

ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO: UM EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO DO GEOGEBRA PARA O ENSINO DA GEOMETRIA PLANA

Aline Maria da Silva Camilo¹, Francisco Régis Vieira Alves², Ana Paula Florêncio Aires³,
Rosane Rossato Binotto⁴

aline.camilo@prof.ce.gov.br , fregis@ifce.edu.br , aaires@utad.pt, rosane.binotto@uffs.edu.br

¹ IFCE, Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.

² IFCE, Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.

³ UTAD, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.

⁴ Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó, Santa Catarina, Brasil.

Resumo

Este trabalho apresenta dados introdutórios de uma pesquisa de Doutorado em andamento, desenvolvida no contexto de formação continuada de professores de Matemática. Como metodologia de pesquisa, adotou-se a Engenharia Didática de Formação (EDF), considerando suas duas primeiras fases: análises preliminares e concepção e análise *a priori*. Inicialmente, discutiu-se a importância da visualização no processo de ensino da Geometria, bem como os desafios enfrentados pelos professores de Matemática nesse contexto, destacando o papel do *software* GeoGebra como ferramenta de apoio visual, dinâmico e interativo. Em seguida, foram apresentadas três situações envolvendo os conteúdos de área, comprimento e soma dos ângulos internos de figuras planas, com o propósito de propor estratégias de ensino, além de fomentar reflexões sobre a prática docente. Por fim, espera-se que este estudo possa contribuir para a consolidação de metodologias que privilegiem uma abordagem investigativa e autônoma, estimulando o pensamento geométrico por meio da visualização, manipulação e investigação ativa dos conceitos matemáticos.

Palavras-chave: GeoGebra, Formação docente, Visualização, Ensino de geometria.

Formación en Ingeniería Didáctica: Un ejemplo de uso del software GeoGebra para la enseñanza de la Geometría Plana

Resumen

Este trabajo presenta datos introductorios de una investigación doctoral en curso, desarrollada en el contexto de la formación continua de profesores de Matemáticas. Como metodología de investigación, se adoptó la Ingeniería Didáctica de Formación (EDF), considerando sus dos primeras fases: análisis preliminares y concepción y análisis *a priori*. Inicialmente, se discutió la importancia de la visualización en el proceso de enseñanza de la Geometría, así como los desafíos enfrentados por los profesores de Matemáticas en este contexto, destacando el papel del *software* GeoGebra como herramienta de apoyo visual, dinámica e interactiva. Posteriormente, se presentaron tres situaciones relacionadas con los contenidos de área, longitud y suma de los ángulos internos de figuras planas, con el propósito de proponer estrategias de enseñanza y fomentar reflexiones sobre la práctica docente. Finalmente, se espera que este estudio pueda contribuir a la consolidación de metodologías que privilegiem un enfoque investigativo y autónomo, estimulando el pensamiento geométrico mediante la visualización, la manipulación y la investigación activa de los conceptos matemáticos.

Palabras clave: GeoGebra, Formación docente, Avance, Enseñanza de geometría.

Didactic Engineering Training: An example of use of GeoGebra software for teaching Plane Geometry

Abstract

This paper presents introductory data from an ongoing doctoral research study developed within the context of continuing education for Mathematics teachers. As a research methodology, Didactic Engineering for Teacher Education (EDF) was adopted, considering its first two phases: preliminary analyses and design and a priori analysis. Initially, the importance of visualization in the Geometry teaching process was discussed, as well as the challenges faced by Mathematics teachers in this context, highlighting the role of GeoGebra software as a visual, dynamic, and interactive support tool. Subsequently, three situations involving the concepts of area, length, and the sum of the interior angles of plane figures were presented, with the purpose of proposing teaching strategies and fostering reflections on teaching practice. Finally, it is expected that this study may contribute to the consolidation of methodologies that prioritize an investigative and autonomous approach, stimulating geometric thinking through the visualization, manipulation, and active investigation of mathematical concepts.

Keywords: GeoGebra. Teacher Training. Teaching Geometry. Visualization.

Formation en ingénierie didactique: un exemple d'utilisation du logiciel GeoGebra pour l'enseignement de la géométrie plane

Résumé

Cet article présente des données introductives d'une recherche doctorale en cours, développée dans le cadre de la formation continue des enseignants de Mathématiques. Comme méthodologie de recherche, l'Ingénierie Didactique de Formation (EDF) a été adoptée, en considérant ses deux premières phases : les analyses préliminaires ainsi que la conception et l'analyse a priori. Dans un premier temps, l'importance de la visualisation dans le processus d'enseignement de la Géométrie a été discutée, ainsi que les défis rencontrés par les enseignants de Mathématiques dans ce contexte, en mettant en évidence le rôle du logiciel GeoGebra comme outil de soutien visuel, dynamique et interactif. Ensuite, trois situations portant sur les notions d'aire, de longueur et de somme des angles intérieurs de figures planes ont été présentées, dans le but de proposer des stratégies d'enseignement et de favoriser des réflexions sur la pratique enseignante. Enfin, cette étude devrait contribuer à la consolidation de méthodologies privilégiant une approche investigatrice et autonome, en stimulant la pensée géométrique grâce à la visualisation, à la manipulation et à l'investigation active des concepts mathématiques.

Mots clés: Géogèbre, Formation des enseignants, Visualisation, Enseignement de la géométrie.

1. INTRODUÇÃO

O professor de Matemática tem um grande desafio de tornar conceitos e princípios complexos e, por vezes, abstratos, acessíveis e compreensíveis aos alunos. Neste sentido, é extremamente importante que ele consiga realizar uma conexão entre a Matemática abstrata com a realidade, mostrando como tais conceitos podem ser usados em situações do cotidiano e como podem contribuir para o desenvolvimento do raciocínio lógico. No entanto, o rápido progresso da tecnologia tem criado uma vasta rede de informações, especialmente com o uso da internet e das redes sociais. Isso tem desafiado continuamente os professores a encontrar maneiras de transmitir o conteúdo aos alunos de forma envolvente e com um propósito verdadeiro, tornando o aprendizado mais motivador e significativo.

O uso de tecnologias na educação configura-se como uma estratégia eficaz para ampliar as possibilidades de ensino e preparar os estudantes para um mundo cada vez mais digitalizado. Estudos como o de Zatti e Kalinke (2024)

apontam que a integração de recursos tecnológicos nas escolas pode promover o aperfeiçoamento do processo de ensino por meio de abordagens didáticas e inovadoras. Além disso, a Base Nacional Comum para a formação continuada de professores da Educação Básica (BNC - Formação Continuada) apresenta, entre suas competências gerais, a importância de:

Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas docentes, como recurso pedagógico e como ferramenta de formação, para comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e potencializar as aprendizagens. (Brasil, 2020, p. 8).

