Sociedade Brasileira de Educação Matemática

RIPEM

Modelagem de Plantas Baixas e Inovações Civis-Arquitetônicas 3D: Pensamento Computacional e Formação em Matemática

Greiton Toledo de Azevedo
Instituto Federal Goiano
Goiânia, GO — Brasil
greiton.azevedo@ifgoiano.edu.br
0000-0002-2681-1915

2238-0345

10.37001/ripem.v15i1.3999

Recebido • 17/06/2024
Aprovado • 18/10/2024
Publicado • 10/02/2025

Editor • Gilberto Januario

Resumo: Esta pesquisa tem como objetivo identificar e analisar as características observáveis no desenvolvimento de plantas baixas e na modelagem de casas arquitetônicas 3D, no contexto de Formação em Matemática. O estudo foi conduzido no laboratório de inovações do IF-Goiano, com a participação de estudantes do Ensino Médio. Os dados foram analisados qualitativamente através da triangulação de dados de diferentes fontes, incluindo vídeos, observações, entrevistas e ferramentas computacionais, sob a perspectiva teórica do Pensamento Computacional. Os resultados demonstram a relevância do desenvolvimento de projeções arquitetônicas em duas categorias: Habilidades Matemáticas e Engajamento Comunicativo-Criativo. Ambas as categorias apontam para um processo permeado de dimensões fundamentadas em originalidade, resolução de problemas, (de)composição, curiosidade-invenção e conexões entre conhecimentos matemáticos aplicados à engenharia e arquitetura. Esses aspectos evidenciam a importância da integração entre a matemática e a prática arquitetônico-civil no contexto do Ensino Médio de forma problematizada, atual e ativa.

Palavras-chave: Arquitetura. Engenharia Civil. Habilidades Matemáticas. Ensino Médio.

Modeling of Floor Plans and 3D Civil-Architectural innovations: Mathematics Education and Computational Thinking

Abstract: This research aims to identify and analyze the observable characteristics in the development of floor plans and the modeling of 3D architectural houses by high school students in the context of Mathematics Education. The study was conducted in the innovation laboratory of IF-Goiano, with the participation of high school students. The data were qualitatively analyzed through the triangulation of data from different sources, including videos, observations, interviews, and computational tools, from the theoretical perspective of Computational Thinking. The results demonstrate the relevance of the development of architectural projections in two categories: Mathematical Skills and Communicative-Creative Engagement. These two categories highlight a process permeated by dimensions grounded in originality, problem-solving, (de)composition, curiosity-invention, and connections between mathematical knowledge applied to engineering and architecture. These aspects underscore the importance of integrating mathematics with architectural-civil practice in the high school context in a problematized, current, and active manner.

Keywords: Architectures. Civil Engineering. Mathematical Skills. High School.

Modelado de Planos y Creaciones Civil-Arquitectónicas 3D: Formación en Matemáticas y Pensamiento Computacional

Resumen: Esta investigación tiene como objetivo identificar y analizar las características observables en el desarrollo de planos y en la modelación de casas arquitectónicas 3D por estudiantes de secundaria en el contexto de la Formación en Matemáticas. El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de innovaciones del IF-Goiano, con la participación de estudiantes de secundaria. Los datos se analizaron cualitativamente mediante la triangulación de datos de diferentes fuentes, incluidos videos, observaciones, entrevistas y herramientas computacionales, desde la perspectiva teórica del Pensamiento Computacional. Los resultados demuestran la relevancia del desarrollo de proyecciones arquitectónicas en dos categorías: Habilidades Matemáticas y Compromiso Comunicativo-Creativo. Las dos categorías apuntan a un proceso impregnado de dimensiones fundamentadas en originalidad, resolución de problemas, (de)composición, curiosidad-invención y conexiones entre conocimientos matemáticos aplicados a la ingeniería y la arquitectura. Estos aspectos evidencian la importancia de la integración entre las matemáticas y la práctica arquitectónica-civil en el contexto de la escuela secundaria de manera problemática, actual y activa.

Palabras clave: Arquitectura. Ingeniería Civil. Habilidades. Educación Secundaria.

1 Introdução[1]

No âmbito do processo de Formação em Matemática para o Ensino Médio, é essencial priorizar abordagens didático-metodológicas que incorporem tanto a criatividade quanto a ciência e a tecnologia (Azevedo, 2024). Estas devem ser capazes de integrar os conceitos abstratos matemáticos inerentes aos conhecimentos acadêmicos com as aplicações práticas do mundo real. Tal integração visa conferir relevância, significado e aplicabilidade à realidade dos estudantes, enriquecendo assim sua aprendizagem em Matemática (Azevedo & Maltempi, 2023). Nessa perspectiva, a Base Nacional Comum Curricular do Ensino Médio (BNCC), instituída e orientada pela resolução CNE/CP nº 2, de 22 de dezembro de 2017, corrobora, embora com fragilidades exequíveis, o incentivo ao uso de tecnologias computacionais integradas às diversas áreas do conhecimento matemático na formação do estudante. Tal incentivo visa potencializar não apenas o seu desenvolvimento humano e acadêmico do aprendiz, mas também o progresso tecnológico e científico, estabelecendo relações de significância com a sociedade.

Nesse sentido, entendemos que colocar essa Formação em Matemática com o desenvolvimento de tecnologias em sala de aula à altura de seu tempo, no século 21, pressupõe romper paradigmas e percursos sedimentados pela educação mundial (ONU, 2020). Apoiamos o desenvolvimento acadêmico em Matemática do estudante do Ensino Médio de modo que a sua autonomia seja como um processo contínuo de descobertas e transformações da própria aprendizagem. Igualmente necessária é a criatividade, entendida como a capacidade humana de inovar e estabelecer algo novo concreto intelectualmente aplicável (Resnick, 2017). Uma das propostas para se pensar a construção de conhecimento matemático de forma criativo-tecnológica e aplicável, e que esteja relacionada com uma problematização dos conhecimentos matemáticos, é a realização de atividades *Mão na Massa* (*hands-on*), como, por exemplo, a construção de plantas baixas e projeções arquitetônicas em um espaço de invenção científico-tecnológica na sala de aula. No entanto, ponderamos que a concepção não é construir por construir, mas, sim, incentivar a criatividade e o engajamento dos estudantes no processo de aprendizagem.

Isso implica compreender que, para além da aplicação dos conhecimentos de geometria, álgebra e trigonometria, a ideia é promover e apoiar oportunidades para que os estudantes possam desenvolver habilidades matemáticas, como pensamento analítico, comparação, medição, generalização, cálculo e projeção, enquanto desenham invenções bidimensional (2D) e tridimensional (3D). Essa abordagem busca integrar de maneira interdisciplinar os saberes da

[1] Este estudo é um desdobramento dos resultados da pesquisa de pós-doutorado do autor na área de Educação Matemática, com foco em Aprendizagem e Computação, na Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo.

Engenharia e da Arquitetura.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo a identificação e análise das características observáveis no processo de desenvolvimento de plantas baixas e projeções de casas arquitetônicas por alunos do Ensino Médio, no contexto da Formação em Matemática (Azevedo & Maltempi, 2020; 2021, 2022; Azevedo & Araújo, 2024; Azevedo, 2024). Esta pesquisa almeja contribuir para uma compreensão acadêmica mais profunda das interações entre a Matemática e a Computação, à medida que os estudantes constroem modelos que incorporam elementos da engenharia civil e da arquitetura. Ao mesmo tempo, propõe-se a oferecer uma análise das características observáveis nesse processo formativo, enriquecendo assim o campo do conhecimento sobre Formação em Matemática.

