

# Realidade Virtual e Aumentada no Ensino de Geometria: Um Estudo de Caso com GeoMeta

*Virtual and Augmented Reality in Geometry Teaching: A Study Case with GeoMeta*

Leonardo da Conceição Estevam<sup>1</sup>, Walter dos Santos Oliveira Júnior<sup>1</sup>,  
Barbara Chagas Da Silva<sup>1</sup>, Thalita Carvalho Bezerra<sup>2</sup>, Diego Lisboa Cardoso<sup>1</sup>,  
Marcos César da Rocha Seruffo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Pará (UFPA)  
Caixa Postal 66075-110 – Belém – PA – Brasil

<sup>2</sup>Universidade da Amazônia (UNAMA)  
Caixa Postal 66060-902 – Belém – PA – Brasil

leonardoestevam0605,walterufpa,chagasbeh}@gmail.com

thalitacarvalhobezerra,dlisboacardoso,marcos.seruffo}@gmail.com

**Abstract.** *This study investigates the impact of the GeoMeta application, an educational application that uses Virtual Reality and Augmented Reality to create an immersive experience in teaching basic geometry. The research involved 1,344 students from 1st to 9th grade in various schools in the state of Pará. The methodology included orientation sessions, practical activities adapted to the level of each class, and data collection through assessments. Preliminary results indicate improvements in students' learning performance in basic geometry, suggesting that the GeoMeta can be an effective tool for making the teaching and learning of mathematics more engaging and motivating for students and teachers, overcoming traditional challenges.*

**Keywords** *Math, Geometry, Immersive Methodology, educational digital game.*

**Resumo.** *Este estudo investiga o impacto do aplicativo GeoMeta, uma aplicação educacional que utiliza Realidade Virtual e Realidade Aumentada para criar uma experiência imersiva no ensino de geometria básica. A pesquisa envolveu 1344 alunos do 1º ao 9º ano do ensino fundamental, de diferentes escolas do estado do Pará. A metodologia incluiu sessões de orientação, atividades práticas adaptadas ao nível de cada turma e coleta de dados por meio de avaliações. Os resultados apontam para melhorias no desempenho de aprendizagem dos alunos em geometria básica, indicando que o GeoMeta pode ser uma ferramenta eficaz para tornar o ensino e aprendizagem de matemática mais envolvente e motivador para alunos e professores, superando desafios tradicionais.*

**Palavras-Chave** *Matemática, Geometria, Metodologia Imersiva, jogo digital educacional.*

## 1. Introdução

A geometria é um campo da matemática que desempenha um papel essencial no desenvolvimento do pensamento espacial e na apreensão das formas, constituindo-se

como um componente fundamental para o sucesso acadêmico e profissional dos alunos, sendo essencial em diversas áreas, como matemática, engenharia, arquitetura e ciências da computação [Jonibek 2023]. Contudo, é frequente observar que muitos estudantes enfrentam dificuldades ao abordar este conteúdo, devido à sua natureza abstrata e à falta de contextualização dos conceitos apresentados [Umam e Kowiyah 2018]. As aulas tradicionais de geometria, baseadas em métodos convencionais, muitas vezes falham em engajar os alunos, resultando em um processo de aprendizagem monótono e desmotivador [Quitambo e Chipuco 2022].

Diante desses desafios, a integração das tecnologias digitais têm desempenhado um papel cada vez mais significativo no campo da educação [Verbruggen et al. 2021], oferecendo uma ampla gama de possibilidades para melhorar o processo de ensino e aprendizagem [Tibúrcio et al. 2022]. A utilização de tecnologias digitais no ensino de geometria pode oferecer uma experiência de aprendizagem mais interativa e envolvente, permitindo aos alunos explorar conceitos de forma prática e visualmente estimulante [de Classe e de Castro 2023].

Nesse contexto, o GeoMeta emerge como uma ferramenta promissora, oferecendo novas possibilidades para aprimorar a compreensão e o aprendizado dos conceitos geométricos ao utilizar Tecnologias como a Realidade Virtual (RV) e a Realidade Aumentada (RA). A RV cria ambientes tridimensionais simulados, oferecendo aos usuários uma experiência imersiva através de dispositivos como óculos de RV [da Silva 2023]. Por outro lado, a RA integra elementos virtuais com o mundo real, sobrepondo informações digitais em nosso ambiente visual [Kirner e Tori 2006]. Ao contrário do aprendizado tradicional, onde os alunos são passivos na absorção do conteúdo, utilizar RV e RA, permite que eles se tornem participantes ativos, explorando e interagindo com objetos e cenários virtuais, e facilitando a colaboração e a interação em grupo [Kaviyaraj e Uma 2022].