Ou seja, além do domínio da Matemática, é fundamental que os professores desenvolvam competências digitais, uma vez que o uso dessas tecnologias, quando intencionalmente planejado e mediado pelo docente, pode promover mudanças na dinâmica da sala de aula e nas formas de

ensinar e aprender conceitos matemáticos (García & Martín, 2023).

Nesse contexto, torna-se relevante explorar recursos didáticos digitais específicos, como o *software* GeoGebra, que se mostra promissor na promoção de práticas pedagógicas inovadoras e na construção de novos conhecimentos. Trata-se de um *software* livre e gratuito, amplamente utilizado para a criação e exploração de objetos matemáticos, favorecendo tanto a representação gráfica quanto a simbólica. Além disso, pode ser empregado em diferentes níveis de ensino, oferecendo diversos recursos voltados à Geometria (Geo) e à Álgebra (Gebra) (García & Martín, 2023). Sua *interface* integrada permite aos usuários transitar entre representações aritméticas, algébricas, simbólicas, estatísticas e probabilísticas, ampliando as possibilidades de resolução de problemas não apenas do ponto de vista matemático, mas também visual (García & Martín, 2023).

Uma das áreas mais exploradas pelo GeoGebra é a Geometria, pois o *software* oferece diversos recursos para representar, construir e manipular figuras geométricas, explorando conceitos como pontos, retas, ângulos, triângulos, círculos e muitas outras figuras de maneira dinâmica. Ao usar essa ferramenta, é possível criar caminhos que facilitam a compreensão dos conceitos geométricos, algo que muitas vezes é difícil de alcançar apenas com atividades tradicionais e restritas ao ambiente lápis e papel.

Abar e Almeida (2024), por exemplo, demonstraram em seu estudo como o uso do GeoGebra pode apoiar a aprendizagem interdisciplinar dos alunos, ao propor atividades que combinam o pensamento computacional com a Geometria, mediante problemas que envolveram a decomposição de figuras em transformações geométricas mais simples como translações, rotações e reflexões. De modo semelhante, García e Martín (2023) investigaram o ensino de transformações geométricas como rotação, simetria, translação e homotetia, propondo que os participantes resolvessem inicialmente problemas pelo método tradicional (compasso e régua) e, posteriormente, utilizassem o ambiente do GeoGebra para a resolução das mesmas tarefas, possibilitando a comparação entre diferentes abordagens.

Ao relacionar o desenvolvimento de competências digitais para professores, especialmente na habilidade de promover o uso pedagógico da tecnologia, com a possibilidade de utilizar o GeoGebra como ferramenta de apoio nas aulas de Matemática, propõe-se uma abordagem voltada ao uso deste *software* no processo de formação continuada de professores de Matemática.

Para isso, sugere-se a aplicação da Engenharia Didática de Formação (EDF) como metodologia de pesquisa neste trabalho. Essa abordagem teórica destaca a importância de envolver o professor na investigação didática matemática, com o objetivo de desenvolver recursos didáticos para o ensino regular e para a formação de professores (Perrin-Glorian & Bellemain, 2019).

Diante disso, surge a seguinte questão norteadora: de que forma o uso do *software* GeoGebra amparado pela EDF pode contribuir para o desenvolvimento e reflexão das práticas pedagógicas do professor de Matemática quanto ao ensino de Geometria Plana? Para responder a essa pergunta, o objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta didática que explora a visualização de elementos fundamentais da Geometria Plana, com suporte do *software* GeoGebra.

2. ENGENHARIA DIDÁTICA DE FORMAÇÃO (EDF)

A EDF tem suas raízes na Engenharia Didática Clássica (ED) que, por sua vez, se concentra na concepção, implementação, observação e análise de situações de ensino (Artigue 1988). Ou seja, enquanto a ED tem como foco principal a construção de produções para o ensino e funciona também como uma metodologia de pesquisa baseada em experiências em sala de aula (Artigue, 1988, 2014), a EDF amplia esse escopo ao incluir tanto a produção de recursos didáticos quanto a formação inicial e continuada de professores (Perrin-Glorian & Bellemain, 2019).

Segundo Artigue (2014), a EDF está fortemente relacionada às investigações sobre os saberes matemáticos necessários aos professores para ensinar Matemática. É neste sentido que ela está diretamente ligada à formação. Seu objetivo, portanto, é estudar a adaptação de situações de aprendizagem às condições comuns de ensino e às necessidades dos professores, desenvolvendo pesquisas fundamentais e construindo bases teóricas que permitam o estudo de fenômenos didáticos. Além disso, busca fornecer aos professores ferramentas que os ajudem a gerenciar os desafios do ensino no dia a dia, sem oferecer soluções prontas, mas capacitando-os a enfrentar as questões de forma mais autônoma e reflexiva (Perrin-Glorian & Bellemain, 2019).

Perrin-Glorian e Bellemain (2019) ilustram suas reflexões com um exemplo de pesquisa sobre a produção de um recurso destinado a professores, voltado ao ensino de Geometria para alunos de 8 a 11 anos. Essa investigação baseou-se em observações prévias das práticas comuns, realizadas por meio de entrevistas com professores, na experiência dos formadores, na reflexão epistemológica, aliada a trabalhos acadêmicos anteriores, e na análise do papel das figuras envolvidas nesse processo. A problemática da investigação buscou atender às necessidades percebidas pelos próprios professores e às suas indagações sobre o tema, permitindo que eles investissem de forma razoável no trabalho atribuído.

Além disso, a pesquisa também levou em consideração as necessidades identificadas pelo pesquisador, que nem sempre coincidem com as percepções dos professores, buscando assim uma compreensão mais ampla e aprofundada do contexto. Logo, os personagens principais deste processo (pesquisadores, formadores e professores) protagonizam dois níveis de questionamentos da EDF:

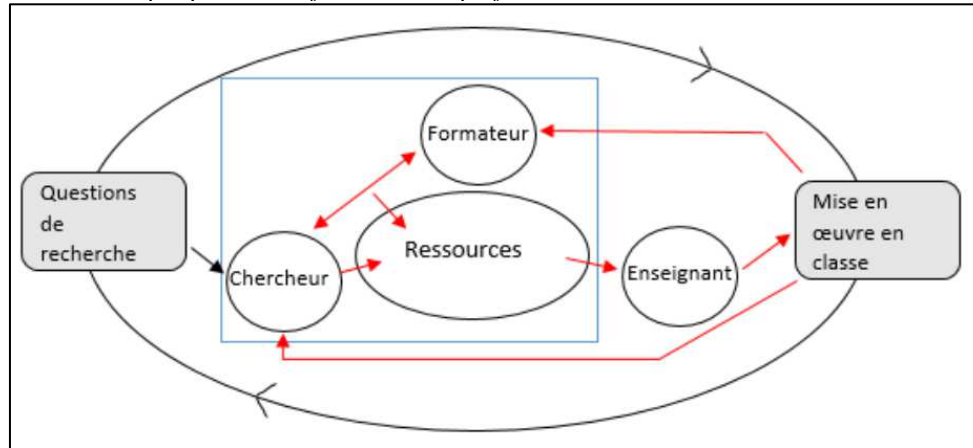
Um primeiro nível, onde se trata, sobretudo, de testar a validade teórica das situações, no plano epistemológico e