Esta pesquisa foi realizada no Laboratório de Inovações do Instituto Federal Goiano (IF-Goiano), com a participação de 15 estudantes do Ensino Médio, durante o desenvolvimento de plantas baixas e modelos arquitetônicos 3D, utilizando, por exemplo, os *softwares Geogebra* e *Planner 5D*. Foi utilizado o método de triangulação de dados, que combina informações de vídeos, observações, entrevistas e ferramentas computacionais para a análise de dados à luz da perspectiva teórica do Pensamento Computacional. Com base nessas informações introdutórias, avançamos para a próxima seção a fim de conhecer a lente teórica desta investigação.

2 Lente teórica que subsidia a pesquisa

Nesta seção, abordamos o desenvolvimento de inovações científico-tecnológicas relacionadas a plantas baixas e modelos arquitetônicos 3D no contexto da Formação em Matemática de estudantes do Ensino Médio. Focamos na integração dos conhecimentos matemáticos com a computação, enfatizando a relevância dessa abordagem para o processo de aprendizagem contemporâneo e contextualizado. Para fundamentar nossa análise, adotamos a perspectiva do Pensamento Computacional, introduzido por Papert na década de 1980, que se destaca por sua capacidade de promover ideias inovadoras e aprimorar habilidades de resolução de problemas em Matemática e em outras áreas do conhecimento científico. O Pensamento Computacional foi concebido para incorporar práticas computacionais ao cotidiano, ampliando o acesso à computação pessoal e contribuindo para a melhoria da educação (Papert, 1980).

O Pensamento Computacional, concebido como uma abordagem para estimular a criatividade e a inovação, fundamenta-se nas ideias de Papert (1996), que o considera essencial para a conexão de ideias, a formulação de estratégias e o desenvolvimento de inovações científico-tecnológicas voltadas à resolução de problemas reais na sociedade. Dessa forma, o Pensamento Computacional transcende a mera habilidade de manipular linguagens de programação, organizar passos de resolução e executar tarefas algorítmicas. Ao adotar essa abordagem, enfatizamos a capacidade de gerar novas ideias e construir conhecimento matemático e computacional (Papert, 2008), além de fomentar a curiosidade, a criatividade e a participação engajada dos alunos no desenvolvimento de projetos (Azevedo, 2022; Resnick, 2024). Essa abordagem também promove o desenvolvimento da lógica e invenções, incluindo aquelas relacionadas a arquiteturas e modelos 3D (Barba, 2016; Valente, 2016; Denning, 2017).

Nessa perspectiva, entendemos o Pensamento Computacional como uma abordagem que ajuda a desenvolver novas formas de pensar e a encontrar soluções criativas e práticas. Essa abordagem é importante para a construção do conhecimento matemático e computacional, especialmente no contexto da Formação em Matemática (Azevedo, 2022; Azevedo & Maltempi, 2022; 2023; Azevedo & Araújo, 2024). Essa abordagem valoriza a autonomia e a criatividade dos estudantes como elementos essenciais. Ao engajá-los em problemas originais, busca-se incentivá-los a ultrapassar as limitações de currículos muitas vezes rígidos e de modelos escolares burocráticos, que podem restringir sua capacidade de resolver problemas e criar soluções autorais. Assim, sob essa perspectiva teórica, entendemos que o desenvolvimento ativo de modelos civis-arquitetônicos com o uso de ferramentas computacionais pode oferecer aos estudantes a oportunidade de não apenas criar seus próprios modelos 2D e 3D, mas também aprofundar sua compreensão dos conhecimentos matemáticos subjacentes a essas invenções.

Nesse sentido, para o desenvolvimento das invenções de plantas baixas e casas 3D, consideramos, no contexto de Formação em Matemática do Ensino Médio, características do pensar computacionalmente, que se confluem ao saber e fazer matematicamente. Dentre elas, reverberam-se: formular problemas; representar hipóteses, pensar criativamente, modelar simulações; automatizar soluções através do pensamento lógico; formular soluções; capacidade de criar estratégias; e lidar com problemas imprevisíveis (Azevedo, 2022). Tais características se inter-relacionam e apontam para a resolução de problemas e tomada de decisões. Outra perspectiva a ser levada em consideração se refere à inovação de casas 2D e 3D no que diz respeito à integração de distintos "campos da Matemática (Geometria e Trigonometria e estatística) [que] pode contribuir para o desenvolvimento formativo [dos estudantes]" (Brasil, 2018, p. 271). Isso porque eles têm a oportunidade de não apenas conceber um projeto arquitetônico ou desenvolver métricas de um algoritmo (seja computacional ou não), mas também de compreendê-lo e aplicá-lo em diferentes contextos e possibilidades, estabelecendo conexões entre conhecimentos científicos, problemas originais e o pensamento abstrato.

Em particular, situamos a abstração a partir da visão decorrente de Papert (2008), em harmonia com o Pensamento Computacional, acerca do processo de pensar sobre o pensar. Esse processo é possibilitado pelo confronto das ideias iniciais do aluno com os resultados obtidos na execução de um programa (e.g., sintaxe), levando à formulação de novas estratégias para a solução buscada. Isso favorece o aprofundamento da compreensão lógico-analítica de um determinado conhecimento. A habilidade de pensar com as máquinas [pensar sobre o pensar – metacognição] contribui para que o estudante se torne um epistemólogo, permitindo uma abordagem alternativa no desenvolvimento do pensamento intelectual e analítico do estudante.

Diante do exposto, no contexto das invenções civis-arquitetônicas na Formação em Matemática, entendemos o Pensamento Computacional como uma abordagem acessível a diversos segmentos, desde cientistas da Computação até estudantes do Ensino Médio. O desenvolvimento original de dispositivos científico-tecnológicos em sala de aula transcende sua utilidade como ferramentas; eles se configuram como elementos essenciais para a "construção ativa do conhecimento, promovendo o desenvolvimento científico-criativo e a expressão pessoal e intelectual dos estudantes" (Azevedo & Maltempi, 2020, p. 87). Essa abordagem não deve se limitar ao domínio cognitivo do aprendizado, mas possibilitar a emergência de formas diversas e criativas para a expressão de ideias, comunicação de ideias e construção de modelos aplicáveis (Barba, 2016; Denning, 2017). Fundamentados nessa perspectiva teórica, que amplia a compreensão sobre o desenvolvimento de modelos arquitetônicos na Formação em Matemática, detalharemos, na próxima seção, o percurso metodológico desta pesquisa.

3 Percurso metodológico de pesquisa

Para investigar o impacto do desenvolvimento de modelos de plantas baixas e casas arquitetônicas em 3D no processo de Formação Matemática de estudantes do Ensino Médio, adotamos uma abordagem qualitativa de pesquisa. Essa escolha metodológica é consistente com nosso objetivo de explorar aspectos humanos do aprendizado, sem nos limitarmos à mensuração convencional ou a métodos predefinidos, permitindo-nos transcender as restrições dos quantificadores e padrões estabelecidos. Assim, questionar a neutralidade do pesquisador implica reconhecer a inevitabilidade da subjetividade na pesquisa. Nosso foco está na compreensão dos significados que emergem da integração do conhecimento matemático por meio de invenções arquitetônicas criativas e autorais (Goldenberg, 2004, p. 14).

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Inovações Criativo-Tecnológicas do IF-Goiano. Em resposta ao grande interesse dos estudantes em participar do projeto de construção de casas 2D e modelagens 3D com o uso de *softwares*, foi realizado um sorteio entre eles, resultando na seleção desses 15 alunos do Ensino Médio. Além do sorteio, realizamos uma entrevista com os alunos sobre seu interesse e disponibilidade. Pelo fato de os sorteados atenderem aos critérios de seleção impessoal definidos, as atividades didático-metodológicas foram estruturadas com o intuito de fomentar a investigação matemática, promover a criatividade e estimular a participação ativa dos participantes da pesquisa ao longo do processo de aprendizagem no contexto de Formação em Matemática.