No entanto, a simples introdução de tecnologias avançadas na sala de aula não é suficiente para garantir uma melhoria significativa no desempenho acadêmico dos alunos. A eficácia de tais ferramentas está intrinsecamente ligada à infraestrutura disponível nas escolas [Vasconcelos et al. 2021]. Uma infraestrutura adequada proporciona o ambiente necessário para que os alunos e professores possam utilizar essas tecnologias de maneira eficiente e produtiva. Isso inclui desde a disponibilidade de equipamentos tecnológicos, como computadores e tablets, até condições físicas favoráveis, como salas de aula bem equipadas e conectividade à internet.

Este estudo tem como objetivo avaliar o impacto do aplicativo (App) GeoMeta no ensino de geometria e a correlação entre a qualidade da infraestrutura escolar e o desempenho acadêmico dos alunos que utilizam o GeoMeta. Utilizando uma abordagem quantitativa, será realizada uma análise do desempenho de alunos do 1º ao 9º ano do ensino fundamental em escolas públicas e privadas do estado do Pará. Para isso, serão administradas provas antes e após a intervenção com o GeoMeta, permitindo uma compreensão abrangente do impacto dessa tecnologia no aprendizado dos alunos em diferentes faixas etárias e níveis de conhecimento prévio em geometria.

A análise do impacto do GeoMeta no contexto educacional visa impulsionar o avanço das práticas de ensino de geometria, proporcionando uma compreensão

mais profunda sobre como as tecnologias digitais podem ser efetivamente integradas à educação contemporânea, que valorizam a aprendizagem ativa e participativa [Marougkas et al. 2023]. Além disso, como destacado por [Vasconcelos et al. 2021], a disponibilidade de uma infraestrutura escolar adequada desempenha um papel fundamental na maximização dos benefícios das tecnologias educacionais, como o GeoMeta. Assim, essas avaliações fornecem informações essenciais para aprimorar e adaptar intervenções educacionais, como o GeoMeta, às necessidades específicas dos alunos e aos diversos contextos educacionais.

O artigo está dividido em seis Seções. A Seção 2 discute estudos semelhantes ao GeoMeta no contexto do ensino de geometria. Na Seção 3, é apresentada a aplicação. A Seção 4 descreve o estudo realizado, incluindo seleção da amostra, procedimentos de coleta de dados e análise estatística. Na Seção 5 são apresentados os achados da pesquisa, e finalmente, na Seção 6, sintetizam-se os resultados, identificando os desafios e sugestões para futuras pesquisas e desenvolvimentos.

## 2. Trabalhos Relacionados

Nesta seção, são apresentados trabalhos e aplicações que compartilham semelhanças com o GeoMeta no contexto do ensino de geometria. Abordamos pesquisas que exploram outras plataformas digitais interativas, softwares de geometria dinâmica e Apps educacionais voltados para o ensino e aprendizado de conceitos geométricos. Ao examinar esses trabalhos, podemos identificar tendências, desafios e oportunidades que podem informar nossa investigação sobre o impacto do GeoMeta no ensino de geometria.

Por exemplo, o trabalho de [Gomes et al. 2019] apresenta o desenvolvimento do aplicativo GeometriAR para criar um ambiente de realidade aumentada em dispositivos Android, com conteúdo baseado em planos de aula sobre sólidos geométricos. A eficácia do aplicativo foi avaliada por nove professores de matemática através de uma pesquisa usando a escala Likert. Apesar de algumas divergências sobre interdisciplinaridade e complexidade, o aplicativo foi considerado útil para melhorar a percepção e compreensão dos alunos sobre figuras tridimensionais.

A incorporação dos jogos digitais no ensino de matemática possibilita que os alunos desenvolvam habilidades cognitivas de forma mais lúdica. Isto é destacado no trabalho de [Silva 2021]. A proposta delineada neste trabalho busca, principalmente, explorar as potencialidades dos jogos digitais no ensino de geometria para alunos do 6º ano do Ensino Fundamental II destacando a importância da infraestrutura das escolas para a implementação de propostas pedagógicas que envolvem o uso de tecnologia, como os jogos digitais no ensino da Matemática.