cognitivo, e identificar as escolhas essenciais da engenharia [...] um segundo nível, sobre as práticas atuais no ensino deste conteúdo, e identificar as necessidades dos alunos (dificuldades de aprendizagem) e professores (dificuldades de ensino) comparando os identificados pelos pesquisadores

com os que são expressos por professores e pela instituição (Perrin-Glorian & Bellemain, 2019, p. 74, tradução nossa). A Figura 1 mostra uma EDF colaborativa, entre estes três personagens, no desenvolvimento da metodologia:

Figura 1

Organização do trabalho entre pesquisadores, formadores e professores.



Nota: Recuperado de *L'ingenierie didactique entre recherche et ressource pour l'enseignement et la formation des maîtres*, de Perrin-Glorian, M. J., & Bellemain, P. M. B., 2019, p. 77.

Dentro do retângulo, tem-se a representação de um grupo de trabalho composto por pesquisadores (*chercheur*) e formadores (*formateur*) envolvidos na conversão entre questões de pesquisa (*questions de recherche*) e ensino (*enseignant*). Esse processo faz conexão com um grupo de professores que analisam as situações e fornecem *feedbacks* aos demais participantes da pesquisa. Os pesquisadores e formadores controlam o dispositivo, construindo versões provisórias dos recursos (*ressources*), que são testadas pelos professores antes de serem compartilhadas para aplicação em sala de aula (*mise en œuvre en classe*) (Perrin-Glorian, 2019).

Diante do exposto, é importante destacar que, por a EDF ter se originado a partir da ED, ambas compartilham as mesmas fases, a saber:

Análises preliminares: Nessa etapa, realiza-se exclusivamente uma análise epistemológica, institucional e didática (Artigue, 2014). Barquero e Bosch (2015) relacionam essas etapas com o ato de conduzir uma pesquisa epistemológica sobre o conteúdo matemático a ser abordado, questionando sua relevância e necessidade de introdução na sala de aula, além de realizar um estudo das condições e restrições oferecidas pelas instituições onde o processo de ensino e aprendizagem ocorrerá.

Concepção e análise *a priori*: Artigue (2014) destaca que esse é momento em que as hipóteses de pesquisa são explicitadas sessão de ensino, bem como as produções dos alunos, seja em sala de aula ou fora dela. Por fim, a validação ou refutação das hipóteses levantadas no início do processo ocorre por meio do confronto entre as análises *a priori* e *a posteriori*. Barquero e Bosh (2015) ressaltam que os resultados dessa fase podem não apenas sugerir a necessidade de ajustes no projeto do processo de ensino, mas também desenvolver a

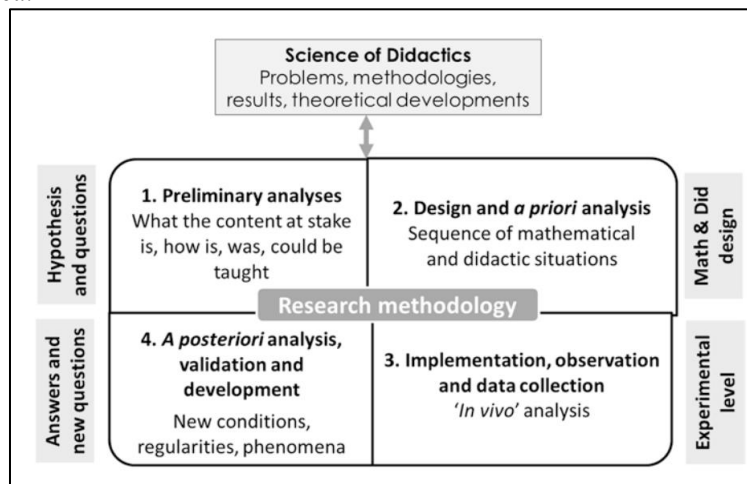
e integradas à concepção das situações didáticas, nas quais construções teóricas são colocadas à prova. A concepção, portanto, exige uma série de escolhas que se situam em diferentes níveis, sendo fundamental dar atenção especial à pertinência epistemológica dos problemas propostos e à responsabilidade matemática atribuída aos alunos. A análise *a priori*, por sua vez, esclarece as diferentes escolhas feitas e como elas se relacionam com as hipóteses de pesquisa e as análises preliminares, identificando os métodos e estratégias adotados em cada situação.

Experimentação: Essa etapa envolve a implementação do processo didático previamente planejado, além da observação e coleta de dados (Barquero & Bosch, 2015). Segundo Artigue (2014), essa coleta de dados permite ao pesquisador compreender como os alunos interagem com o meio e até que ponto essa interação favorece sua mudança autônoma, passando de estratégias iniciais para estratégias mais direcionadas. Além disso, possibilita a análise dos processos de desconcentração e institucionalização. Geralmente, os dados coletados incluem as produções dos alunos, arquivos digitais (quando a tecnologia é utilizada), notas de campo feitas por observadores, além de áudios e vídeos que registram o trabalho em grupo e fases coletivas.

Análise *a posteriori* e validação: De acordo com Machado (1999), este é o momento em que os dados coletados durante a experimentação são cuidadosamente analisados. O objetivo é identificar os resultados das observações feitas em cada caracterização do conteúdo em questão. Além disso, esses resultados podem contribuir para a pesquisa, ao levantar novos problemas, desenvolver teorias ou aprimorar metodologias, promovendo avanços tanto teóricos quanto práticos.

A Figura 2 representa um resumo das quatro fases aqui mencionadas:

Figura 2
Fases da Engenharia Didática.



Nota: Recuperado de *Task Design in Mathematics Education*, de Barquero, B., & Bosch, M., 2015, p. 252.

Ao se analisar a Figura 2 percebe-se que as autoras fazem um breve resumo das quatro fases anteriormente abordadas. Nas análises preliminares (*Preliminary analyses*) o conteúdo em questão é explorado em seu contexto atual e histórico, além de ser analisado como poderia ser adaptado para o ambiente escolar. Na fase de concepção (*design*) e análise *a priori* (*a priori analysis*), realiza-se uma sequência de situações matemáticas e didáticas planejadas previamente. Durante a experimentação (*implementation, observation and data collection*), que envolve a implementação, observação e coleta de dados, ocorre uma análise a qual as autoras chamam de “*In vivo*”, ou seja, uma interpretação em tempo real (ou logo após) do que está acontecendo na sala de aula. Por fim, com a realização da etapa de análise *a posteriori* e validação (*a posteriori analysis, validation and development*) é possível desenvolver novas concepções, identificar regularidades e compreender fenômenos relacionados ao conteúdo estudado.