Essas atividades foram distribuídas ao longo de 10 encontros, cada um com duração de 2 horas. Para viabilizar tais atividades, foram utilizados recursos midiáticos e materiais, incluindo o *Geogebra*, simuladores, *Scratch*, malha quadriculada e *Planner 5D*. Antes da criação original de plantas baixas e construções em 3D pelos estudantes, foram desenvolvidas quatro temáticas, abrangendo os seguintes tópicos: perímetros de figuras planas, cálculo de áreas de figuras poligonais (quadrado, retângulo, losango, paralelogramo, triângulos, trapézios e trapezóides, com áreas aproximadas), cálculo de área de círculos, setor circular, segmento circular e coroa circular. Além desses tópicos, os estudantes analisaram conceitos relacionados às proporções e escalas, bem como noções de porcentagens, impostos e valores de mercado.

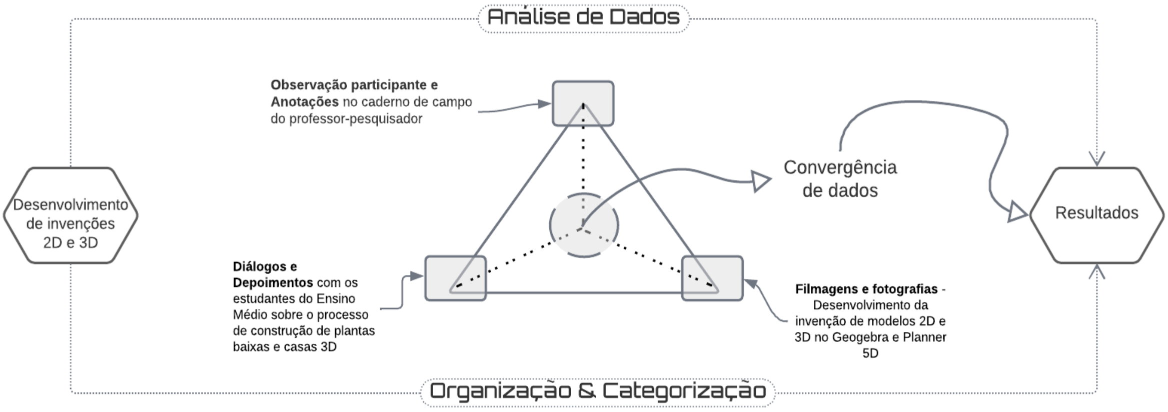
Destacamos que as atividades de desenvolvimento de invenções 2D e 3D ocorreram durante o contraturno das aulas e foram organizadas pelo professor-pesquisador. Os estudantes foram agrupados em equipes de cinco pessoas e cada equipe apresentou um projeto arquitetônico-civil. Para registrar os dados da pesquisa, foram empregados diversos instrumentos, tais como o diário de campo do pesquisador, fotografias, filmagens e entrevistas abertas. Os modelos arquitetônicos desenvolvidos pelos participantes foram incluídos no material de análise. Os encontros foram registrados em vídeo, totalizando aproximadamente 10 horas de gravação.

A filmagem foi um instrumento crucial à coleta de dados, uma vez que, ao combinar diferentes linguagens (oral e visual), possibilitou a captura precisa dos comportamentos singulares dos participantes. Os diálogos gravados durante o desenvolvimento dos modelos civis-arquitetônicos foram transcritos automaticamente pelo *software* de inteligência artificial da *Reshape*. Além disso, utilizamos *o Microsoft Excel* para tabular e classificar as diferentes fases de criação. A partir da pré-análise dos dados tabulados, direcionamos nossa atenção para os aspectos que se relacionavam diretamente com o objeto de estudo desta pesquisa. Os dados provenientes dos modelos desenvolvidos foram sistematizados por meio de descrições e interpretações analíticas detalhadas à luz da teoria estabelecida.

Organizamos a análise desta pesquisa em duas principais seções: A e B. Na Seção A, apresentamos os três projetos finais (P_1, P_2 e P_3) desenvolvidos pelos grupos de estudantes, destacando elementos matemáticos, como proporções, métricas e áreas de figuras poligonais, além do *design* e dos materiais da construção civil, como alvenarias e esquadrias. Também incluímos dados algébricos e geométricos, valores, projeções, métricas e percentuais dos dados explorados no contexto de Formação em Matemática para cada um dos três projetos. Na Seção B, discutimos o processo de Formação em Matemática no contexto de sala de aula ao longo da pesquisa, filtrando e destacando apenas as partes principais (ilustrações e excertos) que convergem diretamente para o objetivo desta pesquisa, considerando o escopo deste artigo.

A sinergia entre múltiplos registros convergentes, dentro de uma abordagem qualitativa de investigação naturalística, é conceituada como *Triangulação de Dados* da pesquisa. Esse método, segundo Denzin e Lincoln (2000), não se trata apenas de uma estratégia de validação, mas sim de uma alternativa que enriquece a análise e a credibilidade dos dados. Ele acrescenta rigor, abrangência, complexidade e profundidade à pesquisa. Contrariamente à ideia de validação, Flick (1998) enfatiza que a *Triangulação de Dados* oferece uma perspectiva mais ampla e profunda dos resultados, destacando sua contribuição à compreensão e interpretação dos fenômenos estudados. Através dessa abordagem, é possível descrever, analisar, comparar e inferir resultados de forma mais robusta e abrangente (Yin, 2016). A disponibilização de um fluxograma, a seguir, ilustra de maneira organizada o processo de organização e análise.

Fluxograma 1: Organização dos Dados – Inspirado no Método de Triangulação de Dados



Fonte: Elaboração própria (2024)

Conforme o Fluxograma 1, consideramos três pilares de análise de dados convergentes: (i) observação participante, (ii) diálogos e depoimentos, e (iii) registros midiáticos (fotografias, vídeos). Essa *Triangulação de Dados* permitiu-nos realizar descrições minuciosas, análises críticas, identificação de padrões convergentes e inferência de resultados (Yin, 2001). Ao longo da análise, direcionamos nossos esforços para identificar evidências, contextos e características relevantes, bem como para detectar padrões que nos levassem ao objetivo desta pesquisa.

Durante esta fase, corrigimos as mensagens dos diálogos entre os participantes da pesquisa, mantendo a integridade semântica original. Destacamos que, para entender melhor as percepções dos alunos, conduzimos entrevistas abertas após a conclusão do processo de criação e elaboramos perguntas, visando aprofundar suas compreensões e garantir a relevância das entrevistas para os objetivos propostos. Essas questões foram formuladas de maneira a conduzir os participantes a refletir sobre aspectos específicos do processo, abordando temas como a ênfase em determinados conteúdos matemáticos, estratégias empregadas na criação de objetos gráficos, manejo de desafios matemáticos e atribuição de significados e sentidos à experiência.

Com o objetivo de promover a convergência entre os dados coletados, os participantes foram codificados de E_1 a E_{15}, representando os Estudantes 1 a 15, respectivamente, sendo E_1 o primeiro estudante e E_{15} o último. Essa codificação foi realizada com o intuito de agrupar percepções correlacionadas em cada uma das categorias de análise identificadas nesta pesquisa. Além disso, para representar as falas do professor, utilizamos a codificação P. Para a apresentação e análise de dados, foram selecionados excertos das discussões ocorridas nos encontros, sendo identificados os trechos provenientes da transcrição das falas dos participantes através do uso do símbolo [ ]. Utilizamos também o símbolo ( ) para indicar a omissão de diálogos e fornecer contexto às falas, gravadas durante a pesquisa. Com base nessas informações descritivas, avançamos à seção analítica desta investigação.

Por fim, ressaltamos que todos os participantes da pesquisa receberam os termos de consentimento, manifestando interesse em participar sem ocultação de suas identidades. Este estudo, resultante da pesquisa de Pós-Doutorado com ênfase na área de Educação Matemática, obteve aprovação no Comitê de Ética (CEP) da Universidade de São Paulo (EACH/USP). Seu protocolo CAAE é 67106322.3.0000.5390 e o parecer foi atribuído sob o código 5.941.184.

