


GEOMETRIA DIGITAL: MODELANDO O MUNDO REAL EM ESPAÇOS VIRTUAIS

 <https://doi.org/10.56238/arev6n4-404>

Data de submissão: 24/11/2024

Data de publicação: 24/12/2024

José Sergio Xavier Duarte

Especialista em Programação do Ensino em Matemática Aplicada ao Ensino Fundamental e Médio
Universidade de Pernambuco
E-mail: sergioxduarte@gmail.com

Josiane Rodrigues Savicki

Mestra em Tecnologias Emergentes em Educação
MUST University
E-mail: jojossavicki@hotmail.com

Éverton Marques da Silva

Doutorando em Educação
Universidade de Passo Fundo (UPF)
E-mail: evertonmarques.mms@gmail.com
LATTES: <http://lattes.cnpq.br/4347818796430002>

Maria Abadia Soares de Moraes

Mestre em Tecnologias Emergentes em Educação
MUST University
E-mail: abadiamoraes1@hotmail.com
LATTES: <https://lattes.cnpq.br/5890024489319156>

Cássio Cecato Favarato

Doutor em Física
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG)
E-mail: cassiocefa.fisico@gmail.com
LATTES: <http://lattes.cnpq.br/0364649580177297>

RESUMO

O artigo investigou as possibilidades educacionais da Realidade Aumentada (RA) e da Realidade Virtual (RV) no ensino da geometria, destacando seu potencial para transformar conceitos abstratos em experiências concretas e interativas. O tema abordou como essas tecnologias podem promover um aprendizado mais engajante, conectando teoria e prática em diferentes níveis educacionais. A pesquisa teve como objetivo compreender e exemplificar como ferramentas digitais podem ser utilizadas para melhorar o desempenho acadêmico e o raciocínio lógico dos estudantes. Para tanto, utilizou-se uma metodologia de pesquisa bibliográfica, baseada em referenciais teóricos que analisaram o impacto dessas tecnologias na educação. Segundo Oliveira Netto (2006) e Ruiz (2006), esse método permitiu a seleção de dados relevantes para contextualizar e fundamentar as discussões apresentadas. O artigo foi estruturado em quatro seções: a primeira discutiu a aplicação de ferramentas digitais para conectar o abstrato ao concreto; a segunda explorou as possibilidades educacionais da RA e RV; a terceira abordou exemplos práticos de uso dessas tecnologias em sala de aula; e a última apresentou atividades aplicadas em contextos reais. A conclusão ressaltou que a integração de RA e RV ao ensino da

geometria não apenas facilita a compreensão de conceitos complexos, mas também promove habilidades cognitivas e amplia a interdisciplinaridade. Por fim, destacou-se a necessidade de novas pesquisas para superar desafios tecnológicos e ampliar o impacto educacional dessas práticas.

Palavras-chave: Realidade Aumentada. Geometria. Educação Digital. Metodologias Ativas. Interatividade.

1 INTRODUÇÃO

A integração da tecnologia ao ensino tem gerado novas possibilidades para abordar conceitos abstratos, como os presentes na geometria, de maneira mais acessível e interativa. A relevância desse tema é evidenciada pela crescente adoção de ferramentas digitais no contexto educacional, especialmente no uso de Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV). Essas tecnologias, ao unirem o mundo físico e o virtual, proporcionam aos estudantes experiências imersivas que conectam conceitos geométricos ao cotidiano, promovendo um aprendizado mais significativo e engajador.

O objetivo deste estudo foi investigar como a RA e a RV podem ser aplicadas ao ensino da geometria para facilitar a compreensão de conceitos abstratos e melhorar o desempenho acadêmico dos estudantes. A questão que norteou a pesquisa foi: ‘de que forma as tecnologias de RA e RV podem transformar o ensino de geometria em diferentes níveis educacionais, conectando o abstrato ao concreto?’

