

# GeoMeta: Realidade Virtual e Aumentada no Ensino De Geometria

Walter dos Santos Oliveira Júnior<sup>1</sup>, Leonardo da Conceição Estevam<sup>1</sup>, Bárbara Chagas da Silva<sup>1</sup>, Juliana Valente Silva<sup>1</sup>, Mira Caroline Milen Viég Reis<sup>1</sup>, Marcos César da Rocha Seruffo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Pará - UFPA.  
Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110

walter@inteceleri.com.br, (leonardoestevam0605;chagasbeh)@gmail.com;  
(julianasilva1410; miraviegas23)@gmail.com; seruffo@ufpa.br

**Abstract.** *GeoMeta is an educational application that utilizes Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) to create an immersive experience in geometry education. The motivation behind GeoMeta is to address common challenges in geometry education, such as the abstraction of concepts and lack of student interest. The main objective of this study is to introduce GeoMeta as a new teaching tool, emphasizing its impact on student learning through its implementation in a virtual classroom environment and statistical analysis of the results. The results demonstrated that GeoMeta led to improvements in student comprehension and progress.*

**Keywords:** *Metaverse; educational digital game; Mathematics; Geometry*

**Resumo.** O GeoMeta é uma aplicação educacional que utiliza Realidade Virtual (VR) e Realidade Aumentada (AR) para criar uma experiência imersiva no ensino de geometria. A motivação por trás do GeoMeta é solucionar os desafios comuns no ensino da geometria, como a abstração dos conceitos e a falta de interesse dos alunos. O objetivo principal deste estudo é apresentar o GeoMeta como uma nova ferramenta de ensino, destacando seu impacto no aprendizado dos alunos por meio de sua implementação em um ambiente de sala de aula virtual e análise estatística dos resultados. Os resultados demonstraram que o GeoMeta resultou em melhorias na compreensão e no progresso dos alunos.

**Palavras-chave:** Metaverso; jogo digital educacional; Matemática; Geometria

## 1. Introdução

A geometria desempenha um papel fundamental na compreensão do espaço e das formas, sendo uma disciplina matemática de grande importância. No entanto, é comum que os alunos enfrentam dificuldades ao estudá-la, devido à abstração e falta de contextualização do conteúdo [Umam e Kowiyah 2018]. As aulas tradicionais de geometria, baseadas em quadros e livros, muitas vezes não despertam o interesse e a motivação dos estudantes, tornando a aprendizagem monótona.

Com o objetivo de enfrentar esses desafios, o uso de tecnologias na educação básica tem se tornado cada vez mais frequente, proporcionando diversas possibilidades e benefícios para o processo de ensino e aprendizagem [Tibúrcio et al. 2022]. A incorporação da tecnologia na sala de aula pode complementar o ensino tradicional [de Classe e de Castro 2023], oferecendo recursos que tornam as aulas mais dinâmicas,

interativas e acessíveis. Estudos mostram que a inovação das tecnologias de aprendizagem e a modernização do sistema educacional têm o potencial de aprimorar a qualidade da educação [Kaviyaraj e Uma 2022].

Entre as tecnologias utilizadas na educação básica, estão a Realidade Virtual (VR) e Realidade Aumentada (AR) [Kuang e Bai 2019]. A combinação dessas tecnologias aprimora a aprendizagem e a motivação dos alunos, além de facilitar o trabalho em equipe e a cooperação em grupo [Kaviyaraj e Uma 2022]. Através da computação gráfica e da visualização, é possível apresentar espaços de maneira que facilite a exploração de suas propriedades, mesmo para aqueles que não estão familiarizados com a matemática da geometria [Migranov 2021].

Este estudo concentra-se no GeoMeta<sup>12</sup>, um aplicativo de geometria que faz uso das tecnologias de (VR) e (AR) com o objetivo de mudar a maneira como os estudantes abordam o aprendizado da geometria. Este aplicativo foi testado em diversas escolas de ensino fundamental, com a finalidade de avaliar seu impacto na educação matemática, especialmente em relação à geometria, uma disciplina que frequentemente apresenta desafios aos alunos.

O artigo está estruturado em 6 seções distintas: a Seção 2 aborda os trabalhos relacionados, destacando as características únicas do GeoMeta; na Seção 3, são apresentados os conceitos de (VR), (AR) e sua aplicação no ensino de matemática; na Seção 4, são apresentados os métodos utilizados para coletar, analisar e interpretar os dados que serão discutidos ao longo do artigo; a Seção 5 traz os resultados obtidos a partir da utilização do aplicativo em diversas escolas no estado do Pará; por fim, a Seção 6 contempla as considerações finais, além de fornecer observações sobre os trabalhos futuros que podem ser desenvolvidos a partir deste estudo.