4 Seção A: Apresentação e Análise de dados

Nesta seção de análise A, apresentamos as três invenções 2D e 3D de cada grupo de estudantes ao longo do processo de formação em Matemática. Com o intuito de proporcionar uma organização mais eficiente dos dados, incluímos as tabelas correspondentes às imagens de cada modelo desenvolvido, contendo informações extraídas dos relatórios dos estudantes. É importante ressaltar que destacamos elementos identificados, tais como áreas parciais e totais do terreno, escala, valores percentuais, impostos, valor venal e até mesmo conceitos relacionados a casas inteligentes, utilizando inteligência artificial. Visando estabelecer uma padronização entre as diferentes invenções, fornecemos os dados pertinentes para cada uma delas. No caso de alguma invenção não contemplar uma característica específica, esta foi categorizada como *não aplicável*. Em seguida, apresentamos as ilustrações e tabelas dos três modelos e suas principais características observadas ao longo desse processo Formativo.

4.1 Projeto Civil-Arquitetônico P_1[2]

Figura 1A: Projeto P_1 – Planta Baixa e Casa Arquitetônica 3D

Planta Baixa (2D)

Modelo Civil-Arquitetônico (3D)

Fonte: Dados da Pesquisa

Tabela 1A: Métricas (Superficiais – áreas) da Planta Baixa (2D)

Casa	Quartos	Banheiros	Cozinha	Sala	Corredores	Garagem	Verde
275,41 m^2	Q_1: 34,79m^2 Q_2: 25,16m^2	B_1: 14,98m^2 B_2: 37,80m^2	35,26m^2	54,23 m^2	37,75m^2	35,23 m^2	172,63 m^2

Fonte: Dados da Pesquisa

[2] *Cf.:* https://planner5d.com/v?key=00a84b1f10cfc7e873d5350ef1f318f7&viewMode=3d

Tabela 1B: Atributos da Construção

Escala	Lote	% da casa em relação ao lote	Casa inteligente Uso de IA's	Imposto de construção	Preço do m^2
1: 100 cm	448,04 m^2	61,46 %	Sistema de Iluminação	23%	2000 reais/m^2

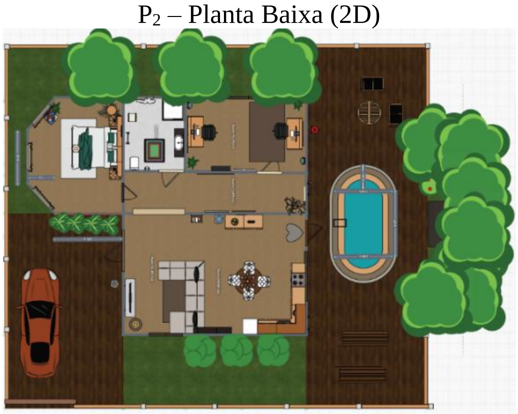
Fonte: Dados da Pesquisa

Conforme ilustrado nas Figuras 1 (A/B) e Tabelas 1 (A/B), observamos a distribuição da planta baixa e a projeção tridimensional da habitação. O projeto P_1 detalha a distribuição da área total (275,41 m²) entre quartos, banheiros, cozinha, sala, corredores e garagem. É notável que, além de figuras convencionais como quadrados e retângulos na composição dos cômodos, o grupo de estudantes desenvolveu uma sala hexagonal irregular, determinando a área dessa região por meio do cálculo da área dos triângulos e retângulos circunscritos. Ressaltamos que, além das métricas, cálculos e proporções, o P_1 incluiu elementos de uma casa inteligente, juntamente com considerações sobre impostos de construção e valor venal, indicando uma abordagem integrada na construção pessoal, contemporânea e autoral.

4.2 Projeto Civil-Arquitetônico P_2[3]

Figura 2A: P_2 – Planta Baixa (2D) e Modelo Arquitetônico 3D

P_2 – Planta Baixa (2D)



P_2 – Modelo Arquitetônico 3D

Fonte: Dados da Pesquisa

Tabela 2A: Métricas (Superficiais – áreas) da Planta Baixa (2D)

Área da Casa	Quarto	Banheiro	Cozinha	Sala	Corredor	Escritório	Quintal	Piscina
92,12m^2	17,82m^2	7,68m^2	26,01m^2	13,28m^2	12,33m^2	15m^2	187,71m^2	13,34 m^2

Fonte: Dados da Pesquisa

Tabela 2B: Atributos do Projeto Civi

Escala	Lote	Casa inteligente Uso de IA's	Imposto de construção	Preço do m^2	Valor Venal
1: 50 cm	279,83m^2	Inteligência Energética Painéis solares	22,8%	1850 reais/m^2	400.000,00

Fonte: Dados da Pesquisa

No P_2, o grupo de alunos desenvolveu uma planta arquitetônica e um modelo 3D. Um dos quartos foi projetado combinando a área de um trapézio [(*base maior* + *base menor) x altura / 2*] e com a de um retângulo (base x altura). O projeto inclui um escritório e uma piscina,

[3] *Cf.*: *https://planner5d.com/editor?key=8dca1b51f5b6afc438c579cc8ac5f600&viewMode=3d*

para uma casa minimalista destinada a um casal. Para calcular a área da piscina, os estudantes utilizaram dois semicírculos e um retângulo. A área da borda da piscina foi calculada com a fórmula da coroa circular $(A=\frac{\alpha}{360}\pi(R^2 - r^2))$, onde R é o raio maior, r é o raio menor, A é a área do setor circular e α é o ângulo central do setor circular. Na planta baixa e na representação 3D da casa, o grupo usou a escala de 1:50 e considerou a área total do lote, que é de 279,83 m². Deste total, 32,91% é destinado à construção da casa, exigindo uma alocação específica dos espaços internos e externos. O projeto destaca a eficiência energética, incorporando Inteligência Artificial e painéis solares, refletindo a preocupação dos estudantes com a sustentabilidade.

4.3 Projeto Civil-Arquitetônico P_3[4]

Figura 3A: P_3 – Planta Baixa do Térreo da Casa: Representação em 2D do Piso 1

P_3 – Planta Baixa do Térreo da Casa: *Representação em 2D do Piso 1*

P_3 – Planta Baixa do Segundo Pavimento da Casa: *Representação 2D dos Pisos 2 e 3*

Fonte: Dados da Pesquisa

Tabela 3A: Métricas (Superficiais – áreas) da Planta Baixa (Térreo e Pisos 2/3)

Área da Casa	Suítes	Cozinha	Sala	Corredores	Escritório	Jardim	Piscina	Outros
247,84 m^2	S_1: 44, 33m^2 S_2: 44, 33m^2	40.8 m^2	24, 67m^2	C_1: 15, 89 m^2 C_2: 14,24 m^2	12.28 m^2	680 m^2	23 m^2	43 m^2

Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 3C: P_3 – Modelo Civil-Arquitetônico 3D

Fonte: Dados da Pesquisa

[4] *Cf.*: https://planner5d.com/editor?key=8fc8f76bf660b92106043cd1d303cd11&viewMode=2d

Tabela 3B: Atributos do Projeto Civil

Escala	Lote	% da casa em relação ao lote	Casa inteligente Uso de IA's	Imposto de construção	Preço do m^2	Valor Venal
1: 100 cm	927,84m^2	26,71 %	Inteligência Energética Segurança Automatizada	18%	3550 reais/m^2	2.400.000,00