3. METODOLOGIA

Visando promover uma contribuição para o ensino de Geometria, apresenta-se a seguir uma proposta do uso do *software* GeoGebra, como recurso auxiliar, para alguns elementos fundamentais dessa disciplina. Dessa forma, foram elaboradas três situações que, por meio da construção e manipulação no GeoGebra, apresentam ao professor uma oportunidade de refletir sobre sua prática pedagógica, considerando o uso do *software* em sala de aula e suas potencialidades para aprimorar o processo de ensino da Geometria.

Nesse contexto, a pesquisa adota uma abordagem qualitativa, com o objetivo de apresentar problemas geométricos que servirão de base para a análise e exploração de seus elementos matemáticos, possibilitando ao docente refletir criticamente sobre sua prática em relação ao tema proposto. A investigação foi orientada pelas duas primeiras etapas da EDF e integra um estudo de Doutorado em andamento, ainda em fase inicial. Assim, os dados aqui apresentados possuem caráter introdutório, restringindo-se à proposta e análise

teórica das situações elaboradas, não contemplando, neste momento, a aplicação prática com sujeitos de pesquisa ou a coleta de dados empíricos.

3.1 Análises preliminares

Nesta seção, apresenta-se uma breve análise preliminar, fundamentada nos pressupostos do quadro teórico-didático e nos conhecimentos específicos inerentes ao objeto de pesquisa (Machado, 1999). Dessa maneira, realizou-se uma análise epistemológica e didática, considerando os obstáculos e a importância da visualização geométrica. Paralelamente, discute-se o uso do GeoGebra como recurso mediador, destacando seu potencial em apoiar a apreensão de conceitos fundamentais.

Apesar de sua relevância para a compreensão da realidade, observa-se, nos últimos anos, um declínio na ênfase atribuída à Geometria nos currículos de Matemática (Silva & Rodrigues, 2025). Entre os fatores determinantes, os autores apontam a formação insuficiente dos docentes, o que reflete diretamente na qualidade do ensino nessa área. Para o ensino de conceitos geométricos, o que compromete a qualidade do ensino nessa área. Corroborando essa perspectiva, o estudo de Rosa et al. (2020) evidenciou limitações na apropriação de conteúdos geométricos por parte dos docentes, inclusive em conceitos elementares, especialmente diante do uso de materiais específicos. Ao serem confrontados com problemas envolvendo construções geométricas, por exemplo, os professores demonstraram bom desempenho na resolução algébrica. Contudo, apresentaram fragilidades ao utilizar instrumentos geométricos ou ao manipular outros recursos didáticos.

Tais dificuldades encontram respaldo em diferentes momentos históricos do ensino da Geometria, sobretudo nas décadas de 1970 e 1980. Sob a influência do Movimento da Matemática Moderna (MMM), o ensino tendeu à algebrização, negligenciando a visualização e a manipulação de objetos (Pavanello, 1993). Esse processo consolidou a Álgebra como a principal categoria de pensamento matemático em detrimento da percepção espacial.

Diante desse cenário, torna-se necessário promover, nas aulas de Matemática, estratégias que valorizem o desenvolvimento do pensamento geométrico (Settimy & Bairral, 2020). Nesse sentido, Avenia et al. (2023) reforçam a importância da visualização geométrica, no processo de ensino e aprendizagem da Matemática, destacando sua contribuição para o desenvolvimento de habilidades cognitivas fundamentais, como raciocínio, argumentação e modelagem. De modo complementar, Henrique (2022) afirma que o estudo da Geometria favorece o aprimoramento do desempenho cognitivo, lógico-matemático e social, além de estimular a imaginação, a intuição e a capacidade de visualização.

Na Matemática, a visualização envolve a construção de elementos visuais ou espaciais, que podem ser feitos na mente ou de forma concreta, com o objetivo de resolver problemas ou demonstrar propriedades (Gutiérrez, 1998). Zimmermann e Cunningham (1991), por sua vez, descrevem a visualização como o processo de criar imagens, seja na mente, com lápis e papel, ou usando tecnologia. Essas imagens são então utilizadas de forma estratégica para ajudar na descoberta e na compreensão de conceitos matemáticos.

No entanto, a visualização não constitui um processo simples, uma vez que depende de diferentes habilidades cognitivas e varia de acordo com as particularidades de cada indivíduo. Henrique (2022) destaca que esse processo envolve não apenas os objetos observados concretamente, mas também as imagens mentais que o sujeito é capaz de formar, interpretar e manipular. Apesar de sua relevância para a aprendizagem matemática, o raciocínio visual é pouco explorado no contexto educacional.

Nesse sentido, Avenia et al. (2023) ressaltam que a visualização, muitas vezes, não é considerada um objeto central de reflexão na educação matemática. Como consequência, podem surgir dificuldades cognitivas relacionadas à interpretação e representação visual, gerando nos alunos sentimentos de desconforto e insegurança diante

Alguns estudos anteriores mostram resultados positivos quanto ao seu uso em sala de aula. Por exemplo, a dissertação de Camilo (2021) apresentou uma pesquisa realizada com oito professores de Matemática, que utilizaram o GeoGebra como um recurso auxiliar na visualização e manipulação de figuras geométricas planas e espaciais. Os resultados indicaram que todos os participantes concordaram com o apoio visual proporcionado pelo *software*, considerando-o um forte aliado no ensino da Geometria e despertando uma reflexão sobre a possibilidade da inserção deste recurso nas suas aulas.

Na tese de Settimy (2022), realizada com 14 licenciandos em Matemática, que abordou conceitos e experiências sobre visualização no ensino e aprendizagem da Geometria usando o GeoGebra, foi possível verificar que o *software* trouxe importantes contribuições para o desenvolvimento da visualização dos participantes. Ele oportunizou explorar e enriquecer as imagens mentais por meio da construção, movimentação de objetos sob diferentes ângulos e justificativa das estratégias de resolução das atividades. Assim, o uso do GeoGebra mostrou-se uma ferramenta importante para fortalecer a compreensão geométrica e estimular a criatividade dos futuros professores.

dos procedimentos utilizados para representar e compreender conceitos geométricos (Settimy e Bairral, 2020).