## 2. Trabalhos Relacionados

No campo da matemática, o VR e AR desempenham um papel importante ao permitir que os alunos visualizem figuras geométricas em 3D, facilitando a exploração intuitiva e concreta dos objetos. Trabalhos relacionados têm demonstrado como o uso dessas tecnologias pode melhorar significativamente o aprendizado da geometria.

Por exemplo, um estudo conduzido por [Fleury et al. 2019] apresenta um ambiente virtual imersivo desenvolvido com o propósito de servir como uma ferramenta de apoio ao processo de ensino e aprendizagem das operações matemáticas básicas nos anos iniciais. Para avaliar a eficácia dessa ferramenta, foram conduzidas avaliações, que incluíram a aplicação do *System Usability Scale* (SUS) e a utilização do Modelo de Qualidade GQM (*Goal-Question-Metric*).

Em um estudo conduzido por [Liu et al. 2018], foi proposto um curso prático de (VR) com foco na tira mágica de Mobius, destinado a alunos do ensino fundamental. O curso incluiu o uso de um aplicativo desenvolvido pela equipe, que proporcionou aos professores uma ferramenta para integrar a tecnologia VR no ensino de matemática. Os resultados da análise indicaram que o uso da VR pode ser uma estratégia eficaz para

---

<sup>1</sup> <https://apps.apple.com/br/app/geometa/id1644556020>

<sup>2</sup> [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.Inteceleri.Geometa&hl=en\\_US&pli=1](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.Inteceleri.Geometa&hl=en_US&pli=1)

tornar o ensino de matemática mais atrativo e significativo para os alunos, promovendo uma melhor compreensão dos conceitos abordados.

A VR é aplicável em vários tópicos matemáticos, promovendo o desenvolvimento progressivo das habilidades dos alunos. Um estudo recente realizado por [Thomsen et al. 2023] apresenta uma taxonomia de ambientes de aprendizagem no ensino de geometria, ressaltando a importância de utilizar as tecnologias de forma pedagógica e adequada. A integração efetiva das ferramentas tecnológicas no processo de ensino e aprendizagem é essencial para aumentar o engajamento e a compreensão dos conceitos matemáticos.

A VR tem se mostrado uma ferramenta pedagógica promissora no ensino da geometria, oferecendo uma experiência imersiva e interativa que beneficia especialmente os alunos com dificuldade em relacionar o conteúdo aprendido em sala de aula com o mundo real. Um estudo conduzido por [Sakkas et al. 2022] utiliza o VR como uma solução inovadora para ensinar os conceitos matemáticos na geometria, proporcionando aos estudantes uma abordagem mais envolvente e prática, que facilita a compreensão e a aplicação dos princípios geométricos.

Através da AR, os alunos podem interagir com objetos tridimensionais em tempo real, facilitando a compreensão de relações espaciais complexas. Um exemplo disso é o aplicativo Hand ControlAR, desenvolvido por [Cao e Liu 2022], que permite aos alunos manipular objetos 3D por meio de gestos e uma mão virtual. Essa interação direta com as formas geométricas estimula o pensamento espacial, a resolução de problemas e a compreensão das relações entre os elementos geométricos, tornando o ensino da geometria mais envolvente e prático.

O VR e AR oferecem oportunidades para criar jogos educativos e desafios que promovem a aprendizagem de maneira lúdica e divertida. Um exemplo é o jogo Geobook, desenvolvido por [Cruzado et al. 2020], que apresenta níveis progressivos para uma aprendizagem individualizada. Os resultados da análise realizada pela equipe demonstraram que o uso de jogos digitais pode ser uma estratégia eficaz para tornar o ensino de matemática mais envolvente e significativo, ao mesmo tempo em que contribui para o desenvolvimento de habilidades espaciais dos alunos.

Considerando os trabalhos relacionados apresentados, o GeoMeta se destaca por ser um aplicativo que utiliza (VR) e (AR) para enriquecer o aprendizado da geometria. Essas tecnologias permitem que os alunos interajam com objetos geométricos em 3D em tempo real. A abordagem pedagógica construtivista do GeoMeta incentiva os alunos a explorar ativamente os conceitos geométricos, promovendo o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas e pensamento crítico.