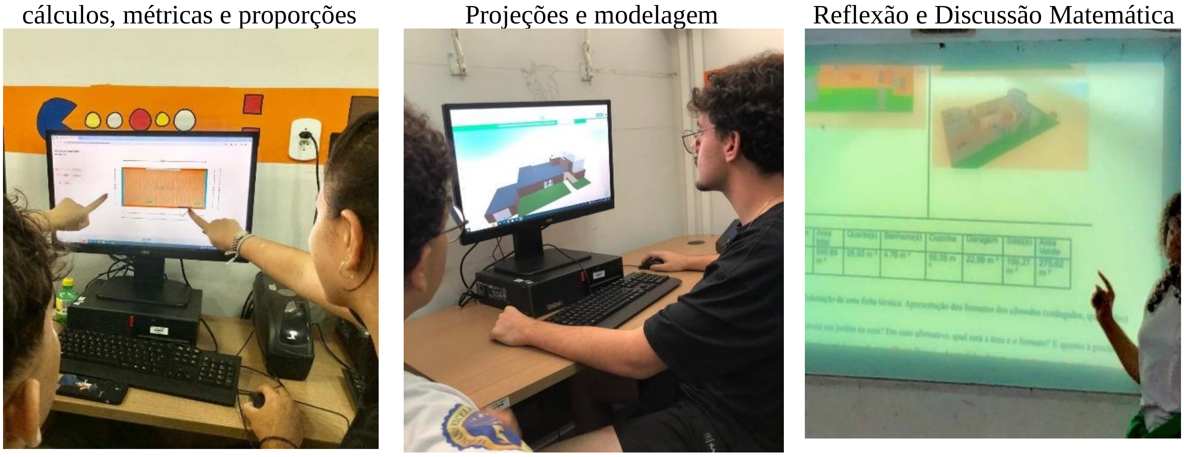
Fonte: Dados da Pesquisa

O projeto P_3 distingue-se por sua abordagem detalhada na concepção de uma residência de três andares, diferente dos dois projetos anteriores. Com uma área total de 242,84 m², a distribuição interna da casa foi planejada para atender às necessidades de uma família com quatro pessoas. As duas suítes espaçosas, cada uma com 44,33 m², proporcionam conforto e privacidade, enquanto os três banheiros, com um total de 8,3 m², garantem praticidade e funcionalidade. A cozinha, com generosos 40,8 m², e a sala de estar, com 24,67 m², foram projetadas para oferecer espaços personalizados e aconchegantes para convívio social, segundo explicações dos estudantes. Os corredores, subdivididos em C_1 (15,89 m²) e C_2 (14,24 m²), garantem uma circulação fluida e eficiente dentro da casa, enquanto o escritório de 12,28 m² reflete uma visão contemporânea que valoriza o trabalho remoto. O amplo jardim de 680 m² e a piscina de 23 m² enfatizam a importância do lazer e do contato com a natureza. A integração de inteligência artificial (IA) na casa inteligente demonstra uma aplicação avançada do pensamento computacional, com algoritmos desenvolvidos para automação e gestão dos recursos, visando eficiência energética e segurança. A análise financeira, considerando um imposto de construção de 18% e um preço do metro quadrado de R$ 3550,00, resulta em um valor venal de R$ 2.400.000,00 para a propriedade. A escala de 1:100 cm e a proporção da casa em relação ao lote de 26,71% evidenciam a precisão métrica e proporcional do terreno. Com base nesses dados dos três projetos dos alunos, avançamos à segunda parte da análise desta pesquisa.

5 Seção B: Apresentação e Análise de dados

Figura 4: Etapas de desenvolvimento das plantas Baixas (2D) e Modelos 3D

Fase 1: Planta Baixa: Explorando cálculos, métricas e proporções | Fase 2: Projetando a Casa 3D: Projeções e modelagem | Fase 3: Discussão dos Projetos: Reflexão e Discussão Matemática



Fonte: Dados da Pesquisa

Na Figura 4, observamos três fases exemplares de produção das plantas baixas e modelos de casas arquitetônicas ao longo da pesquisa. Na primeira imagem, à esquerda, o grupo de estudantes explora o desenho técnico de figuras poligonais no *software* e dialoga com o professor sobre a planta baixa em construção. Esse é um momento de familiarização com o *Planner5D*. Na figura central, que representa o segundo momento da pesquisa, outro grupo constrói a casa em 3D, analisando possibilidades de invenções e elementos. Nessa etapa, os estudantes esboçam tanto o projeto 2D quanto o 3D, verificando a escala da planta, as medidas dos cômodos, o tamanho percentual da casa em relação ao lote e incluindo ideias de IA e placas solares. Os alunos foram incentivados a explorar áreas poligonais e não poligonais, como setor circular, hexágono e pentágono, além da decomposição de figuras planas e suas áreas.

Na última foto, à direita, visualizamos a etapa final do processo de aprendizagem em Matemática, na qual um grupo de alunos apresenta à turma os modelos 2D e 3D desenvolvidos, além da tabela contendo informações métricas. Nessa fase, os estudantes destacam o processo de construção, os erros e o aprendizado de matemática obtido, com a mediação pedagógica do professor. É um momento de aprendizagem coletiva, no qual os alunos tiram dúvidas e aprendem uns com os outros. Para entender melhor esse contexto, destacamos os excertos registrados ao longo da pesquisa, apresentados nos recortes abaixo. Esses recortes, do início ao fim, foram estrategicamente selecionados para convergir para o objetivo desta pesquisa.

> P: [Processo de exploração do *software* — o professor apresenta as ferramentas básicas e explora a construção de figuras retangulares, ajudando os estudantes a rascunhar suas primeiras plantas baixas a partir de perguntas norteadoras]: Vamos esboçar, pelo menos, quatro áreas retangulares. [Tempo de discussão e exploração da turma com o *Planner 5D*] [...]. Qual vai ser o modelo de alvenaria e esquadrias? [Discussão]. Quais seriam as métricas e proporções de cada cômodo retangular?
>
> E_{15}: (...) Legal, professor! No nosso modelo inicial, criamos rapidamente seis cômodos retangulares quase do mesmo tamanho, juntos eles formaram um retângulo maior. Dá para ver a métrica de cada lado. Para saber a área total da planta baixa, é só somar a área de cada cômodo, não é?
>
> P: Isso mesmo! É possível obter a área total da planta baixa pela soma das áreas de cada cômodo [resolução coletiva]. Esse é um caminho possível de resolução. Mas existem outros métodos resolutivos? Seria possível calcular a área total de forma direta, considerando que a soma das áreas dos seis retângulos constitui um retângulo maior? Como poderíamos fazer isso? [Diálogos].
>
> E_{12}: [Tempo] É mesmo, professor... é um retângulo maior... é só multiplicar a base pela altura [$A = b \ x \ h$, sendo b: base e h: altura]... daí, temos a área total da planta. É mais direto, né?
>
> P: Mas, se não for um retângulo, podemos calcular a parte que falta para completar o retângulo maior ou a parte que sobra do retângulo, certo? [Reflexão-compartilhada].
>
> E_{12}: O cálculo faz sentido, professor! Podemos fazer várias formas de estratégias, e até mesmo combinar as duas formas de resolução, usando parte com parte [soma dos cômodos da casa] ou parte-todo [o cálculo da área total de forma direta, com a soma ou subtração de partes sobrando da casa].
>
> E_3: Interessante... é só dividir a figura maior em partes menores ou o contrário [decomposição].
>
> E_{11}: [Outro momento] Nossa... tem muitos tipos de alvenaria aqui... Nosso grupo está construindo os cômodos no 2D e projetando no 3D a casa, está ficando bem massa! Tem a régua de métrica...
>
> P: [...] Explorem também as esquadrias (...). Podemos pensar no custo desses materiais? Será que podemos considerar que, quanto maior for a casa, maior será o custo dela? Isso depende do lugar em que a casa vai ser construída? O local pode influenciar no preço da casa? [Pesquisa e análise].
>
> E_4: O m^2 de cada local fica mais caro dependendo da região [exemplos]. Quanto aos materiais, varia muito; podemos comprá-los pela internet, analisar diversos locais e reduzir os impostos...
>
> P: Podemos estabelecer uma relação de grandezas diretamente proporcionais? Ou seja, à medida que uma região se valoriza mais, o preço das casas tende a aumentar proporcionalmente? E quanto ao custo por área (m^2), existe alguma relação proporcional? [Discussão coletiva]. E se pensarmos que, quanto maior a equipe de trabalhadores (mais trabalhadores na obra de construção), menor será o tempo necessário para concluir a construção!? [Discussão de proporcionalidade]
>
> E_5: Quando tem mais gente trabalhando na casa, ela fica pronta mais rápido... Tipo, quanto mais pessoas,

menos tempo demora para terminar a obra, é isso? [Grandezas Inversamente Proporcionais]

