. *Creativity and Technology in Mathematics Education* (pp. 59-87). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-72381-5>.
- Trgalová, J., El-Demerdash, M., Labs, O. & Nicaud, J. F. (2018). Design of Digital Resources for Promoting Creative Mathematical Thinking. In: Ball, L., Drijvers, P., Ladel, S., Siller, H., Tabach, M. & Vale, C. *Uses of Technology in Primary and Secondary Mathematics Education* (pp. 289-300). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-76575-4>.
- Neri Júnior, E. P. (2019) *Atos e lugares de aprendizagem criativa em matemática* (199 f.) Dissertação de Mestrado, Criatividade e Inovação em Metodologias de Ensino Superior, Universidade Federal do Pará, Belém. <https://repositorio.ufpa.br/handle/2011/12172>.
- Vaz, C. L. D., Júnior, E. dos P. N. (2020). O lugar da aprendizagem criativa: Uma experiência com a matemática mão na massa. *REMATEC*, 15, 137-155. <https://doi.org/10.37084/REMATEC.1980-3141.2020.n0.p137-155.id243>.
- Velikova, E., Petkova, M. (2019). Analyzing Students' Creativity in Integrating GeoGebra Applets in Solving Geometrical Problems. *Baltic Journal of Modern Computing*, 7(3), 419-429. <https://doi.org/10.22364/bjmc.2019.7.3.08>.
- Vidakovic, D., Dubinsky, Ed., Weller, K. (2018). APOS theory: Use of computer programs to foster mental constructions and student’s creativity. In: Freiman, V. & Tassel, J. L. *Creativity and Technology in Mathematics Education* (pp. 441-477). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-72381-5>.
- Vilarinho-Rezende, D., Borges, C. N., Fleith, D. S. & Joly, M. C. R. A. (2016). Relação entre tecnologias da informação e comunicação e criatividade: revisão da literatura. *Psicologia: Ciência e Profissão*, 36, 877-892. <https://doi.org/10.1590/1982-3703001342014>.

- Vilarinho-Pereira, D. R. & Fleith, D. S. (2021). Creative use of information and communication technologies according to university professors and students. *Estudos de Psicologia*, 38. <https://doi.org/10.1590/0102.3772e3435>.
- Watson, G. S. & Enderson, M. C. (2018). Preparing teachers to use excelets: developing creative modeling experiences for secondary mathematics students. In: Freiman, V. & Tassel, J. L. *Creativity and Technology in Mathematics Education* (pp. 230-231). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-72381-5>.
- Yildiz, A., Baltaci, S. & Demir, B. K. (2017). Reflection on the Analytic Geometry Courses: The Geogebra Software and Its Effect on Creative Thinking. *Universal Journal of Educational Research*, 5(4), 620-630. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1137679>.
- Yushau, B., Mji, A. & Wessels, D. C.J. (2005). The role of technology in fostering creativity in the teaching and learning of mathematics. *Pythagoras*, 2005 (62), 12-22. <https://hdl.handle.net/10520/EJC20861>.