### **3. Desenvolvimento**

Nesta seção, são apresentados os principais componentes do GeoMeta, um aplicativo educacional que utiliza tecnologias imersivas, incluindo Realidade Virtual (VR) e Realidade Aumentada (AR) combinados para criar um ambiente de aprendizado envolvente e prático, além de enfatizar a importância da interação no mundo real em cenários de grupo.

### 3.1. Instrumentação da Realidade Virtual

O VR é uma tecnologia que cria ambientes digitais tridimensionais imersivos nos quais os usuários podem interagir por meio de dispositivos criando a sensação de estar presente em um ambiente virtual, possibilitando explorações no mundo digital. No contexto do GeoMeta, utiliza-se de VR para criar um ambiente tridimensional que simula uma sala de aula (Figura 1-a). Dentro desse ambiente virtual, os alunos têm a liberdade de explorar e interagir com objetos geométricos tridimensionais. Eles podem visualizar esses objetos e movê-los no espaço virtual. A interação com o GeoMeta é intuitiva, permitindo que os alunos peguem e movam os objetos geométricos de maneira natural, bastando apenas olhar para eles durante um curto período de tempo.

O aplicativo propõe atividades e desafios relacionados a conceitos geométricos, nos quais os alunos podem responder a perguntas e resolver problemas diretamente no ambiente virtual, utilizando os objetos e ferramentas disponíveis. Para iniciar a atividade basta encontrar um objeto geométrico e movê-lo para um plano cartesiano que está sobre a mesa em frente a lousa de giz, então, as perguntas de múltipla escolha relacionadas ao objeto geométrico selecionado surgiram na lousa (Figura 1-b).

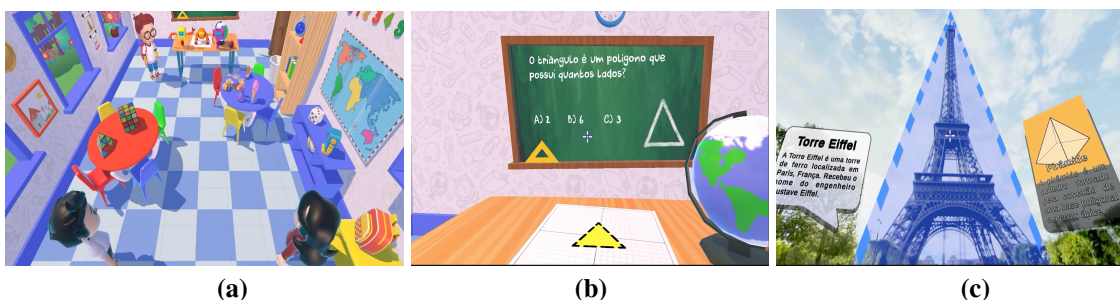


Figura 1 - Ambiente Virtual

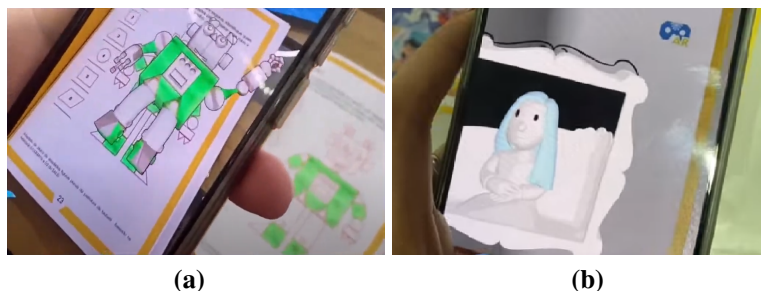
Uma característica singular do GeoMeta é a conexão com o mundo real. Os alunos são encorajados a procurar um mapa-múndi na parede da sala virtual, e quando o encontram, o ambiente virtual se transforma em uma imagem panorâmica do mundo real, exibindo uma construção famosa relacionada à forma geométrica estudada. Essa característica ajuda a relacionar os conceitos geométricos com situações do mundo real, tornando o aprendizado mais prático e significativo [Kuang e Bai 2019].

Para garantir a melhor experiência, o GeoMeta é acessado através do Miritiboard VR, um óculos de VR ecológico feito com a fibra do miriti. Com o uso desse dispositivo, os usuários têm a sensação de estar imersos nos ambientes virtuais, tornando a experiência ainda mais realista e envolvente.