Conforme os excertos, os grupos de estudantes, junto ao professor, estão investigando áreas de figuras planas, medidas e proporções. Observamos que os estudantes estão sendo incentivados a desenvolver estratégias para calcular plantas baixas, iniciando com formas simples como retângulos, através de questões orientadoras [Reflexão-Colaboração-Resolução] propostas pelo professor. Isso fica evidente nos seguintes excertos: [P]: "*Vamos analisar as métricas e proporções de cada cômodo?*"; [E_{15}]: "*Para saber a área total da planta baixa, é só somar a área de cada cômodo, não é?*"; [P]: "*Mas existem outros caminhos [métodos de resolução]? Seria possível calcular a área total de forma direta, considerando que a soma das áreas dos seis retângulos constitui um retângulo maior?*"; [E_{12}] "*Podemos desenhar várias formas de cálculos, e até mesmo combinar as duas formas de resolução, usando parte com parte (...) e parte-todo*"; e [E_3]: "*Interessante... é só dividir a figura maior em partes menores ou o contrário* [decomposição]". Nos excertos, o processo é mediado pelo professor, que interage com os estudantes e os incentiva a explorar e analisar coletivamente diferentes métodos de resolução. Inicialmente, concentram-se na determinação da área total da planta baixa não apenas pela decomposição das suas partes, mas também pela compreensão global do conjunto.

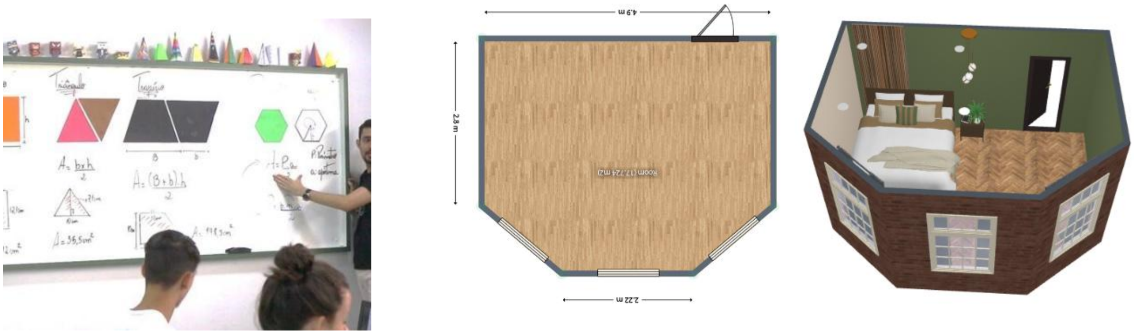
Observamos um procedimento analítico de resolução da área dos cômodos, no qual as partes são decompostas para compreender o todo. Essa abordagem implica a fragmentação de desafios maiores em unidades menores, caracterizando a fase de (de)composição (Azevedo; Araújo, 2024). Tal método demonstra habilidades na resolução de problemas complexos ao dividir o espaço em elementos menores e agregá-los para alcançar a área total, e vice-versa. O processo de *discussão-reflexão* se revela dinâmico e não linear, valorizando diferentes perspectivas na abordagem do mesmo problema e na busca por soluções. Ao desenvolverem estratégias de maneira colaborativa, os alunos assimilam conceitos reflexivos e aplicáveis, explorando significados matemáticos para resolver o problema da área total da planta baixa, conforme evidenciado no excerto [E_{12}]:*"O cálculo faz sentido, professor!"*. Compreendemos que é fundamental que o professor medeie processos e modelos de desenvolvimento para criar oportunidades de reflexão e para desenvolver a consciência do aluno quanto aos conceitos e estratégias que são desenvolvidos em sala para além de uma única forma resolutiva (Azevedo, 2022; Papert, 2008). Nesse contexto, alinhado à abordagem do Pensamento Computacional, promover espaços nos quais os estudantes expressem suas ideias e diferentes formas de resolução do problema emerge como uma estratégia promissora para estimular a autonomia e a aprendizagem de conceitos específicos de matemática de maneira colaborativa (Resnick, 2017).

Muito além de aplicar o conceito de áreas e desenvolver processos resolutivos de plantas baixas, os estudantes também se envolvem na argumentação de fatores da engenharia civil e finanças, amalgamada com a relação direta à realidade, como evidenciado nos excertos: [P] "*Vamos explorar as esquadrias... podemos pensar no custo desses materiais? Podemos pensar que quanto maior for a casa, maior será o custo?[relação de grandezas diretamente proporcionais]"*; [E_4] "*O m^2 de cada local fica mais caro dependendo da região... (...) quanto aos materiais, varia muito; podemos comprá-los pela internet, analisar diversos locais e reduzir os impostos*"; e [E_5]: "*Quando tem mais gente trabalhando na casa, ela fica pronta mais rápido, né?"* [Grandezas inversas]. Nesse contexto específico, enfatizamos a participação ativa dos estudantes, que integram suas experiências individuais ao aprendizado de Matemática ao terem a chance de pensar nos elementos de uma casa, relacionar grandezas, e estimar valores (preços), custos e benefícios durante a construção de uma casa, mesmo que de forma hipotética.

Durante o processo de elaboração de plantas baixas e modelos 3D, os alunos não se limitam a executar cálculos e aplicar fórmulas; refletem também sobre questões práticas, como a análise de grandezas diretamente e inversamente proporcionais na construção real de residências. Essa integração demonstra como as ideias matemáticas são aplicadas na prática, promovendo uma compreensão intuitiva, significativa e contextualizada pelos alunos durante a elaboração das plantas baixas. Além desses aspectos, também filtramos outros dados relevantes no processo de construção de modelos de casas ao longo da pesquisa, conforme os trechos de análise abaixo.

Figura 5: Processo de Formação em Matemática a partir da construção de planta baixa e modelos 3D

Investigação de áreas Deduzindo fórmulas	Quarto – Hexagonal 2D Hexagonal Irregular	Base plana hexagonal (3D) Composição: trapézio e retângulo



Fonte: Dados da Pesquisa

P: [Exploração de figuras geométricas como triângulos, trapézios, hexágonos, etc., utilizando o Geogebra e a decomposição por meio de dobraduras]. Como podemos construir figuras não convencionais, como um hexágono? É possível decompor um hexágono em figuras diferentes?

E_1: Estamos pensando em formatos diferentes mesmo, professor! Planejamos criar dois quartos, cada um com área e formato distintos: um com 34,79 m² e outro com um piso hexagonal. Queremos criar cômodos mais inusitados, sem ficar presos ao formato retangular [*design* não padronizado].

E_2: [discussão] Professor, conforme explicação e simulação no Geogebra... é possível dividir o hexágono em 6 triângulos iguais (equiláteros). Como a área de cada triângulo é calculada por A = $l^2\sqrt{3}/4$, podemos simplesmente multiplicar 6 pela área de cada triângulo.

P: Isso mesmo! Conforme estudamos, podemos obter a fórmula para os polígonos regulares como investigamos com os materiais de papel colorido (conforme ilustração à esquerda – Figura 5). No caso do hexágono regular: A = $P.a/2$, sendo P: Perímetro ($6xl$), a: apótema. [Rascunhos no quadro].

P: [Explora figuras irregulares]. Podemos decompor esta figura não convencional em duas ou três figuras conhecidas? [Discussão]. Este quarto que estamos construindo no *software* é um hexágono? Por quê? Vamos refletir: observe que ele não pode ser decomposto em seis triângulos equiláteros...