O trabalho de [Chen et al. 2023] discute a aplicação da tecnologia de RV no ensino de geometria, destacando sua relevância no desenvolvimento das habilidades dos alunos. O artigo também descreve a implementação de pistas interativas dinâmicas, como setas dinâmicas, pintura e projeção, em um sistema de RV para melhorar o aprendizado da geometria. Essas pistas têm o objetivo de direcionar a atenção dos alunos para aspectos importantes da tarefa e facilitar o desenvolvimento de imagens mentais e habilidades de raciocínio espacial.

A tecnologia RV 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.

O jogo pode tornar o aprendizado mais atrativo e estimulante, incentivando a resolução de problemas geométricos de forma interativa e imersiva. Acreditando nisso [Parmegiani et al. 2022] desenvolveram um jogo sério chamado "O Escapista e a Matemática de Euclides", destinado a auxiliar no ensino da Geometria Euclidiana Plana para alunos entre 12 e 17 anos. O jogo segue o estilo de escape room, onde o jogador deve resolver desafios relacionados aos conceitos geométricos para escapar de determinado ambiente. A metodologia de desenvolvimento incluiu a divisão do jogo em módulos, como Interface, Visualização, Ambientação Tridimensional, Manipulação de Objetos e Desafios.

O GeoMeta se diferencia dos outros trabalhos mencionados por sua abordagem específica de utilizar tanto a RA quanto RV para ensinar geometria. O APP com sua abordagem pedagógica construtivista, incentiva os alunos a explorar ativamente os conceitos geométricos para fornecer uma experiência educacional única. Essa combinação de RV e RA permite que os alunos visualizem e interajam com objetos geométricos em seu ambiente físico, dando uma experiência mais tangível e prática.

### 3. GeoMeta

O processo de desenvolvimento do App GeoMeta começou com a definição de objetivos educacionais claros e requisitos técnicos específicos. Inicialmente, uma equipe multidisciplinar composta por educadores, desenvolvedores de software e especialistas em design instrucional foi formada. Juntos, eles realizaram uma análise detalhada das necessidades educacionais em relação ao ensino da geometria, utilizando pesquisas acadêmicas, diretrizes curriculares e feedback de professores. O objetivo do App é fornecer uma plataforma interativa e envolvente para o ensino e aprendizado de geometria. Ele visa melhorar a compreensão dos conceitos geométricos, oferecer uma experiência de aprendizagem mais prática e visualmente estimulante. A experiência educacional proporcionada pelo App é projetada para permitir que os alunos explorem e apliquem teorias matemáticas por meio de diversas atividades interativas disponíveis.

Utilizando a Unity<sup>1</sup> como a principal plataforma de desenvolvimento, os ambientes virtuais do App foram projetados e os sistemas de interação dos usuários foram implementados. A Unity foi escolhida por oferecer uma ampla gama de ferramentas e recursos para o desenvolvimento de Apps de Realidade Virtual e Aumentada, permitindo a criação de ambientes imersivos e interativos.

Simultaneamente, o Blender<sup>2</sup> foi utilizado para realizar a modelagem das formas geométricas básicas, como quadrados, círculos, cubos e pirâmides. Além disso, foram criados cenários virtuais que contextualizam o uso dessas formas geométricas, proporcionando aos usuários um ambiente visualmente estimulante e imersivo para

---

<sup>1</sup><https://unity.com>

<sup>2</sup><https://www.blender.org/>

explorar e aplicar os conceitos aprendidos. Os objetos modelados no Blender foram então integrados à aplicação na Unity, onde foram configurados para interagir com os usuários e suportar as atividades educacionais propostas.

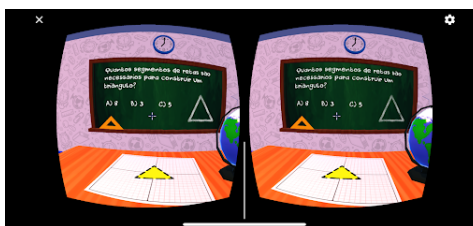
Dentro dessa realidade virtual, os alunos são envolvidos em algumas atividades educacionais:

- 1 **Criação de Avatar:** Criando e personalizando um avatar, o que permite o aluno se identificar dentro do ambiente virtual.
- 2 **Busca por Objetos Geométricos:** Os alunos exploram o ambiente virtual em busca de diferentes objetos geométricos escondidos (Figura 1a). Ao encontrar um objeto, eles podem interagir com ele para aprender mais sobre suas propriedades.
- 3 **Aprendizado sobre Formas:** Ao identificar e selecionar formas geométricas, o aluno participa de um quizz relacionado a forma geométrica selecionada. Por exemplo, ao selecionar um cubo, o aplicativo apresenta uma pergunta sobre as características do cubo. Ao responder corretamente passa para a próxima etapa de explorar um ambiente real.
- 4 **Apresentação de Ambientes Reais:** O ambiente virtual também inclui a apresentação de locais reais que remetem às formas geométricas. Por exemplo, ao explorar a Torre Eiffel, o aluno pode aprender sobre a estrutura triangular e como os conceitos geométricos são aplicados em sua construção.