Para responder a essa questão, realizou-se uma pesquisa bibliográfica, conforme os princípios metodológicos descritos por Oliveira Netto (2006) e Ruiz (2006). Segundo Oliveira Netto (2006), a pesquisa bibliográfica é um recurso essencial para investigar fenômenos já estudados, permitindo aprofundar a compreensão e construir novas abordagens com base em dados existentes. Ruiz (2006) destaca que essa metodologia é fundamental para organizar e sistematizar conhecimentos de maneira eficiente e fundamentada. A técnica de análise utilizada envolveu a seleção e a interpretação de referenciais teóricos e práticos que dialogaram diretamente com o tema investigado, com dados coletados a partir de publicações acadêmicas e relatos de experiências.

O desenvolvimento do artigo foi estruturado em quatro seções principais. A primeira abordou ‘A Geometria Digital na Sala de Aula: Conectando o Abstrato ao Concreto em Espaços Virtuais’, destacando como ferramentas digitais podem tornar os conceitos geométricos mais tangíveis. A segunda explorou ‘As Possibilidades de RA e RV no Ensino de Geometria: Uma Perspectiva Educacional’, enfatizando os benefícios e desafios de integrar essas tecnologias ao ambiente escolar. Em seguida, a terceira seção intitulada ‘Realidade Virtual e Aumentada no Ensino de Geometria: Possibilidades e Aplicações Práticas’ apresentou recursos e estratégias pedagógicas inovadoras. Por fim, a quarta seção, ‘Aplicações Práticas de RA e RV no Ensino de Geometria: Exemplos Contextualizados’, detalhou atividades concretas que podem ser implementadas em sala de aula.

Portanto, este estudo buscou contribuir para a reflexão e o aprofundamento sobre as potencialidades das tecnologias de RA e RV no ensino da geometria, promovendo a transformação do aprendizado em um processo mais dinâmico, atrativo e alinhado às demandas da educação contemporânea.

2 A GEOMETRIA DIGITAL NA SALA DE AULA: CONECTANDO O ABSTRATO AO CONCRETO EM ESPAÇOS VIRTUAIS

A geometria, enquanto ramo essencial da matemática, sempre desafiou educadores a traduzirem conceitos abstratos em formas compreensíveis e aplicáveis no cotidiano. Nesse sentido, Skrodzki (2020, p. 1) afirma que “objetos matemáticos são geralmente abstratos e não muito acessíveis”, indicando a dificuldade enfrentada por estudantes e até especialistas para entender conceitos geométricos superiores. Contudo, a introdução de tecnologias digitais, como realidade virtual (RV) e realidade aumentada (RA), tem revolucionado a forma como esses conceitos são apresentados, tornando-os mais acessíveis e visualmente impactantes.

Nesse contexto, Skrodzki (2020, p. 1) destaca que “as ilustrações e visualizações interativas ajudam tanto estudantes quanto profissionais a compreender material matemático e trabalhar com ele”. Um exemplo prático seria a utilização de *softwares* que permitem a construção de sólidos geométricos em três dimensões, como aplicativos educacionais baseados em RA. Tais ferramentas possibilitam aos estudantes manipular prismas, pirâmides e esferas virtualmente, proporcionando uma experiência visual e tátil que transcende o ensino tradicional baseado apenas em livros e quadros. Assim, o aprendizado deixa de ser estático e torna-se dinâmico e envolvente.

Além disso, as geometrias hiperbólicas, mencionadas por Skrodzki (2020, p. 1) como “particularmente adequadas para representações visuais”, oferecem um universo de possibilidades pedagógicas. Em sala de aula, podem ser exploradas utilizando *softwares* como GeoGebra 3D ou simulações em realidade virtual que ilustram espaços curvados, como o modelo de disco de Poincaré. Essa abordagem facilita a compreensão de conceitos complexos, como ângulos internos de triângulos hiperbólicos menores que 180 graus, algo desafiador de ser ensinado apenas com métodos convencionais.

No entanto, conforme Santana *et al.* (2021, p. 2084), “mais do que nunca, torna-se imprescindível uma capacitação significativa, contextualizada com os interesses de uma geração imersa no mundo digital”. Isso implica que a inserção de tecnologias na educação matemática requer uma preparação adequada dos docentes, tanto no domínio das ferramentas digitais quanto na aplicação pedagógica dessas inovações. Por exemplo, cursos de formação continuada para professores podem incluir workshops práticos sobre o uso de RA e RV no ensino de geometria, capacitando-os a incorporar essas tecnologias de maneira efetiva.