Em um estudo anterior, realizado por Bairral et al. (2013), foi constatado que, mesmo sabendo qual era a ideia matemática por trás da atividade, os estudantes de licenciatura em Matemática tiveram dificuldades em representar o que conseguiam visualizar. Kaleff (2023), por sua vez, verificou um grande número de alunos de um curso de Licenciatura em Matemática, pesquisados por ela, que não tinham um conhecimento aprofundado sobre *softwares* relacionados à Geometria Dinâmica, ou tinham pouca habilidade para interagir com os experimentos virtuais utilizados nas disciplinas. Essa limitação, identificada pelos autores, tende a se refletir na prática em sala de aula, pois esses futuros professores geralmente reproduzem o modelo de ensino que vivenciaram durante sua formação, perpetuando assim as mesmas dificuldades.

Segundo Settimy e Bairral (2020), as dificuldades na hora de representar podem ser minimizadas quando se criam estímulos que ajudam a aprimorar a capacidade de visualização. Além disso, é fundamental realizar mais atividades nas quais o aluno possa estabelecer um referencial, facilitando a associação correta entre a representação e a vista correspondente. Neste sentido, os ambientes de Geometria Dinâmica podem contribuir significativamente para esse processo, pois priorizam o movimento na construção e na representação de figuras. Essa abordagem, aliada ao planejamento do professor, propicia uma nova forma de ensinar e aprender Geometria (Bairral et al., 2013).

Nesse contexto, o GeoGebra pode desempenhar um papel importante no ensino e na aprendizagem da Geometria, especialmente ao facilitar a realização de atividades que promovam o desenvolvimento da visualização e manipulação. Com uma *interface* de fácil manipulação, o *software* incentiva os alunos em seus estudos de Matemática por meio da exploração de construções dinâmicas, além de estimular o docente a utilizar e avaliar a tecnologia para a visualização e a investigação matemática.

O estudo de García e Martín (2023), realizado com estudantes do curso de Bacharelado em Educação Básica e em dupla titulação em Educação Infantil e Fundamental, na *Universidad Rey Juan Carlos*, na Espanha, investigou as competências matemáticas e digitais desses futuros professores, especialmente na área de Geometria, utilizando o GeoGebra. Os resultados mostraram que os estudantes consideraram o uso do *software* bastante positivo. Como exemplo, alguns trechos coletados na pesquisa ilustram essa percepção: “O GeoGebra me ajudou a visualizar coisas que eu não conseguia visualizar sozinho de forma abstrata” “fazer exercícios no GeoGebra parece ser um bom recurso” (p. 93, tradução dos autores).

3.2 Concepção e análise *a priori*

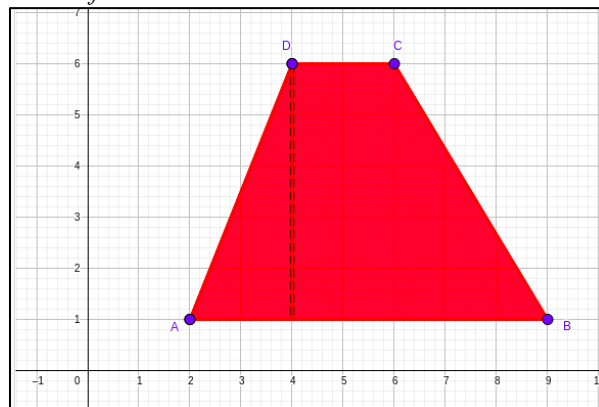
Apresenta-se a seguir a segunda fase da EDF, que consiste em expor a concepção e realizar uma análise *a priori*, fundamentada em uma proposta didática envolvendo situações relacionadas à Geometria Plana, viabilizadas pelo uso do *software* GeoGebra. A partir dessas situações, buscou-se estimular o desenvolvimento da visualização e do raciocínio geométrico incentivando os professores a refletirem sobre as ações e estratégias a serem utilizadas para explorar tais conteúdos em sala de aula. Por fim, esta proposta didática apresenta três situações que serão exploradas nas subseqüentes seções.

3.2.1 Primeira situação da proposta didática

A primeira situação envolve a análise da área de um trapézio a partir da visualização e manipulação no GeoGebra, como ilustra a Figura 3:

Figura 3

Construção do trapézio ABCD no software GeoGebra.



O trapézio é um polígono de quatro lados, sendo dois paralelos (bases) e dois não paralelos. A atividade proposta, portanto, tem por objetivo mostrar que o cálculo da área do trapézio é dado pela expressão: $\frac{(B+b) \cdot h}{2}$, onde B representa sua base maior, b a sua base menor e h a sua altura (Dolce & Pompeo, 1993).

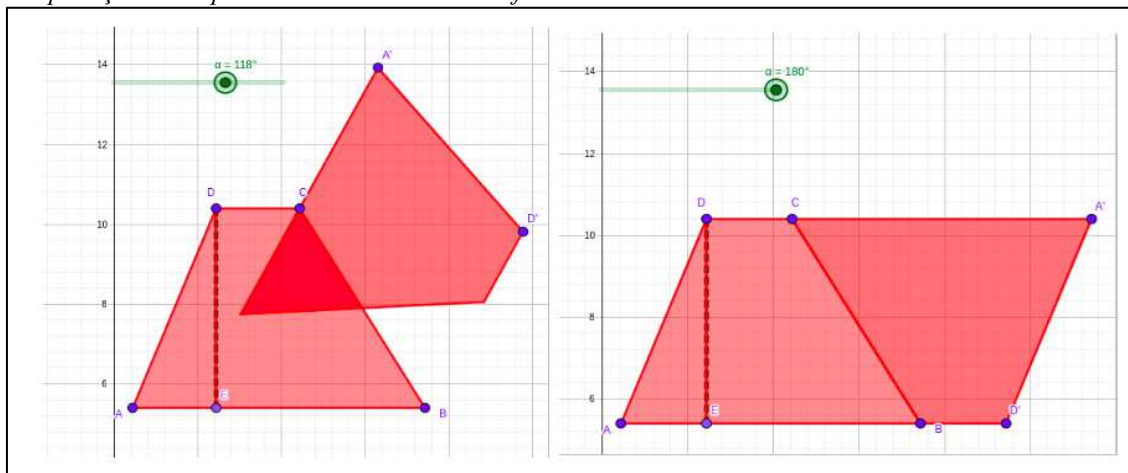
É bastante comum que os professores ensinem o cálculo da área de figuras planas por meio da aplicação direta de fórmulas, sem explorar o raciocínio visual nem a origem dos

conceitos geométricos envolvidos. Segundo Avenia et al. (2023), a visualização constitui uma atividade cognitiva fundamental, pois permite que o indivíduo interaja com as figuras geométricas, identificando as transformações necessárias para modificar uma figura inicial (figura de partida) em outra (figura de chegada).

Portanto, uma possível estratégia seria a de duplicar a figura, por meio da rotação de 180° , em torno do ponto médio do segmento BC. Para tal, foi criado o controle deslizante a , do tipo ângulo, variando de 0° a 180° , como mostra a Figura 4:

Figura 4

Processo de duplicação do trapézio ABCD realizado no software GeoGebra.