A primeira atividade começa criando e personalizando um avatar, o que permite o aluno se identificar dentro do ambiente virtual. Em seguida, é apresentado a um ambiente de sala de aula virtual, onde têm acesso a uma variedade de objetos geométricos (Figura 1a). O aluno é desafiado a identificar formas geométricas planas e/ou espaciais e a responder a quizzes relacionados a esses conceitos (Figura 1b).



(a) Sala de aula virtual



(b) Quizz em RV

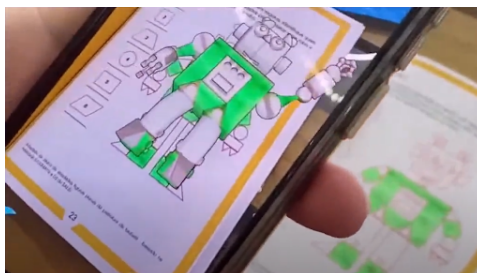
**Figura 1. Ambiente Virtual**

Além disso, o aluno pode participar de expedições virtuais para locais do mundo real que tenham relação com os conceitos estudados através do uso de um Mapa Mundi virtual, que permite aos usuários selecionar e explorar diferentes locais. No GeoMeta, o VR oferece duas formas de interação: através do touchscreen, onde os usuários podem movimentar a tela tocando e arrastando o dedo, e utilizando o giroscópio do celular. Esta última opção permite uma experiência mais imersiva, onde os movimentos do usuário são detectados pelo giroscópio do dispositivo móvel, proporcionando uma sensação mais realista de estar dentro do ambiente virtual.

A segunda atividade, é integrada a plataforma Vuforia<sup>3</sup>, que utiliza algoritmos de visão computacional para detectar e rastrear marcadores visuais em tempo real de imagens

<sup>3</sup><https://developer.vuforia.com/>

impressas. Nessa atividade, os alunos recebem um livro complementar do GeoMeta, que contém figuras geométricas impressas com marcadores visuais específicos. Utilizando o aplicativo GeoMeta, os alunos apontam a câmera do dispositivo móvel para essas figuras (Figura 2).



**Figura 2. Utilização da Realidade Aumentada**

Uma vez detectado, o sistema rastreia a posição e orientação do marcador em relação à câmera do dispositivo, permitindo a sobreposição precisa de elementos virtuais na visualização ao vivo da câmera. Uma das principais características da RA no GeoMeta é sua capacidade de sobrepor informações adicionais aos objetos, como cores e detalhes contextuais sobre conceitos geométricos.

Os alunos também podem colaborar com colegas e professores, compartilhar informações e participar de atividades colaborativas, promovendo assim experiências de aprendizado realistas relacionadas às figuras geométricas que estão manipulando. Essa abordagem não apenas aprimora a compreensão, mas também promove o engajamento ativo e a colaboração entre os alunos, resultando em resultados de aprendizado mais eficazes e significativos.

#### **4. Metodologia**

Inspirado nas metodologias ativas [Marques et al. 2021] e na perspectiva imersiva [Afonso et al. 2020], o GeoMeta busca proporcionar uma experiência educacional centrada na participação efetiva dos alunos. O conhecimento é adquirido através da resolução de problemas e situações que refletem experiências reais, proporcionando aos alunos uma preparação antecipada para os desafios encontrados na vida profissional posteriormente [Morán et al. 2015]. Na visão imersiva, o ambiente educacional é profundamente interativo, promovendo o envolvimento ativo dos alunos com o material didático, o que favorece a assimilação do conhecimento. Isso frequentemente envolve uma variedade de recursos, como jogos educacionais, simulações e ambientes virtuais de aprendizagem [Mehigan e Pitt 2010].