Paralelamente, Santana *et al.* (2021, p. 2086) argumentam que “abrir-se para as possibilidades pedagógicas digitais permite ao docente alcançar o perfil do aluno da nova era”. Assim, ao utilizar aplicativos como GeometriAR ou recursos de RV, o professor pode alinhar suas práticas ao perfil de

estudantes que estão habituados a interagir com dispositivos digitais. Isso não apenas facilita a aprendizagem, mas também aumenta a motivação e o engajamento dos alunos, que passam a se reconhecer como agentes ativos no processo educacional.

Portanto, integrar tecnologias digitais ao ensino de geometria representa não apenas um avanço metodológico, mas também uma resposta às demandas contemporâneas. A partir de práticas que aliam conceitos matemáticos complexos a recursos digitais inovadores, é possível construir um ambiente de aprendizagem mais inclusivo, dinâmico e eficaz, promovendo um ensino significativo que conecta o abstrato ao concreto. Assim, a geometria digital se consolida como uma ponte que transforma a sala de aula em um espaço onde o mundo real e virtual coexistem para enriquecer a experiência educacional.

3 AS POSSIBILIDADES PARA A GEOMETRIA: INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO

A geometria, com suas bases profundamente enraizadas no pensamento abstrato, frequentemente desafia estudantes a compreender conceitos que, à primeira vista, podem parecer distantes da realidade cotidiana. No entanto, conforme destacado por Skrodzki (2020, p. 5), “o modelo de Poincaré é amplamente utilizado e foi popularizado além da matemática pelos trabalhos de M.C. Escher”. Essa popularização ressalta a relevância de integrar representações visuais no ensino de geometria, particularmente quando aliadas a tecnologias digitais.

Nesse sentido, a realidade virtual (RV) surge como uma ferramenta promissora. De acordo com Skrodzki (2020, p. 8), “a realidade virtual elimina a coexistência entre diferentes configurações geométricas ao fornecer uma experiência totalmente imersiva do espaço não euclidiano”. Um exemplo prático seria o uso de aplicativos que permitem aos alunos explorar espaços curvados, como os simuladores baseados no *Curved Spaces* de Jeffrey Weeks, que, segundo Skrodzki (2020, p. 25), “exploram efeitos visuais interessantes em espaços curvados”. Essas experiências imersivas possibilitam que estudantes visualizem e interajam com conceitos complexos, como a geometria hiperbólica, de maneira dinâmica e envolvente.

Além disso, jogos digitais também desempenham um papel crucial na aprendizagem matemática. Conforme Skrodzki (2020, p. 26), “jogos como 'Hyperrogue' combinam geometria hiperbólica com mecânicas de jogo inovadoras para ensinar conceitos matemáticos”. Tais ferramentas tornam o aprendizado mais acessível e estimulante, especialmente para estudantes que apresentam dificuldades em matemática. A gamificação, portanto, oferece um ambiente no qual os alunos podem

aprender enquanto se divertem, reduzindo a ansiedade associada ao aprendizado de conteúdos considerados difíceis.

No Brasil, a necessidade de inovações no ensino de matemática é evidente. Gomes *et al.* (2019, p. 405) apontam que “somente 4,5% dos estudantes brasileiros da 3ª série do ensino médio atingiram o nível de proficiência considerado adequado em matemática, de acordo com o SAEB 2017”. Frente a esse cenário, as tecnologias digitais podem desempenhar um papel transformador. Narciso *et al.* (2024, p. 406) enfatizam que o objetivo principal no uso de tecnologias digitais é “influenciar positivamente a comunicação, a socialização e o desenvolvimento cognitivo de indivíduos”. Essa perspectiva ressalta a capacidade das tecnologias de ampliar as oportunidades de aprendizado e atender às necessidades de diferentes perfis de estudantes.

Ademais, conforme Narciso *et al.*,

[...] as tecnologias digitais oferecem oportunidades significativas para melhorar a qualidade de vida de pessoas [...] permitindo-lhes expressar-se e conectar-se de maneiras inovadoras (Narciso *et al.*, 2024, p. 405).