### 3.2. Instrumentação da Realidade Aumentada

O AR é uma tecnologia que mescla elementos virtuais com o mundo real, sobrepondo informações digitais em tempo real à nossa percepção visual. No GeoMeta, o AR é empregado para enriquecer o ensino da geometria, permitindo que os alunos ativem a função de AR em seus dispositivos, como smartphones ou tablets, e direcionam as câmeras desses dispositivos para as imagens presentes no livro “GeoMeta: Aprenda geometria no metaverso”. Isso inicia a sobreposição de informações digitais no mundo real (figuras 2a-2b).

O GeoMeta também permite sobrepor informações adicionais aos objetos, onde os alunos podem interagir com as informações digitais sobrepostas aos objetos reais. Eles podem, por exemplo, adicionar cores às imagens, além de realizar atividades e desafios que fazem uso da Realidade Aumentada. Isso significa que os alunos podem responder a perguntas e resolver problemas que envolvem a interação entre objetos reais e informações digitais.



**Figura 2 - Realidade Aumentada**

A característica mais notável do AR no GeoMeta é sua capacidade de conectar os conceitos geométricos ao mundo real dos alunos, com a capacidade de colaborar com colegas e professores, compartilhar informações e realizar atividades em conjunto, proporcionando experiências de aprendizado realistas relacionadas às figuras que estão manipulando.

### **3.3. Metaverso**

O termo "metaverso" refere-se a um conceito que envolve um espaço virtual compartilhado e interativo, onde as pessoas podem se encontrar, interagir, trabalhar, jogar e criar. É uma ideia que tem sido explorada na ficção científica e nos mundos dos videogames por muitos anos, e tem ganhado mais atenção e interesse à medida que a tecnologia avança.

No GeoMeta, onde os cenários nos quais um único avatar é utilizado e a interação ocorre principalmente no mundo real, os usuários compartilham o mesmo smartphone para acessar o metaverso. Embora a interação no mundo virtual seja limitada, a principal dinâmica ocorre no mundo real, onde os usuários estão próximos fisicamente e podem discutir, colaborar e compartilhar impressões sobre o que estão experimentando. Essa configuração pode ser ideal para atividades de grupo.

Essa proximidade física permite que os usuários compartilhem impressões, tirem dúvidas e colaborem com facilidade, o que pode enriquecer a experiência de aprendizado ou de trabalho [de Classe e de Castro 2023]. Os usuários podem experimentar o metaverso juntos e, ao mesmo tempo, desfrutar da interação e do relacionamento social no mundo real.

## **4. Metodologia**

A metodologia proposta neste artigo é composta de três partes distintas: (a) Grupo de Teste: Envolve um conjunto de alunos que participaram do estudo experimental para avaliar o impacto do GeoMeta no aprendizado de geometria. Esse grupo foi selecionado a partir de escolas de ensino fundamental da região de Belém do Pará; (b) Coleta de

dados: As quais ofereceram informações valiosas sobre a eficácia do GeoMeta como ferramenta de aprendizado; (c) Análise dos Dados: Nessa etapa, as respostas dos alunos aos questionários foram minuciosamente avaliadas.

#### 4.1. Grupo de teste

Foi conduzido um estudo abrangendo um grupo de teste composto por 343 alunos oriundos de diversas escolas de ensino fundamental. A pesquisa envolveu a colaboração ativa de oito escolas, cada uma contribuindo com informações significativas para a análise. A seleção dos alunos para o grupo de teste foi realizada de forma a garantir a representatividade da amostra, abrangendo diferentes séries escolares e escolas. Informações sobre as escolas e distribuição de alunos podem ser vistas na tabela 1.

**Tabela 1 - Dados das escolas**

Escola	Tipo	Ano Escolar	Q. de Alunos
Felipe Smaldone	Público	6° ano	10
NPI	Público	5° ano	22
	Público	5° ano	18
Joaquim Silva	Público	1° ano	18
	Público	5° Ano	16
Lar de Maria	Público	3° ano	53
	Público	5° ano	34
Honoratos Figueira	Público	5° ano	55
	Público	9° ano	21
Paula Almeida Brasil	Público	3° ano	17
	Público	4° ano	17
Sistema	Privado	4° ano	16
	Privado	5° ano	21
Batista	Privado	4° ano	15
	Privado	5° ano	11

#### 4.2. Coleta de Dados

Neste estudo, as ações foram executadas obedecendo o ciclo metodológico de três etapas distintas (Quadro 1) e interligadas entre si para que fosse possível avaliar o desempenho dos alunos em relação aos conceitos geométricos, antes e depois da utilização do GeoMeta.