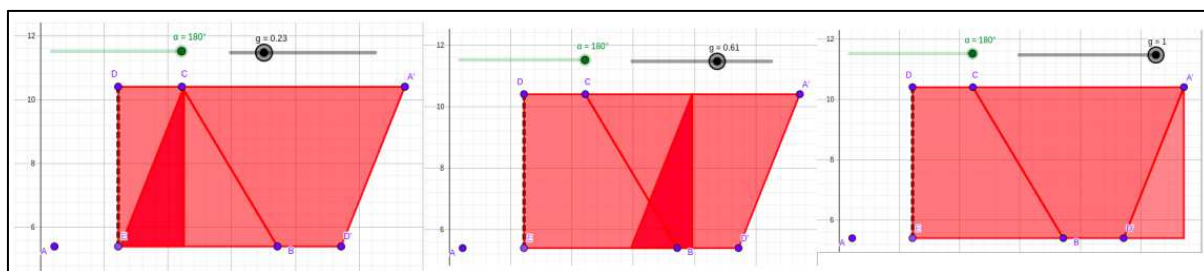


Após realizar essa duplicação, observa-se que a nova figura forma o paralelogramo ADA'D', cuja área é representada pelo produto da base pela sua altura. Como consequência, observa-se que a área do trapézio ABCD corresponde à metade da área do paralelogramo.

Figura 5

Transformação do paralelogramo em um retângulo realizada no software GeoGebra.

Ainda podemos aprofundar a compreensão sobre área de quadriláteros, transformando um paralelogramo em um retângulo, como ilustra a Figura 5:

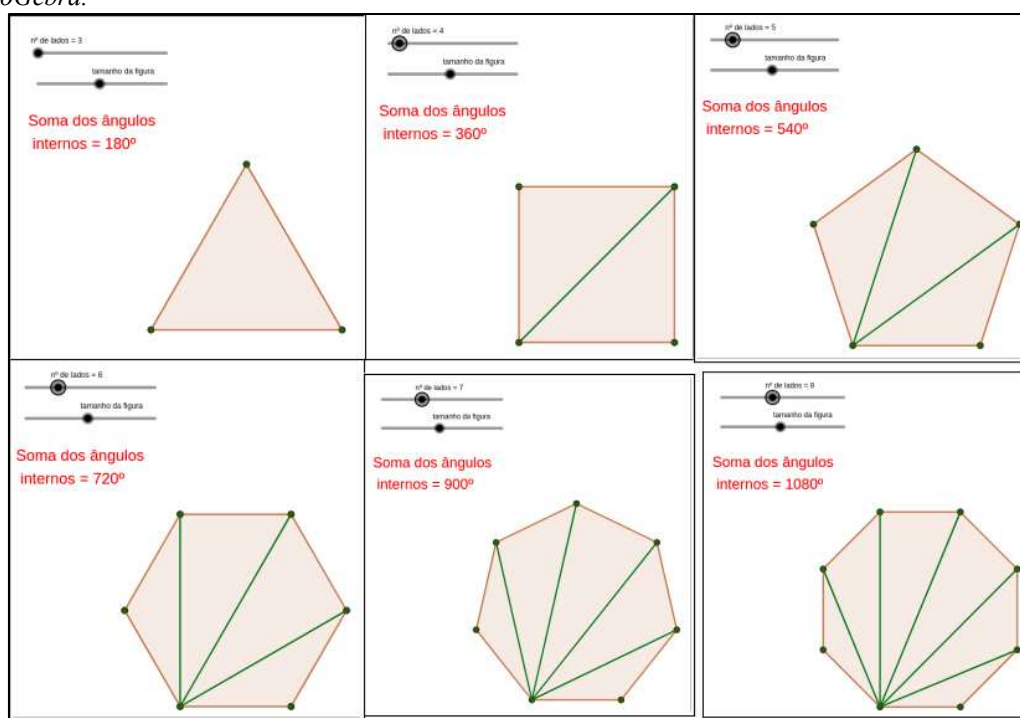


Observa-se que a Figura 5 mostra a transformação de um paralelogramo em um retângulo, mantendo as mesmas medidas de base e altura. Para realizar essa transformação, utilizou-se um controle deslizante g para arrastar o triângulo retângulo ADE (dado na Figura 4) e anexá-lo ao outro lado, no segmento A'D'.

Recomenda-se, portanto, que essa abordagem inicial seja realizada antes de apresentar a fórmula tradicional da área do trapézio. Dessa forma, ao duplicar a figura do trapézio ABCD, forma-se o paralelogramo ADA'D'. Nesse paralelogramo, a base é composta pela união da base menor com a base maior do trapézio ABCD. Além disso, o professor A segunda situação explora a soma dos ângulos internos de um polígono regular por meio de sua decomposição em triângulos. Busca-se, assim, deduzir a expressão utilizada para calcular a soma dos ângulos internos (S_i) de um polígono regular de n lados, considerando que a soma dos ângulos internos de um triângulo é igual a 180° .

Figura 6

Construção de polígonos regulares, com suas respectivas diagonais e a soma das amplitudes dos ângulos internos, realizada no software GeoGebra.



Na Figura 6, observa-se que, ao traçar as diagonais de um polígono a partir de um mesmo vértice, a figura é decomposta em vários triângulos. Para potencializar essa visualização, foi utilizado um controle deslizante no GeoGebra que permite variar dinamicamente o número de lados do polígono. Desse modo, ao movimentar o controle, o polígono correspondente ao número de lados selecionado será exibido automaticamente.

pode mostrar que a altura do trapézio é a mesma do paralelogramo, pois ambas representam a distância entre suas bases. Vale destacar que essa compreensão também pode ser feita usando a representação do retângulo (dada na Figura 5). Logo, a visualização da Figura 4 facilita a compreensão de que a área do trapézio é dada pela soma das medidas das suas bases (menor e maior), multiplicada pela altura, e depois dividida por dois - lembrando que essa área foi obtida por duplicação, o que justifica a divisão por dois.

3.2.2 Segunda situação da proposta didática

Para isso, elaborou-se uma construção no GeoGebra, apresentada na Figura 6, que possibilita a manipulação dinâmica de diferentes polígonos regulares, favorecendo a visualização das diagonais e da decomposição da figura em triângulos.

A partir dessa exploração, percebe-se que um polígono de n lados, pode ser decomposto em exatamente $n - 2$ triângulos. Consequentemente, conclui-se que a soma das amplitudes dos ângulos internos do polígono corresponde à soma das amplitudes dos ângulos internos desses triângulos formados pela decomposição. Considerando que cada triângulo possui soma dos ângulos internos igual a 180° , obtém-se a expressão $(n - 2) \cdot 180^\circ$ para determinar a soma das amplitudes dos ângulos internos de um polígono de n lados.