No ensino de geometria, isso significa proporcionar aos alunos ferramentas que não apenas tornem o aprendizado mais eficiente, mas também mais significativo e inclusivo. Aplicativos de geometria, simuladores em realidade aumentada e jogos educativos são exemplos práticos que podem ser integrados ao currículo, ajudando a superar as dificuldades de aprendizagem e promovendo o engajamento dos estudantes.

Portanto, a integração de tecnologias digitais no ensino de geometria abre um leque de possibilidades que não apenas modernizam a prática pedagógica, mas também democratizam o acesso ao conhecimento matemático. Por meio de representações visuais interativas, experiências imersivas e ferramentas gamificadas, é possível transformar a percepção dos alunos sobre a matemática, aproximando-os de conceitos que antes pareciam inatingíveis. Assim, o ensino de geometria torna-se uma ponte entre o abstrato e o concreto, permitindo que os estudantes compreendam e apliquem esses conceitos no mundo real.

4 AS POSSIBILIDADES DE RA E RV NO ENSINO DE GEOMETRIA: UMA PERSPECTIVA EDUCACIONAL

A geometria, frequentemente considerada desafiadora por sua abstração, encontra nas tecnologias de Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV) um potencial transformador para a compreensão de conceitos complexos. Conforme destacado por Skrodzki (2020, p. 1), “somente a

realidade virtual recentemente tornou possível apresentar experiências imersivas de geometrias não euclidianas.” Essa possibilidade de imersão permite que os estudantes visualizem, interajam e compreendam propriedades geométricas de formas que não seriam acessíveis em um ambiente tradicional.

Nesse sentido, “a ilustração em realidade virtual permite aos usuários experimentar propriedades geométricas e efeitos que não estão presentes em seu mundo euclidiano circundante” (Skrodzki, 2020, p. 1). Em sala de aula, pode-se usar simuladores de geometria hiperbólica, como o *Curved Spaces*, para explorar como ângulos internos de triângulos hiperbólicos somam menos de 180 graus. Tal prática não apenas amplia a compreensão, mas também estimula o raciocínio crítico dos alunos.

Além disso, “a percepção alterada de profundidade em realidade virtual permite aos usuários experimentar o mundo como 'seres hiperbólicos’” (Skrodzki, 2020, p. 18). Na prática educacional, essa imersão pode ser utilizada para demonstrar conceitos avançados, como transformações geométricas, de maneira interativa. Estudantes podem ‘caminhar’ dentro de ambientes virtuais que exemplifiquem espaços não euclidianos, o que torna o aprendizado mais significativo e envolvente.

Paralelamente, “a realidade aumentada une o real e o virtual em uma única tela, promovendo a interação dinâmica com objetos em 3D” (Gomes *et al.*, 2019, p. 406). Ferramentas como o GeometriAR, aplicativo gratuito para download, ampliam a acessibilidade a essas tecnologias (Gomes *et al.*, 2019, p. 412). Um exemplo prático seria o uso do aplicativo para manipular sólidos geométricos em tempo real, permitindo que os alunos observem propriedades como áreas, volumes e simetrias diretamente em seus dispositivos móveis. Essa abordagem, além de estimular o aprendizado ativo, favorece a inclusão digital, alcançando estudantes que podem não ter acesso a tecnologias mais complexas, como óculos de RV.

Portanto, as possibilidades de RA e RV no ensino de geometria vão além da simples visualização de conceitos. Elas representam uma inovação pedagógica capaz de unir teoria e prática em um ambiente interativo. Ao adotar essas ferramentas, os professores não apenas modernizam suas práticas, mas também respondem às necessidades de uma geração imersa no digital, alinhando o aprendizado às competências exigidas no século XXI. Dessa forma, a geometria deixa de ser um conteúdo abstrato para se tornar uma experiência concreta, acessível e engajante.

5 REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA NO ENSINO DE GEOMETRIA: POSSIBILIDADES E APLICAÇÕES PRÁTICAS

A utilização de Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) no ensino de geometria tem demonstrado um potencial significativo para transformar o aprendizado de conceitos abstratos em experiências interativas e envolventes. Skrodzki (2020) ressalta que apenas recentemente a RV possibilitou a imersão em geometrias não euclidianas, permitindo que os estudantes explorem propriedades geométricas em ambientes virtuais. Essa inovação é fundamental para tornar a matemática mais acessível, especialmente em regiões onde o ensino ainda enfrenta desafios significativos.