**Etapa 1 - Aplicação de Atividade Avaliativa para Fins Diagnósticos (Pré-Teste)**<sup>3</sup>: Essa etapa tinha o propósito de avaliar o conhecimento inicial dos alunos em relação aos conceitos geométricos, servindo como uma linha de base para medir o ponto de partida de cada estudante. O questionário foi aplicado individualmente aos participantes, com perguntas abrangendo diferentes aspectos da geometria plana e espacial (Figura 4(a)).

**Etapa 2 - Aula Expositiva Dialogada com Uso do GeoMeta:** Durante a aula expositiva, o professor realizou um diálogo com os alunos, abordando os conceitos fundamentais da geometria. O GeoMeta desempenhou um papel central nesta etapa, pois foi utilizado como uma ferramenta pedagógica para enriquecer o aprendizado (Figura 4(b)). Os alunos tiveram a oportunidade de explorar e interagir com objetos

<sup>3</sup> <https://drive.google.com/drive/folders/1TN757hyrJycvISy-6IggJ5MJWjVfGNbT?usp=sharing>

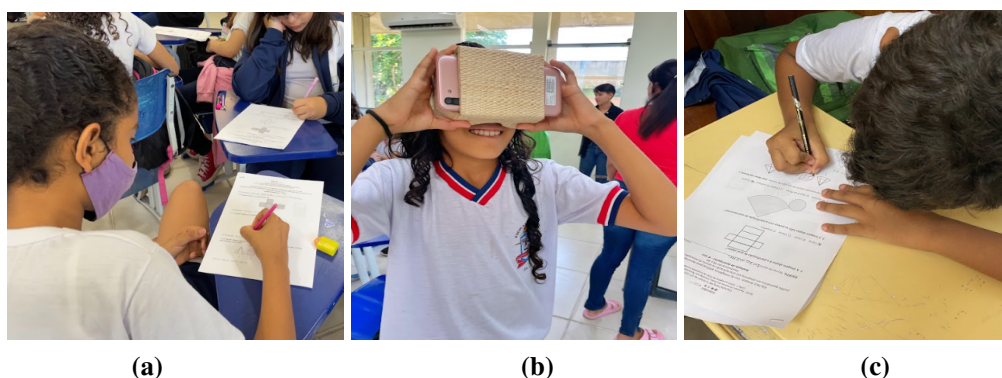


geométricos tridimensionais de forma imersiva, tornando a experiência de aprendizado prática e envolvente.

**Etapa 3 - Aplicação de Avaliação de Desempenho (Pós-Teste)<sup>4</sup>:** Após a aula expositiva com o GeoMeta, foi aplicada uma avaliação de desempenho, denominada pós-teste, aos mesmos alunos (Figura 4(c)). Este pós-teste continha perguntas semelhantes às do pré-teste, permitindo a comparação direta entre o conhecimento prévio dos alunos e o conhecimento adquirido após a aula. A análise das respostas aos pré e pós-testes proporciona insights valiosos sobre o impacto do GeoMeta no desempenho e compreensão dos conceitos geométricos por parte dos estudantes.

**Quadro 1: Etapas de execução das ações**

Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
Aplicação de atividade avaliativa para fins diagnósticos (Pré Teste) com 6 questões alinhadas à Base Nacional Comum Curricular (BNCC).	Aula expositiva dialogada com os alunos sobre os conceitos importantes da geometria (figuras planas/espaciais/planificação) e que possuem relação com o Aplicativo GeoMeta.	Aplicação de avaliação de desempenho (Pós Teste) com 6 perguntas no mesmo nível da avaliação diagnóstica de tal modo que fosse possível mensurar o avanço (ou não) da proficiência em geometria plana e espacial dos alunos.



**Figura 4 - Ciclo metodológico**

O estudo obteve aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Pará, sob o registro CAAE n. 55310022.1.0000.0018. A pesquisa foi realizada de acordo com os padrões éticos estabelecidos. Os participantes receberam um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, no qual foram fornecidas informações detalhadas sobre o estudo, e concordaram em participar através de assinatura. A privacidade e confidencialidade das informações pessoais dos participantes foram asseguradas, não sendo divulgadas em nenhuma etapa da pesquisa.