Durante o período de 2022 e 2023, conduziu-se um estudo com uma abordagem quantitativa para avaliar o impacto do App no ensino de geometria para alunos do ensino fundamental em escolas públicas e privadas do estado do Pará. Foram aplicadas provas antes e após a intervenção com o App, possibilitando uma análise do desempenho dos alunos e a compreensão do seu impacto em diferentes faixas etárias e níveis de conhecimento prévio em geometria, a fim de identificar padrões e tendências. Essa abordagem quantitativa proporcionará uma análise ampla e objetiva, fornecendo dados numéricos que serão analisados estatisticamente para identificar possíveis melhorias no aprendizado ao longo do tempo.

#### 4.1. Seleção da Amostra

A seleção da amostra para este estudo buscou representatividade e diversidade, refletindo a variedade de contextos escolares existentes no estado do Pará. Para isso, foram escolhidas 25 escolas, que abrangiam tanto instituições públicas quanto privadas. Além disso, durante o processo de seleção, foram consideradas informações sobre a infraestrutura das escolas disponíveis no site do QEDu, que oferece dados sobre diversos aspectos da educação no Brasil, incluindo recursos físicos, como salas de informática, bibliotecas e acesso à internet. Essa abordagem permitiu capturar uma ampla gama de realidades educacionais e socioeconômicas, possibilitando uma análise mais completa e precisa do impacto do GeoMeta. Ao todo, o estudo envolveu 1344 alunos, desde o 1º até o 9º ano do ensino fundamental, o que contribuiu para a representatividade da amostra, proporcionando feedbacks sobre como o App afeta diferentes grupos demográficos, faixas etárias e níveis de conhecimento prévio em geometria. Essa variedade permitiu uma compreensão mais profunda dos resultados obtidos, fornecendo assim uma base sólida para interpretações e conclusões mais robustas sobre o impacto do App no ensino e aprendizado da geometria.

#### 4.2. Procedimentos de Coleta de Dados

Antes da implementação do App GeoMeta nas escolas, foram realizadas sessões de orientação para os professores. Nessas sessões, os professores receberam informações detalhadas sobre o App, incluindo seu propósito, funcionalidades e potenciais benefícios para o ensino de geometria. Além disso, foram fornecidas orientações práticas sobre como integrar o App em suas práticas de ensino e como acompanhar o progresso dos alunos durante o uso do App.

O estudo emprega a coleta e análise de dados numéricos provenientes de atividades avaliativas em três etapas interligadas para mensurar objetivamente o progresso na proficiência em matemática, com foco especial na aprendizagem de geometria.

No início das atividades, os alunos foram submetidos a uma prova diagnóstica<sup>4</sup> para avaliar seus conhecimentos básicos de geometria. A prova possui seis questões de múltipla escolha e alinhadas com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC)<sup>5</sup>. Essa avaliação foi crucial para estabelecer uma linha de base e medir o progresso dos alunos ao longo do estudo.

Após a prova diagnóstica, os alunos receberam uma explicação sobre como o App seria integrado nas atividades de ensino. Uma aula expositiva foi realizada para abordar conceitos importantes da geometria e fornecer orientações sobre como usar o App. Em seguida, os alunos tiveram a oportunidade de explorar o GeoMeta em suas atividades de aprendizado regulares, sob a supervisão dos professores e dos pesquisadores.

Ao final da intervenção com o App, os alunos foram submetidos a uma prova avaliativa<sup>6</sup> semelhante à prova diagnóstica. Essa segunda avaliação permitiu avaliar o impacto do App no aprendizado dos alunos em geometria e identificar possíveis melhorias no entendimento e progresso dos alunos após a utilização do App.

<sup>4</sup><https://drive.google.com/file/d/1g2PXkipaa6sDQclw1YBE1AGEHNRU-TCZ/view?usp=sharing>

<sup>5</sup><http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>

<sup>6</sup><https://drive.google.com/file/d/1XFCf3MGU4wMZ3qyWVAILY9mBaA1cTJPB/view?usp=sharing>

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

Para a análise dos dados, foi empregado o método de inferência bayesiana, uma abordagem estatística que permite modelar as relações entre diferentes variáveis e realizar inferências probabilísticas com base em dados observados [Garrido Merchán 2021]. Optou-se pelo uso da inferência bayesiana devido às suas vantagens, como a incorporação de conhecimento prévio e expectativas na análise, além da capacidade de estimar diretamente a probabilidade de um evento ocorrer, facilitando a interpretação dos resultados em termos práticos.