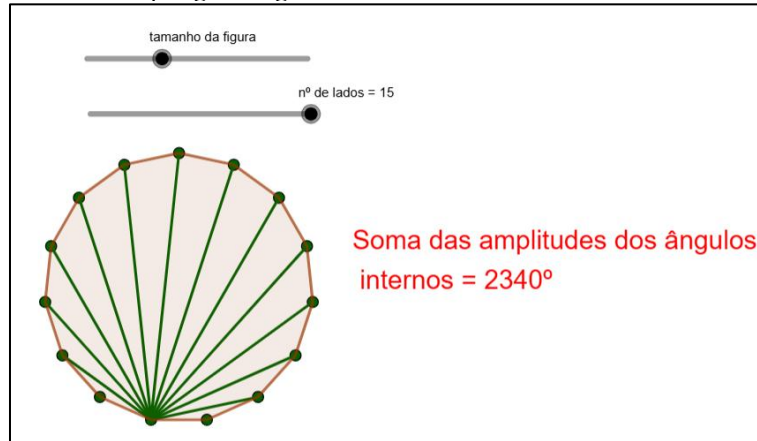
Além disso, a exploração dinâmica proporcionada pelo GeoGebra permite ampliar a análise visual ao evidenciar que, à medida que o número de lados de um polígono regular aumenta, sua forma se aproxima progressivamente de uma circunferência, conforme ilustrado na Figura 7:

Além disso, a exploração dinâmica proporcionada pelo GeoGebra permite ampliar a análise visual ao evidenciar que, à medida que o número de lados de um polígono regular

aumenta, sua forma se aproxima progressivamente de uma circunferência, conforme ilustrado na Figura 7.

Figura 7

Construção no software GeoGebra de um polígono regular de 15 lados.



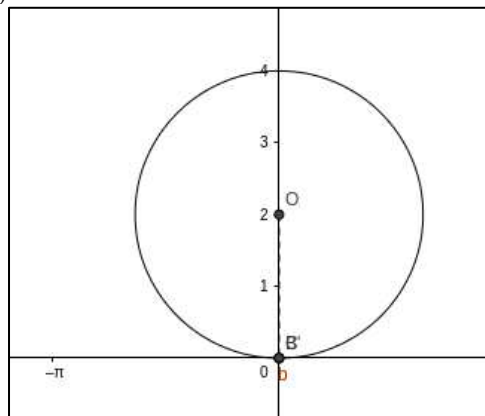
Essa observação nos leva a expandir a discussão para além do conteúdo inicial, permitindo explorar conceitos mais avançados, como o fato de que um círculo pode ser considerado um polígono de infinitos lados (Dolce & Pompeo, 1993). Deste modo, é possível introduzir uma ideia intuitiva de Limite em Geometria, enriquecendo a compreensão dos estudantes sobre a relação entre polígonos e círculos.

3.2.3 Terceira situação selecionada

A terceira situação envolve o conceito de comprimento da circunferência por meio da simulação do estiramento de uma corda.

Figura 8

Construção de uma circunferência no software GeoGebra.



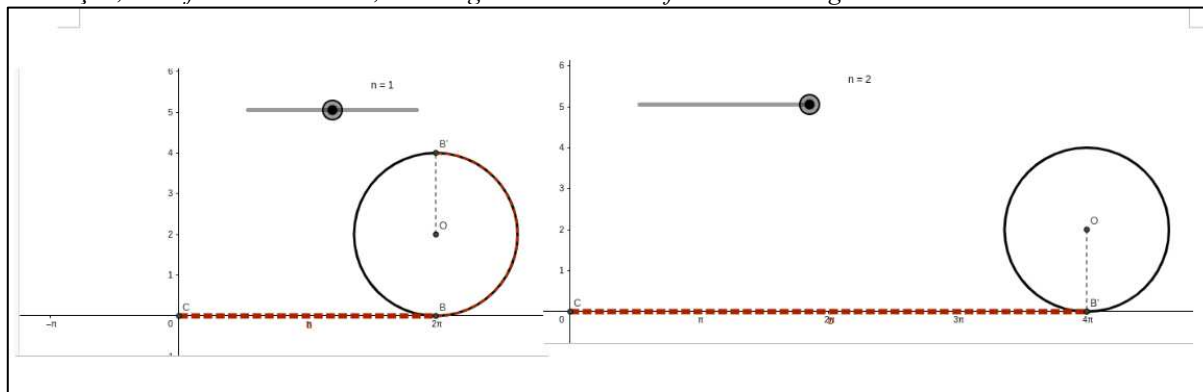
A Figura 8 representa uma circunferência com raio de 2 cm, que é tangente ao eixo x . Logo, a atividade em questão visa mostrar que o comprimento (C) de uma circunferência é dado pela expressão: $C = 2\pi r$, onde π é uma constante irracional e r é o raio.

Para explorar melhor o recurso visual do GeoGebra, antes de apresentar a fórmula, o professor pode simular o

alongamento dessa circunferência, ao longo do eixo x , a partir da origem, transformando a curva em uma linha reta, utilizando um controle deslizante, conforme ilustra a Figura 9:

Figura 9

Simulação, no software GeoGebra, do alongamento da circunferência ao longo do eixo x .



Portanto, o GeoGebra se destaca como uma ferramenta potencialmente útil, pois permite uma visualização dinâmica que ajuda a desenvolver uma compreensão mais aprofundada do conceito de comprimento e sua relação com o raio e a constante. Assim, o professor pode estimular a percepção da proporcionalidade entre o raio, o comprimento e a constante, incentivando o aluno a testar hipóteses ao manipular os elementos da construção. Dessa forma, ele consegue observar os padrões que se formam e relacionar a visualização

geométrica às fórmulas algébricas correspondentes. Além disso, essa construção auxilia na compreensão de conceitos como invariância e transformações geométricas, como translação e rotação. Em vez de apenas memorizar a fórmula, o estudante passa a entender visualmente o conceito, desenvolvendo um raciocínio mais significativo e duradouro.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma discussão sobre a formação do professor de Matemática no contexto do uso de tecnologias na educação, destacando a importância de incentivar a reflexão sobre as práticas docentes e ampliar as possibilidades de ensino por meio de abordagens didáticas inovadoras que priorizam o uso do raciocínio lógico e argumentativo, promovendo a autonomia e a criatividade do aluno.

Para isso, tomou-se como foco o conteúdo de Geometria Plana, com o propósito de apresentar uma proposta didática voltada à exploração visual de conceitos fundamentais dessa área, mediada pelo uso do *software* GeoGebra. Nesse contexto, realizou-se uma análise acerca das potencialidades do *software* e de sua relevância para o ensino da Geometria, especialmente no que se refere à visualização, manipulação e investigação de conceitos geométricos.