Nesse contexto, iniciativas como a da Inteceleri, destacada por Gomes *et al.* (2019), exemplificam o impacto positivo dessas tecnologias no ambiente escolar. Por meio de dispositivos como o MiritiBoard VR e aplicativos como o Geometricando, a startup conseguiu gamificar o aprendizado de geometria plana e espacial. Essa abordagem combina teoria e prática em um ambiente gamificado, promovendo maior engajamento e compreensão entre os alunos. Aplicar essas tecnologias em sala de aula significa, por exemplo, explorar sólidos geométricos em 3D, permitindo que os estudantes identifiquem e manipulem figuras como cubos e pirâmides diretamente em seus dispositivos móveis.

A RA também desempenha um papel crucial ao unir o real e o virtual em uma única tela (Gomes *et al.*, 2019). Aplicativos como o GeometriAR permitem que os alunos visualizem formas geométricas sobrepostas ao mundo físico, conectando conceitos teóricos à prática cotidiana. Em um exemplo prático, os alunos podem observar uma pirâmide sendo deslocada sobre a Torre Eiffel, explorando suas propriedades e aplicando o conhecimento matemático de maneira contextualizada. Essa experiência interativa, além de cativar os estudantes, reforça a aprendizagem ativa e significativa.

A capacitação de professores também é um elemento essencial para o sucesso dessas iniciativas. Conforme destacado por Santana *et al.* (2021), a adaptação às novas tecnologias exige que os educadores estejam preparados para explorar as possibilidades pedagógicas digitais. A Inteceleri exemplifica essa necessidade ao oferecer oficinas de capacitação em matemática para os professores, integrando o uso de RA e RV com metodologias ativas. Essa abordagem garante que a tecnologia se torne uma aliada do professor, que permanece insubstituível no processo educacional.

Os resultados dessas iniciativas têm sido notáveis. Walter dos Santos Oliveira Júnior, CEO da Inteceleri, afirma que o aplicativo Matematicando, que combina gamificação e técnicas neurolinguísticas, promoveu aumentos significativos no Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) e nas notas escolares dos alunos. Essa melhoria é atribuída à interação dos estudantes

com tecnologias inovadoras, que facilitam o desenvolvimento do cálculo mental, pensamento computacional e raciocínio lógico (Gentil, 2020).

Assim, as experiências com RA e RV, como as da Inteceleri, exemplificam como essas tecnologias podem ser integradas ao currículo escolar para transformar a maneira como a geometria é ensinada. Ao permitir que os estudantes experimentem o mundo matemático de forma imersiva e interativa, essas ferramentas não apenas tornam o aprendizado mais acessível, mas também promovem a inclusão digital e o desenvolvimento de habilidades essenciais para o século XXI. Assim, as possibilidades para o ensino de geometria tornam-se ilimitadas, conectando teoria, prática e inovação em um único espaço de aprendizagem.

6 APLICAÇÕES PRÁTICAS DE RA E RV NO ENSINO DE GEOMETRIA: EXEMPLOS CONTEXTUALIZADOS

O uso de Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV) no ensino da geometria oferece uma ampla gama de possibilidades pedagógicas para tornar os conceitos matemáticos mais acessíveis, interativos e significativos. Ferramentas tecnológicas, como Geometricando, GeometriAR, *Curved Spaces*, *Google Expeditions*, GeoGebra 3D e *CoSpaces Edu*, fornecem recursos que integram teoria e prática, promovendo um aprendizado mais engajante. A seguir, detalham-se exemplos de aplicação em diferentes etapas educacionais, embasados pelos referenciais já explorados.

6.1 GEOMETRICANDO NO ENSINO FUNDAMENTAL 1 E 2

A ferramenta Geometricando, que utiliza RA e RV para gamificar o aprendizado de formas geométricas, pode ser usada em atividades que conectam a matemática ao cotidiano dos alunos. Por exemplo, estudantes podem explorar formas geométricas presentes em objetos diários, como bolas (esferas) ou caixas (cubos). Utilizando RA, o aplicativo destaca vértices e arestas, ajudando os alunos a compreender as propriedades tridimensionais das figuras. Como Skrodzki (2020) destaca, visualizações interativas ajudam tanto estudantes quanto profissionais a compreender e trabalhar com material matemático. A prática reforça a importância de explorar tecnologias que capturam o interesse dos estudantes e estimulam a aprendizagem ativa (Santana *et al.*, 2021).