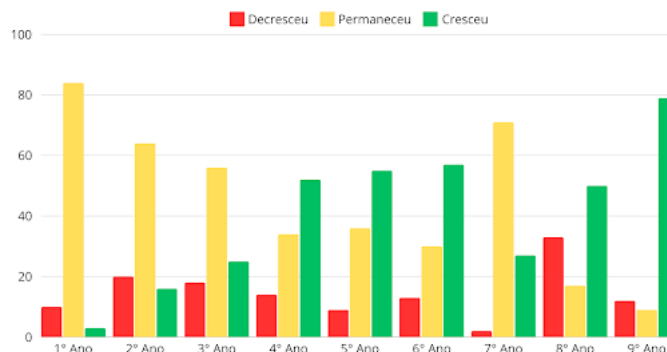
Para realização de cálculos, utilizou-se do software GeNie 2.0 [Druzdzel 1999], uma ferramenta que possibilita a construção de modelos probabilísticos utilizando redes Bayesianas. Foram então definidas as variáveis de interesse, como o ano escolar dos alunos, o desempenho nas provas antes e após o uso do App GeoMeta e a infraestrutura das escolas coletadas no site do QEdU. A análise considerou a presença de sala de informática, biblioteca, internet, merenda escolar e acessibilidade. A rede foi estruturada para capturar as relações de dependência entre o ano escolar, a intervenção com o App e o desempenho em geometria. As probabilidades condicionais foram definidas com base em dados empíricos, então foram realizadas inferências probabilísticas para determinar a probabilidade de melhoria no desempenho dos alunos para cada ano escolar.

## 5. Resultados

Avaliou-se o crescimento percentual das notas em cada ano letivo antes e após a intervenção, utilizando distribuições posteriores para calcular as probabilidades de aumento no desempenho. Os resultados obtidos com a análise estatística dos dados revelaram variações no crescimento do desempenho dos alunos ao longo dos diferentes anos escolares. Os dados obtidos foram separados em três categorias diferentes, os alunos que decresceram, os que permaneceram e os que cresceram (Figura 3). Nessa representação, os alunos que decresceram apresentaram uma redução nas notas após o uso do App GeoMeta. Os alunos que permaneceram não tiveram alteração em suas notas, enquanto os que cresceram obtiveram um aumento no desempenho acadêmico em geometria. Os alunos do 1º ano mostram permanência em suas notas após utilizar o App, com 84% demonstrando uma estabilidade em seu desempenho acadêmico. Essa descoberta sugere que, para os alunos mais novos, o App pode não ter tido um impacto tão pronunciado, possivelmente devido ao seu nível inicial de familiaridade com smartphones, como aponta a pesquisa MobileTime (2023) ou ao desenvolvimento de habilidades cognitivas ainda em estágio inicial [Carreiro et al. 2015].

Por outro lado, à medida que se avança nos anos escolares, é observado um aumento no número de alunos que tiveram um crescimento em seu desempenho