A pesquisa seguiu as orientações metodológicas da EDF, especialmente suas duas primeiras fases: análise preliminar e concepção e análise *a priori*. Essas etapas permitiram a construção da proposta didática, uma vez que essa teoria fornece uma estrutura para a pesquisa, contribuindo tanto para a prática docente quanto para o desenvolvimento profissional do professor. Como se trata de dados iniciais de uma pesquisa de Doutorado em andamento, as duas fases finais da EDF - experimentação e validação e análise a

posteriori - serão abordadas apenas futuramente, no momento de aplicação prática da pesquisa.

Sendo assim, na primeira fase, realizou-se uma análise epistemológica e didática sobre a importância da visualização de figuras geométricas no processo de ensino da Geometria, bem como o papel do GeoGebra como ferramenta facilitadora nesse ensino. Na segunda fase, estruturaram-se e selecionaram-se situações de aprendizagem para serem trabalhadas em sala de aula, com o objetivo de indicar hipóteses de métodos de ensino que priorizem a exploração visual, o raciocínio e a criatividade do aluno na investigação de conceitos geométricos com o uso do GeoGebra.

Por fim, por meio da análise das situações selecionadas, buscou-se oferecer ao professor uma proposta didática que estimule um ensino de Matemática mais instigante e criativo, visando assim, contribuir com o desenvolvimento de metodologias que possam aprimorar a prática docente na área.

5. REFERÊNCIAS

- Abar, C. A. A. P., & Almeida, M. V. (2024). Contributos do GeoGebra para exploração do pensamento computacional no contexto da Geometria. *REMATEC*, 19 (48), 1-17. <https://doi.org/10.37084/REMATEC.1980-3141.2024.n48.e2024003.id590>
- Artigue, M. (1988). Ingénierie Didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 9 (3), 281-308. <https://revue-rdm.com/1988/ingenierie-didactique-2/>
- Artigue, M. (2014). Perspectives on design research: the case of didactical engineering. *Approaches to qualitative research in mathematics education*, 467-496.
- Avenia, G. A. M., Puertas, C. X. B., & Castillo, M. C. (2023). Desarrollo de la visualización a través del estudio de la relación perímetro-área. Una secuencia de enseñanza. *Revista Sigma*, 19 (2), 42-57.
- Bairral, M., Settimy, T., & Honorato, V. (2013). Seccionando um cubo: o que fazer se três pontos não determinarem um plano? *Revista Paranaense de Educação*

Matemática (RPEM), 2 (1), 180-202.
<https://doi.org/10.33871/22385800.2013.2.2.180-202>

Barquero, B., & Bosch, M. (2015). Didactic engineering as a research methodology: from fundamental situations to study and research paths. (pp. 249-272) In A. Watson, M. Ohtani (eds.) *Task Design in Mathematics Education*. Dordrecht: Springer.

Brasil. (2020). *Resolução CNE/CP n. 1 de 27 de outubro de 2020*. Dispõe sobre as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Continuada de Professores da Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Continuada de Professores da Educação Básica (BNC - Formação Continuada). Brasília, 2019. Disponível em:

http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=164841-rcp001-20&category_slug=outubro-2020-pdf&Itemid=30192

Camilo, A. M. S. (2021). *Formação Continuada em Serviço do professor de Matemática: uma análise de Situações Didáticas Profissionais relacionadas à Geometria Plana e Espacial do Ensino Médio*. [Dissertação de Mestrado]. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.

Dolce, O., & Pompeo, J. N. (1993). *Fundamentos de Matemática Elementar, 9: Geometria plana*. 7. ed. São Paulo: Atual.

García, D., & Martín, R. (2023). Competencia matemática y digital del futuro docente mediante el uso de GeoGebra. *ALTERIDAD Revista de Educación*, 18 (1), 85-98. <https://doi.org/10.17163/alt.v18n1.2023.07>

Gutiérrez, A. (1998). Las representaciones planas de cuerpos 3-dimensionales en la enseñanza de la geometría espacial. *Revista Ema*, 3 (3), 193-220.

Henrique, M. P. (2022). Visualizando com toques: retas e ângulos em tela. In: Bairral et al. (Orgs.), *Retratos de experiências para visualização em Geometria* (pp. 23-37). Ed. Da UFRRJ.

Machado, S. D. A. (1999). Engenharia Didática. In Machado, S. D. A. et al. (orgs.). *Educação Matemática: uma introdução* (pp. 197-208). EDUC – Editora da PUC – SP.

Kalef, A. M. M. R. (2023). *Recursos didáticos em Educação Matemática: um repositório comentado*. Meus Ritmos Editora.

Pavanello, R. M. (1993). O abandono do Ensino da Geometria no Brasil: causa e consequências. *Revista Zetetiké*, 1 (1), 7-17.

Perrin-Glorian, M. J., & Bellemain, P. M. B. (2019). L'ingenierie didactique entre recherche et ressource pour l'enseignement et la formation des maîtres. *Caminhos da Educação Matemática em Revista/Online*, 9 (1), 45-82.

Rosa, M. C., Souza, D. S., & Silva, V. A. (2020). Relação com o saber de professores de Matemática em um processo de formação continuada. *Revista de Estudos de Cultura*, 5 (14), 45-58. <https://doi.org/10.32748/revec.v5i14.13250>

Settimy, T. F. O. (2022). *Visualizar é mais do que ver: um estudo sobre o processo de visualização utilizando papel, lápis e o aplicativo GeoGebra 3D*. 2022. 107. [Tese de doutoramento]. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Settimy, T. F. O., & Bairral, M. A. (2020). Dificuldades envolvendo a visualização em geometria espacial. *VIDYA*, 40 (1), 177-195.

Silva, E. J. S., & Rodrigues, R. F. (2025). Uma investigação histórica do Ensino de Geometria no Brasil. *Revista Baiana De Educação Matemática*, 6(1), e202519. <https://doi.org/10.47207/rbem.v6i1.22604>

Zatti, E. A. & Kalinke, M. A. (2024). Plataforma GenIA: uma proposta de uso da inteligência artificial e da programação intuitiva na criação de objetos de aprendizagem. *Revista Pesquisa Qualitativa*, 12 (30), 1-23.

Zimmermann, W. & Cunningham, S. (1991). Editor's Introduction: What is mathematical visualization? In Zimmermann, W. & Cunningham, S. (Orgs). *Visualization in Teaching and Learning Mathematics* (pp 1-7). Washington: MAA.

Aline Maria da Silva Camilo

Professora de Matemática efetiva da Educação Básica da Secretaria de Educação do Estado do Ceará. Licenciada em Matemática pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Especialista em Educação a Distância pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Doutoranda em Ensino pela Rede RENOEN – Polo IFCE.