### 4.3. Análise dos Dados

As respostas dos testes foram submetidas a uma análise estatística com o objetivo de avaliar a melhoria no conhecimento dos estudantes em relação aos conceitos

<sup>4</sup> <https://drive.google.com/drive/folders/11Tzb9IfbW82KzRekdu5KmR5T60YDT15o?usp=sharing>

geométricos após a utilização do software educacional Geometa. O desempenho dos alunos nos testes foi medido por meio das notas obtidas. Quanto maior a nota, melhor o desempenho em conceitos geométricos. O "desempenho" aqui se refere à capacidade dos alunos de aplicar e compreender os conceitos geométricos.

Essa análise estatística proporcionou insights sobre o desempenho e compreensão dos conceitos geométricos antes e depois da utilização do GeoMeta, por meio de métricas como Crescimento Geral da Turma (CGT) e Média de Crescimento nos Conceitos Geométricos (MCCG).

**O Crescimento Geral da Turma (CGT):** É uma métrica que avalia a melhoria coletiva no desempenho dos alunos ao longo de um período de tempo antes e depois da utilização do GeoMeta. O CGT é calculado determinando a porcentagem de alunos que demonstraram melhoria em seu desempenho entre o pré e pós-teste.

A fórmula básica para calcular o CGT é a seguinte:

$$CGT = \left( \frac{\text{Número de Alunos que Melhoraram}}{\text{Número Total de Alunos}} \right) \times 100$$

Essencialmente, o CGT ajudou a determinar o impacto do uso do GeoMeta no grupo de alunos como um todo, revelando o quanto a intervenção contribuiu para o aumento do desempenho geral da turma.

**Média de Crescimento nos Conceitos Geométricos (MCCG):** É uma métrica que tem como objetivo avaliar o aumento médio na compreensão dos conceitos geométricos de um grupo de alunos após o uso do GeoMeta no estudo da geometria.

A fórmula básica para calcular o MCCG é a seguinte:

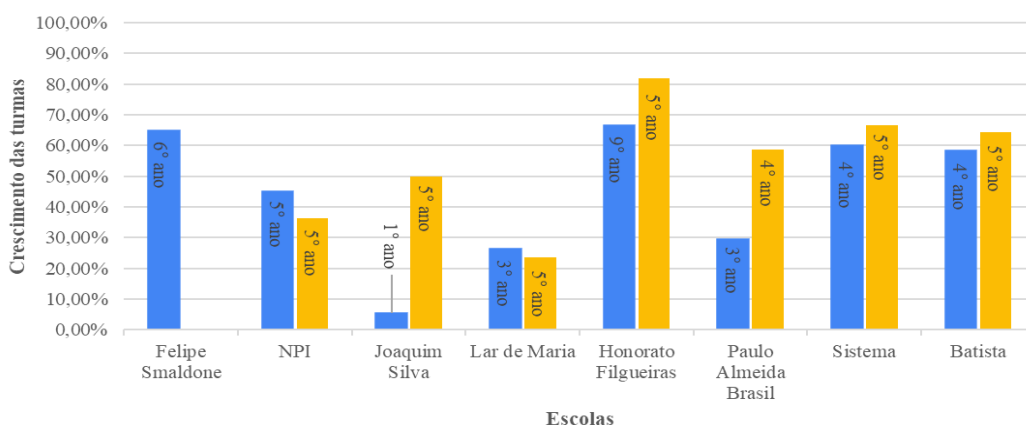
$$MCCG = \frac{\sum (\text{Pontuação no Pós-Teste} - \text{Pontuação no Pré-Teste})}{\text{Número Total de Alunos}}$$

Essa fórmula calcula a média das diferenças entre as pontuações no pós-teste e no pré-teste para todos os alunos, fornecendo uma medida da média de crescimento nos conceitos geométricos para o grupo avaliado. Quanto maior o valor do MCCG, maior é o crescimento médio nos conhecimentos de geometria após a intervenção.