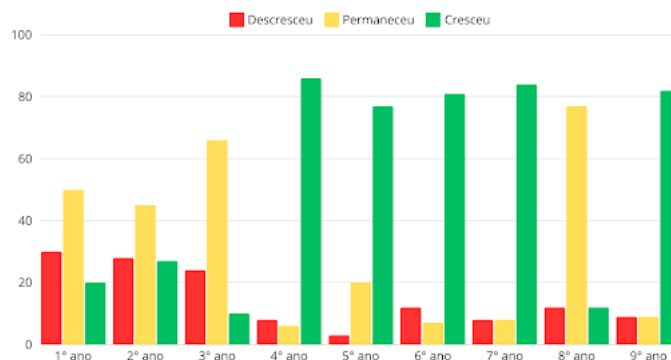


**Figura 3. Crescimento Percentual das Notas em Cada Ano Letivo**

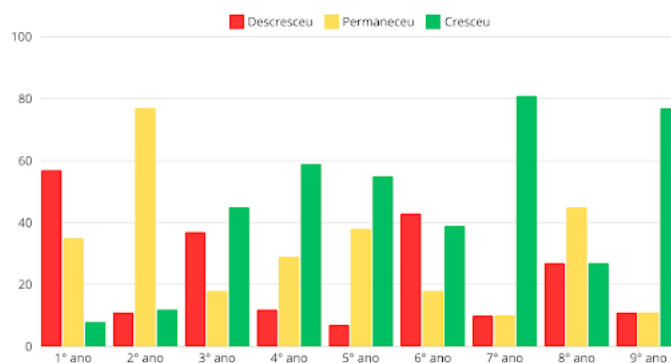
acadêmico. Os alunos do 6º ano, por exemplo, apresentaram um aumento com 58% deles demonstrando uma melhoria em suas notas após utilizar o GeoMeta. No entanto, houve um decréscimo nos resultados na 7ª série, possivelmente devido a uma transição significativa nos conteúdos de geometria entre o 6º e o 7º ano, o que pode resultar em uma fase de estabilização enquanto os alunos se adaptam às novas exigências curriculares. Após essa fase de adaptação, o desempenho voltou a crescer, com os alunos do 8º e 9º anos mostrando uma recuperação e um aumento no desempenho acadêmico, com o 9º ano se destacando com um percentual de 78% de crescimento. Essa tendência ascendente sugere que o App pode ser particularmente eficaz para estudantes em estágios mais avançados de sua jornada educacional, onde estão mais preparados para compreender conceitos geométricos complexos e se engajar em abordagens interativas de aprendizado. [Carreiro et al. 2015].

No entanto, a eficácia dessa tecnologia depende também da infraestrutura disponível nas escolas. Para entender a influência da infraestrutura escolar no desempenho dos alunos utilizando o GeoMeta, foram comparadas escolas com boa infraestrutura com aquelas sem essa qualidade. A avaliação envolveu a análise das condições físicas e dos recursos disponíveis em cada escola, incluindo sala de informática, biblioteca, internet, merenda escolar e acessibilidade. Em seguida, utilizando métodos estatísticos semelhantes aos utilizados para avaliar o desempenho dos alunos, foram realizadas análises probabilísticas para determinar a correlação entre a qualidade da infraestrutura e os resultados obtidos com o uso do GeoMeta.

Primeiramente, foi realizada a análise das escolas com boa infraestrutura (Figura 4), onde os dados indicam que, com exceção dos primeiros 3 anos escolares, essas escolas tendem a promover um melhor desempenho acadêmico em geometria com o apoio do GeoMeta. Isso sugere que uma infraestrutura adequada, incluindo recursos como salas de informática, bibliotecas bem equipadas e acesso confiável à internet, pode potencializar os benefícios do aplicativo no aprendizado dos alunos. Por outro lado, nas escolas com infraestrutura mais limitada (Figura 5), embora ainda apresentem um desempenho geral de crescimento superior ao de decréscimo, os resultados tendem a ser inferiores em comparação com as escolas bem equipadas. Isso ressalta a importância da infraestrutura escolar no aprendizado e destaca a necessidade de investimentos em recursos educacionais para maximizar o potencial das tecnologias de ensino-aprendizagem, especialmente em áreas com recursos limitados.



**Figura 4. Influência da Infraestrutura Escolar no Crescimento Das Notas**



**Figura 5. Influência da Falta de Infraestrutura Escolar no Crescimento Das Notas**

## 6. Conclusão

Ao longo deste estudo, exploramos o impacto do App GeoMeta no ensino e aprendizado da geometria, fornecendo uma análise no desempenho dos alunos em geometria após a utilização do App. A integração de tecnologias emergentes, como RV e RA, tem proporcionado uma abordagem envolvente para o ensino de geometria, permitindo aos alunos explorar conceitos geométricos de forma interativa e imersiva.

No entanto, apesar dos avanços alcançados, ainda existem desafios a serem superados e áreas para futuras pesquisas e desenvolvimentos. Uma dessas áreas inclui a necessidade de explorar como o GeoMeta pode ser adaptado para atender às necessidades específicas de alunos com diferentes estilos de aprendizagem e habilidades cognitivas. Além disso, é importante investigar como o App pode ser integrado de forma mais eficaz no currículo escolar, garantindo que ele seja utilizado de maneira complementar às práticas de ensino existentes.

Além disso, identificamos áreas para futuras pesquisas e desenvolvimentos, incluindo o uso de inteligência artificial (IA) para reconhecimento de formas geométricas no mundo real. Incorporar IA ao GeoMeta pode ampliar ainda mais suas capacidades, permitindo que os alunos explorem e interajam com objetos geométricos em seu ambiente físico de maneira mais aprofundada e personalizada. Essa expansão tecnológica pode abrir novas oportunidades para o ensino de geometria.