E_7: Não, professor! Ah, espera! (...) Deixa eu pensar mais um pouco (...) Acho que não... [Pausa].

E_{10}: Nossa, esse hexágono é bem diferente! É hexágono porque tem seis lados, né!? Para calcular a área dele, dá para traçar uma linha [explica] e dividir em um retângulo e um trapézio (...) Dá para ver um retângulo e um trapézio, sim... massa! Como a gente sabe a área do trapézio [A = (B + b) × h / 2, onde B é a base maior, b é a base menor e h é a altura] e do retângulo [A = (B × h), onde B é a base e h é a altura], é só calcular a área e somá-las [Abstração e algoritmo de resolução].

E_9: Ah, eu consegui ver dois retângulos com áreas diferentes e dois triângulos retângulos com a mesma área... Dá para fazer de várias formas, né?! Vou mexer [no *software*] mais um pouco aqui...

E_4: Pensei de novo! [...] Não tinha visualizado assim... Agora enxergo também um triângulo isósceles e um retângulo. Para criar um hexágono decomposto em um triângulo e um retângulo com área total de 34,79 m², fizemos um triângulo com base de 4 m e altura de 5 m (área = 10 m²) e um retângulo com largura de 4 m e comprimento de 6,20 m (área = 24,79 m²).

E_2: Também poderíamos pensar na iluminação natural e na ventilação desse quarto? Três janelas modernas, projetando janelas e portas estrategicamente. [Criação coletiva].

E12: Bonito! Vamos criar nosso projeto aqui... e pensar nas paredes, na iluminação... ah, e também nos gastos de tudo. Será que pode ter uma casa com mais de um andar? Vários pisos... chique! [...]

O diálogo entre o professor e os alunos ilustra uma abordagem participativa e engajada dos estudantes na criação de suas plantas baixas, enfatizando a exploração de conceitos matemáticos relacionados à sua construção. Os alunos são incentivados a resolver problemas através da abstração de figuras não convencionais, como o hexágono, primeiro reconhecendo-o como tal e depois aplicando algoritmos do cálculo de áreas a partir de figuras conhecidas. O professor questiona: [P] "*Como podemos construir figuras não convencionais, como um hexágono? Podemos decompor esta figura em duas ou três figuras conhecidas? Este quarto que estamos construindo no software é um hexágono?* ". Um aluno respondeu com reflexão e análise: [E7] "*Ah, espera! Deixa eu pensar mais um pouco... Acho que não".* Um aluno observa: [E10]*"(...) esse hexágono é bem diferente! É hexágono porque tem seis lados, né!? Para calcular a área dele, dá para traçar uma linha e dividir em um retângulo e um trapézio*". Outra estudante complementa: [E9] "*Ah, eu consegui ver dois retângulos com áreas diferentes e dois triângulos retângulos com a mesma área... Dá para fazer de várias formas, não é mesmo?".*

Observamos que o desenvolvimento do processo ocorre através da investigação e análise sistemática dos dados mediados pelo professor em sala de aula, caracterizado por um fluxo contínuo de discussão e revisão. Os estudantes exploram diversas abordagens para resolver o problema da área do hexágono, seja decompondo-o em um trapézio e um retângulo, ou em dois retângulos e dois triângulos retângulos. Durante o processo de aprendizagem, os estudantes frequentemente comparam figuras convencionais com o conceito de figura hexagonal, buscando contextualizar essa construção prática com o projeto de um quarto. Um aspecto significativo nesse contexto é que os estudantes expandem além da abordagem convencional do hexágono regular e irregular, explorando também considerações práticas, como a iluminação natural e a ventilação do ambiente, como discutido por um dos alunos: [E2] "*Também poderíamos pensar na iluminação natural e na ventilação desse quarto? Três janelas modernas, projetando janelas e portas estrategicamente [Criação coletiva]*".

Ponderamos que o uso de algoritmos para resolver o problema da área de figuras poligonais não convencionais demonstra a aplicação prática de conceitos matemáticos durante o processo de plantas baixas. Os estudantes engajam-se na metacognição ao refletirem sobre o próprio pensamento, como exemplificado por um estudante: [E4]: "*Pensei de novo! Não tinha visualizado assim... Agora também enxergo um triângulo isósceles e um retângulo".* Os estudantes comparam suas primeiras resoluções do problema com novas possibilidades, como visualizar a decomposição de uma figura em outras e realizar cálculos de áreas, avaliando a eficácia das abordagens adotadas e explorando novas formas de pensar sobre o problema matemático em questão. Esse processo de metacognição (pensar sobre o pensar) permite aos estudantes não apenas resolver problemas, mas também desenvolver habilidades de abstração matemática essenciais para sua aprendizagem contínua e para a aplicação prática dos conceitos estudados (Papert, 2008; Resnick, 2017; Azevedo; Maltempi, 2021; 2022; 2023).

Outro aspecto que nos chama atenção é o engajamento dos estudantes no processo de construção da planta baixa e do modelo 3D, indo além dos aspectos puramente matemáticos, como exemplificado pela fala da estudante: [E12] "*Legal! Vamos criar nosso projeto aqui... e pensar nas paredes, na iluminação... ah, e também nos gastos de tudo. Será que pode ter uma casa com mais de um andar? Vários pisos... chique!* [continua]". Nesse contexto, reconhecemos a importância de permitir que os estudantes expressem suas ideias em sala de aula e criem autonomamente seus projetos, sem se limitarem a diretrizes fixas como "construa uma casa assim ou dessa forma". É crucial não apenas considerar diversas abordagens para resolver problemas matemáticos, mas também apoiar as inovações e propostas dos estudantes em seus projetos, com o professor atuando como mediador desse processo criativo.

Reconhecemos que o desenvolvimento de plantas baixas e modelos 3D no contexto da Formação em Matemática requer uma abordagem adaptável e exploratória, permitindo que os estudantes desenvolvam habilidades matemáticas para a criação de invenções 2D e 3D inéditas. Essas habilidades abrangem análise, formulação de hipóteses, comparação de resultados e resolução de problemas, tanto na fase de planejamento quanto no desenvolvimento final do projeto arquitetônico. Nesse contexto, é importante que o professor assuma um papel de facilitador colaborativo, ajudando a construir consensos e incentivando a exploração ativa dos estudantes. Isso impacta diretamente o processo de aprendizagem, promovendo maior autonomia na comunicação e argumentação em um ambiente participativo e democrático. Com base nos dados desta pesquisa, avançamos para a seção de resultados e discussões.

6 Resultados e Discussão

Este estudo teve como objetivo identificar e analisar as características observáveis no desenvolvimento de plantas baixas (2D) e projeções de casas arquitetônicas (3D) por estudantes do Ensino Médio no contexto de formação em Matemática. Os resultados das seções de análise (A e B) destacam duas categorias principais que sublinham a importância das características desse processo formativo dos estudantes do Ensino Médio: (i) *Habilidades Matemáticas* e (ii) *Engajamento Comunicativo-Criativo*. No âmbito da primeira categoria analítica, os estudantes demonstraram habilidades ao resolver problemas que envolvem a projeção de áreas e métricas de formas geométricas, além de realizar cálculos proporcionais e análise de custos e *design*.

A habilidade de decompor figuras não regulares e irregulares em componentes menores, como retângulos, trapézios ou triângulos, demonstra um domínio conceitual que vai além da simples aplicação mecanizada de fórmulas matemáticas. Esse processo de construção ativa de plantas baixas, que promove a concatenação de ideias coletivas em sala de aula, requer não apenas conhecimento teórico, mas também habilidades de abstração, estratégia analítica e aplicação prática dos conceitos aprendidos no contexto de formação. Conforme dados da pesquisa, os estudantes precisaram analisar, refletir e conjecturar hipóteses para determinar a melhor estratégia, adaptando-a conforme a necessidade, para calcular a área poligonal de forma não linear. Percebemos também que a compreensão da relação entre grandezas diretamente e inversamente proporcionais, desenvolvida durante as discussões de aprendizagem durante a construção das plantas baixas, evidencia um aprendizado colaborativo entre estudantes e professor na aplicação prática dos conhecimentos matemáticos. Observamos que os estudantes não apenas calcularam áreas, mas também foram capazes de argumentar e propor soluções para problemas diretos e subjacentes, destacando a aplicabilidade desses conceitos no mundo real.