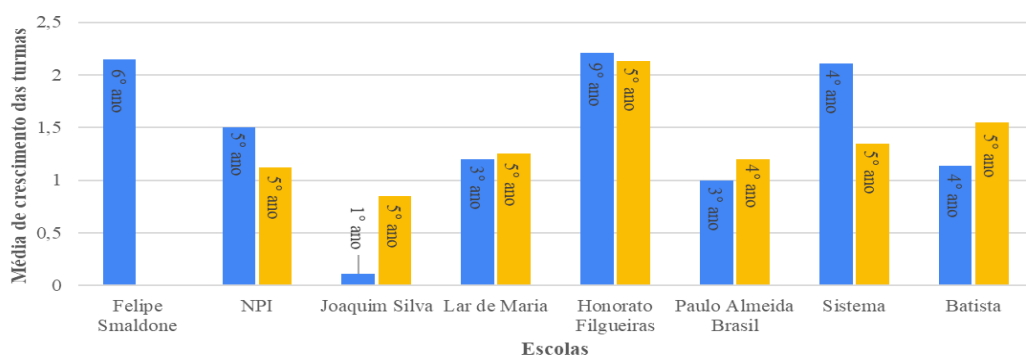
## 5. Resultados

Os resultados deste estudo forneceram insights valiosos sobre os efeitos da utilização do GeoMeta no processo de aprendizado da geometria. É fundamental mencionar as principais conclusões retiradas dos resultados do estudo, como o aumento na compreensão dos alunos sobre tópicos como formas, ângulos, perímetro, área, volume e relações espaciais. Para quantificar o progresso dos alunos, foram utilizadas métricas importantes, como o CGT e a MCCG. Esses números refletem a magnitude das melhorias no desempenho da turma, visto na Figura 5 e a média das melhorias nos conceitos geométricos dos alunos, mostrado na Figura 6. Além disso, os dados revelam como o GeoMeta teve um impacto diferenciado em alunos de diferentes séries escolares ou em escolas com características específicas, como a escola Felipe Smaldone, que oferece um ambiente inclusivo para crianças com necessidades especiais.





**Figura 5 - Resultados da taxa de crescimento geral das turmas**



**Figura 6 - Resultados da média de crescimento nos Conceitos Geométricos**

A escola Honorato Filgueiras se destacou nos resultados da pesquisa com o aplicativo GeoMeta. No 5º ano, 81,82% dos alunos apresentaram melhorias no aprendizado de geometria, evidenciando o impacto positivo do GeoMeta. Além disso, no 9º ano, os estudantes dessa escola aumentaram a média da turma em 2,21 pontos em geometria. Esses resultados destacam o sucesso do GeoMeta em melhorar o desempenho dos alunos e a compreensão dos conceitos geométricos.

Escolas particulares, como Sistema e Batista, usaram o aplicativo GeoMeta e ambas viram um aumento no desempenho nas turmas do 4º e 5º ano, com taxas de crescimento semelhantes. A diferença entre as escolas está na média de rendimento alcançada, atribuível a fatores individuais, como contexto educacional e abordagens pedagógicas. No entanto, o fato de ambas as escolas terem registrado melhorias no rendimento indica a eficácia do GeoMeta como ferramenta de ensino.

Os resultados obtidos, sobretudo, com as escolas Felipe Smaldone, Honorato Filgueiras e Sistema, mostraram CGT acima de 60% em relação aos testes iniciais e médias gerais. Esses resultados reforçam a importância de investir em abordagens metodológicas e tecnológicas que explorem o potencial da VR e AR na educação básica.

O desempenho do 1º ano na escola Joaquim Silva foi inferior em comparação com as outras turmas, com um aumento no rendimento de apenas 5,56% e um aumento médio de apenas 0,11 pontos na aprendizagem de geometria. Esses resultados podem ser explicados pelo fato de que os alunos do 1º ano já possuíam uma base sólida em

geometria, o que dificultou um progresso. Além disso, é importante considerar que o GeoMeta pode ter um impacto maior em turmas com defasagem no aprendizado ou que enfrentam desafios específicos na compreensão dos conceitos geométricos. Portanto, os resultados do 1º ano na escola Joaquim Silva não devem ser interpretados como uma limitação do GeoMeta, mas sim como um reflexo das condições iniciais de aprendizado desses alunos.

## 6. Conclusão

Essa pesquisa destacou duas contribuições importantes para a educação básica, onde, mesmo possuindo variações atribuídas a fatores como o engajamento dos alunos, a qualidade da implementação do aplicativo nas aulas, o apoio oferecido pelos professores e até mesmo a falta de familiaridade dos alunos com o uso de tecnologias e ambientes virtuais, a utilização do ambiente Metaverso demonstrou ser uma solução promissora para aprimorar a aprendizagem dos alunos. Isso porque permitiu que todos os estudantes, independentemente de suas habilidades e necessidades, participassem e se beneficiassem das atividades de aprendizagem.