## Referências

- Adolescentes e crianças com smartphones no brasil. Mobile Time, outubro de 2023. Disponível em: <https://www.mobiletime.com.br/pesquisas/>. Acesso em: 21 de março de 2024.
- Afonso, G. B., Martins, C. C., Katerberg, L. P., Becker, T. M., Dos Santos, V. C., e Afonso, Y. B. (2020). Potencialidades e fragilidades da realidade virtual imersiva na educação. *Revista Intersaberes*, 15(34).
- Carreiro, L. R. R., Reppold, C. T., de Castro Mariani, M. M., Lellis, V. R. R., Dias, N. M., Fioravanti-Bastos, A. C. M., e Seabra, A. G. (2015). Habilidades cognitivas ao longo do desenvolvimento: contribuições para o estudo da atenção concentrada. *Revista Psicologia: Teoria e Prática*, 17(2):153–170.
- Chen, Q., Zhang, L., Dong, B., e Zhou, Y. (2023). Interactive cues on geometry learning in a virtual reality environment for k-12 education. In *2023 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, pages 524–526. IEEE.
- da Silva, M. M. (2023). Realidade virtual e sua importância na educação. *Revista SL Educacional*, 5(11):161.
- de Classe, T. M. e de Castro, R. M. (2023). Metaverso: Ambiente de colaboração e aprendizado em aula híbrida. In *Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos*, pages 16–29. SBC.
- Druzdzel, M. J. (1999). Smile: Structural modeling, inference, and learning engine and genie: a development environment for graphical decision-theoretic models. In *Aai/Iaai*, pages 902–903.
- Garrido Merchán, E. C. (2021). Advanced methods for bayesian optimization in complex scenarios.
- Gomes, A., Ramos, R., Brito, L., Batista, M., e Leal, B. (2019). Geometriar: aplicativo educacional com realidade aumentada para auxiliar o ensino de sólidos geométricos. *RENTE*, 17:405–414.
- Jonibek, Y. (2023). Enhancing professional competence of future engineers through effective teaching of drawing geometry, engineering, and computer graphics. *Science Promotion*, 3(1):31–33.
- Kaviyaraj, R. e Uma, M. (2022). Augmented reality application in classroom: an immersive taxonomy. In *2022 4th International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT)*, pages 1221–1226. IEEE.
- Kirner, C. e Tori, R. (2006). Fundamentos de realidade aumentada. *Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada*, 1:22–38.
- Maroukhas, A., Troussas, C., Krouska, A., e Sgouropoulou, C. (2023). Virtual reality in education: a review of learning theories, approaches and methodologies for the last decade. *Electronics*, 12(13):2832.
- Marques, H. R., Campos, A. C., Andrade, D. M., e Zambalde, A. L. (2021). Inovação no ensino: uma revisão sistemática das metodologias ativas de ensino-aprendizagem. *Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)*, 26(03):718–741.

- Mehigan, T. J. e Pitt, I. (2010). Towards an ubiquitous future: modeling existing mobile learning system research. *Mobile learning: pilot projects and initiatives. Informing Science Press, Santa Rosa*, pages 273–290.
- Morán, J. et al. (2015). Mudando a educação com metodologias ativas. *Coleção mídias contemporâneas. Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens*, 2(1):15–33.
- Parmegiani, L., Feitosa, J., e Brega, J. (2022). Jogo sério para matemática sobre geometria euclidiana plana. In *Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 744–753, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Quitambo, A. D. J. e Chipuco, H. M. P. (2022). O ensino da geometria no ensino primário. um estudo com uma instituição do município de benguela, angola. *RECIPEB: Revista Científico-Pedagógica do Bié*, 2(2):20–37.
- Silva, A. I. D. d. (2021). Jogos digitais no processo de alfabetização e letramento: uma proposta formativa para professores de 1º ao 3º ano do ensino fundamental. Master's thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Thomsen, L. A., Nilsson, N. C., Nordahl, R., Støvelbæk, K. B., e Mundbjerg-Sunne, C. B. (2023). 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)*, pages 513–518. IEEE.
- Tibúrcio, F., Moreira, W. L., Schmitt, R., De Souza, E. L., e Silva, C. M. (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*, pages 76–84. SBC.
- Umam, K. e 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.
- Vasconcelos, J. C., Lima, P. V. P. S., Rocha, L. A., e Khan, A. S. (2021). Infraestrutura escolar e investimentos públicos em educação no brasil: a importância para o desempenho educacional. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, 29(113):874–898.
- Verbruggen, S., Depaepe, F., e Torbeyns, J. (2021). Effectiveness of educational technology in early mathematics education: A systematic literature review. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 27:100220.