Quanto à categoria de *Engajamento Comunicativo-Criativo*, o processo de desenvolvimento das plantas baixas e projeções arquitetônicas envolveu uma forte componente de criatividade e comunicação por parte dos estudantes. Eles não apenas aplicaram conhecimentos matemáticos, mas também exploraram ideias originais, propuseram novos formatos de cômodos e consideraram aspectos estéticos e funcionais das construções. Este engajamento reflete não apenas a capacidade dos estudantes de argumentar e resolver problemas de forma pessoal, mas também sua habilidade de comunicar suas ideias de maneira colaborativa e justificando suas escolhas com base em critérios matemáticos e estéticos.

Esses resultados são fundamentados em um contexto formativo de Matemática do Ensino Médio que promove a interdisciplinaridade entre Matemática e Arquitetura, estimulando não apenas o desenvolvimento de habilidades técnicas, mas também competências sociais e criativas essenciais para a formação integral dos estudantes. Assim, a integração desses campos não apenas fortalece as habilidades acadêmicas dos estudantes, mas também os prepara para aplicar seus conhecimentos de forma significativa em diversas situações da vida real.

7 Considerações Finais

Os dados desta pesquisa evidenciam a importância do desenvolvimento de plantas baixas e projeções civil-arquitetônicas em duas categorias inter-relacionadas: *Habilidades Matemáticas* e *Engajamento Comunicativo-Criativo*. Ambas destacam um processo permeado por dimensões fundamentadas em originalidade, resolução de problemas, composição de processos algorítmicos, curiosidade-invenção, coletividade e conexões entre conhecimentos matemáticos aplicados à engenharia civil e arquitetura. Esses aspectos ressaltam a relevância da integração entre a Matemática e a prática arquitetônico-civil no contexto de Formação em Matemática de maneira problematizada, fornecendo possibilidades para o desenvolvimento de estratégias que promovam o protagonismo dos estudantes e valorizem suas invenções.

No que diz respeito aos resultados obtidos, compreendemos que o estímulo dos estudantes à elaboração de plantas baixas e invenções tecnológicas de casas 3D nas aulas de Matemática permite uma aprendizagem ativa e investigativa, promovendo o desenvolvimento de habilidades essenciais, como medição, cálculo de áreas, desenvolvimento de algoritmo, abstração e resolução de problemas. Destacamos a contribuição deste trabalho para o incentivo à atividade investigativa e criativa dos alunos, evidenciando a importância de uma abordagem prática e contextualizada à Formação em matemática. Nesse sentido, sugerimos, portanto, que futuras pesquisas nesta área se concentrem em explorar a eficácia de diferentes abordagens de aprendizagem que integrem matemática e prática civil-arquitetônica, bem como investigar os impactos dessas atividades no desempenho acadêmico e no engajamento dos estudantes.

Agradecimentos

Agradecemos a Rafaela Salemme B. Biazotti pela cuidadosa e precisa revisão deste artigo.

Referências

Azevedo, G. T. (2022). P*rocesso formativo em Matemática: invenções robóticas para o Parkinson*. 2022. 213f. Tese (Doutorado em Educação Matemática). Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, SP.

Azevedo, G. T., Maltempi, M. V., Lyra, G. M. V., & Ribeiro, J. P. M. (2023). Produção de games nas aulas de Matemática: Por que não? *Acta Scientiae*, 20, 950-966.

Azevedo, G. T. (2024). Sólidos de Revolução e Produção de Sorvetes Geométricos: Formação em Matemática e Pensamento Computacional. *Rematec*, *19*(47), 1-17.

Azevedo, G. T. & Maltempi, M. V. (2021). Invenções robóticas para o tratamento de Parkinson: pensamento computacional e Formação Matemática. *Bolema*. 35(69), 63-88.

Azevedo, G. T., Maltempi, M. V. & Powell, A. (2022). Contexto formativo de invenção robótico-matemática: Pensamento computacional e matemática crítica. *Bolema*, 36(72), 214-238.

Azevedo, G. T. & Maltempi, M. V. (2020). Processo de aprendizagem de matemática à luz das metodologias ativas e do pensamento computacional. *Ciência & Educação*, 26, 1-18.

Azevedo, G. T. & Maltempi, M. V. (2023). Desenvolvimento de habilidades e invenções robóticas para impactos sociais no contexto de formação em matemática. *Ciência & Educação*, 29, 1-21.

Azevedo, G. T. & Araújo, U. F. (2024). Desenvolvimento científico-robótico no âmbito da formação em matemática: Pensamento computacional e relevância social. *Revista Internacional de Pesquisa em Educação Matemática*, 14(1), 1-17.

Azevedo, G. T. & Ferreira de Araújo, U. (2024). Funções Exponenciais e Lógica Recursiva com Torre de Hanói: Pensamento Computacional e Construcionismo. *Educação Matemática em Revista*, *29*(84), 1-21.

Barba, L. (2016). Computacional Thinking: I do not think it means what you think it means. Disponível em: < https://lorenabarba.com/blog/computational-thinking-i-do-not-think-it-means-what-you-think-it-means/>.

Brasil. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica (2018). *Base nacional comum curricular: Ensino Médio. Brasília, DF*.

Bogdan, R. & Biklen, S. (1994). *Investigação Qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora.

Denning, P. J (2017). Remaining Trouble Spots with Computational Thinking. *Communications of the ACM*. 60(6), 33-39.

Denzin, N. K & Lincoln, Y. S (2000). *Introduction: the discipline and practice of qualitative research*. Handbook of qualitative research. (v. 2; 3. ed.) Londres, LDN: Sage.

Freire, P. (2005). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. (31. ed.) Rio de Janeiro, RJ: Paz e Terra.

Flick, U. (1998). *Uma introdução à pesquisa qualitativa*. Thousand Oaks, Londres, LDN: Nova Delhi: Sábio.

Goldenberg, M. (2004). A arte de pesquisar: Como fazer pesquisa qualitativa em ciências sociais (v. 1, 8. ed.). Rio de Janeiro, RJ: Record.

Onu (2020). Organização das Nações Unidas. Educação de Qualidade. Disponível em: https://brasil.un.org/. Acesso em: 18 jun. 2024.

Papert, S. (1996). An exploration in the space of mathematics educations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, Dordrecht. 1(1), 95-123.

Papert, S. (2008). *A máquina das crianças: repensando a escola na era informática*. Porto Alegre, RS: Artes Médicas.

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas*. New York: Basic Books.

Resnick, M. (2017). *Lifelong kindergarten: cultivating creativity through projects, passion, peers and play*. Cambridge: MIT Press.

Resnick, M. (2024). Generative AI and Creative Learning: Concerns, Opportunities, and Choices. An MIT Exploration of Generative AI.

Santos, L. R. & Sousa, L. R. & Lopes, C. R. & Dionísio, J.; Fenelon, S. B. (2017). Game terapia no Parkinson. *Revista Brasileira de Ciência & Movimento*. 25(4), 32-38.

Valente, J. A. (2016). Integração do Pensamento Computacional no Currículo da Educação Básica: diferentes estratégias usadas e questões de Formação de professores e avaliação do Aluno. *e-Curriculum*, São Paulo, 14(3), 864-897.

YIN, R.K. *Pesquisa qualitativa*: do início ao fim. Porto Alegre: Penso, 2016.