Para trabalhos futuros, espera-se implementar o uso do GeoMeta em mais escolas, sendo utilizados em diferentes anos escolares e realizar estudos longitudinais para examinar o impacto do uso contínuo de aulas de VR e AR no ensino de geometria ao longo do tempo. Avaliar se os benefícios observados se mantêm e se refletem em um desempenho consistente dos alunos ao longo dos anos. Avaliar se a divulgação pública dos resultados do Geometa motiva as escolas a adotarem práticas pedagógicas mais eficazes e a promoverem a melhoria contínua de seus programas de ensino em geometria.

Também espera-se aprofundar as pesquisas sobre acessibilidade, visando tornar o Geometa ainda mais inclusivo para estudantes com diferentes necessidades especiais. Isso poderia envolver o desenvolvimento de recursos específicos para alunos com deficiências visuais, auditivas ou cognitivas, garantindo que todos os estudantes possam se beneficiar do aplicativo.

## Referências

- Umam, K., & Kowiyah, K. (2018). The effect of non-routine geometry problem on elementary students belief in mathematics: A case study. *JETL (Journal Of Education, Teaching and Learning)*, 3(1), 99-103.
- Tibúrcio, F., Moreira, W., Schmitt, R., Souza, E., & Silva, C. (2022). O futuro do digital está na conexão com o real: Metaverso e suas implicações sociais e tecnológicas. In *Anais do III Workshop sobre as Implicações da Computação na Sociedade*, (pp. 76-84). Porto Alegre: SBC. doi:10.5753/wics.2022.222830
- de Classe, T., & de Castro, R. (2023). Metaverso: Ambiente de Colaboração e Aprendizado em Aula Híbrida. In *Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos*, (pp. 16-29). Porto Alegre: SBC. doi:10.5753/sbsc.2023.229062
- Kaviyaraj, R., & Uma, M. (2022, January). Augmented reality application in classroom: an immersive taxonomy. In *2022 4th International Conference on Smart Systems and*

- Inventive Technology (ICSSIT)* (pp. 1221-1226). IEEE. doi: 10.1109/ICSSIT53264.2022.9716325.
- Kuang, Y., & Bai, X. (2019, August). The feasibility study of augmented reality technology in early childhood education. In *2019 14th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE)* (pp. 172-175). IEEE. doi: 10.1109/ICCSE.2019.8845339.
- Migranov, D. (2021, June). A System for Visualizing the Three-Dimensional Spherical and Elliptic Spaces. In *2021 IEEE 22nd International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM)* (pp. 507-510). IEEE. doi: 10.1109/EDM52169.2021.9507602.
- Fleury, G., Stedile, C., & Ribeiro, M. (2019). Immersive Virtual Environment for Math Aid in the Early Years. In *Anais do XXI Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada*, (pp. 238-242). Porto Alegre: SBC.
- Liu, R., Liu, C., & Ren, Y. (2018, July). A virtual reality application for primary school mathematics class. In *2018 International Symposium on Educational Technology (ISET)* (pp. 138-141). IEEE. doi: 10.1109/ISET.2018.00038.
- Thomsen, L. A., Nilsson, N. C., Nordahl, R., Støvelbæk, K. B., & Mundbjerg-Sunne, C. B. (2023, March). An Immersive Geometry Environment for Mathematics Education: Taxonomy and Preliminary Evaluation. In *2023 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)* (pp. 513-518). IEEE. doi: 10.1109/VRW58643.2023.00112.
- Sakkas, K., Tsogka, A., Giannakeas, N., Tzimourta, K. D., Tzallas, A. T., & Glavas, E. (2022, September). Applied Virtual Reality in 3D Geometry. In *2022 7th South-East Europe Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks and Social Media Conference (SEEDA-CECNSM)* (pp. 1-5). IEEE. doi: 10.1109/SEEDA-CECNSM57760.2022.9932948.
- Cao, R., & Liu, Y. (2019, October). Hand controlar: An augmented reality application for learning 3d geometry. In *2019 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)* (pp. 144-149). IEEE. doi: 10.1109/ISMAR-Adjunct.2019.00-60.
- Cruzado, J. P., Céspedes, T. L., Coria, G. P. B., & Salazar, J. L. H. (2020, October). Geobook: Mobile App with Augmented Reality for Learning Geometry. In *2020 IEEE Engineering International Research Conference (EIRCON)* (pp. 1-4). IEEE. doi : 10.1109/EIRCON51178.2020.9253759.