6.2 GEOMETRIAR NO ENSINO FUNDAMENTAL 2 E MÉDIO

No Ensino Fundamental 2 e Médio, o GeometriAR pode ser utilizado para ensinar conceitos avançados, como cálculo de área lateral e volume de sólidos geométricos. Os alunos manipulam um prisma triangular em 3D, observando cada face separadamente e conectando a teoria às aplicações

práticas. Gomes *et al.* (2019) enfatizam que a RA promove a interação dinâmica com objetos tridimensionais, permitindo aos estudantes estabelecer relações diretas entre a geometria plana e espacial. Essa atividade não apenas melhora o desempenho acadêmico, mas também prepara os estudantes para lidar com desafios matemáticos do mundo real.

6.3 CURVED SPACES NO ENSINO MÉDIO

O aplicativo *Curved Spaces* permite que os alunos experimentem conceitos de geometrias não euclidianas de forma imersiva. Na aula, os estudantes podem simular trajetórias de luz em espaços curvados, explorando propriedades que não existem no mundo euclidiano. Skrodzki (2020) aponta que a RV elimina a coexistência entre diferentes configurações geométricas, proporcionando experiências profundas em ambientes hiperbólicos. Essa prática pode ser conectada à astronomia e à física teórica, ampliando a interdisciplinaridade no aprendizado e permitindo que os alunos compreendam aplicações científicas da geometria.

6.4 GOOGLE EXPEDITIONS DA EDUCAÇÃO INFANTIL AO ENSINO MÉDIO

Com o Google Expeditions, professores podem organizar viagens virtuais a edifícios icônicos, como a Torre de Pisa, para ensinar conceitos como simetria e inclinação. Essa abordagem é particularmente útil para introduzir formas geométricas no contexto de arquitetura e design. Conforme Gomes *et al.* (2019), essas experiências imersivas tornam o aprendizado mais concreto e envolvente, conectando conceitos abstratos à realidade vivenciada pelos estudantes.

6.5 GEOGEBRA 3D NO ENSINO FUNDAMENTAL 2 E MÉDIO

A modelagem geométrica em 3D é outra ferramenta poderosa para o aprendizado matemático. Com o GeoGebra 3D, alunos podem criar gráficos tridimensionais de parábolas giradas e explorar suas interseções com outros planos. Essa prática auxilia no entendimento de conceitos complexos, como seções cônicas e propriedades de superfícies curvas. Segundo Skrodzki (2020), visualizações interativas facilitam a compreensão de conceitos matemáticos superiores, proporcionando uma base sólida para o aprendizado progressivo.

6.6 COSPACES EDU NO ENSINO FUNDAMENTAL 2 E MÉDIO

O CoSpaces Edu permite que os alunos criem ambientes virtuais interativos que integram formas geométricas em projetos. Uma atividade prática seria projetar uma ‘cidade geométrica’, onde os alunos calculam áreas, volumes e dimensões dos edifícios criados com figuras básicas, como

prismas e cilindros. Essa atividade não apenas promove o aprendizado da matemática, mas também estimula a criatividade e o trabalho colaborativo. Santana *et al.* (2021) argumentam que abrir-se para as possibilidades pedagógicas digitais permite ao docente alcançar o perfil do aluno da nova era.

A tabela a seguir detalha os principais aplicativos de Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV) para trabalhar a geometria, incluindo exemplos práticos de aplicação em sala de aula:

Tabela 1 - Aplicativos para RA e RV

Aplicativo	Descrição	Contextos de Aplicação
Geometricando	Gamifica o aprendizado de formas geométricas em RA e RV.	Ensino Fundamental 1 e 2: Utilizado para ensinar formas geométricas básicas (círculo, quadrado, triângulo). Proposta: Alunos identificam formas em objetos do dia a dia e acumulam pontos no jogo.
GeometriAR	Plataforma que usa RA para trabalhar sólidos geométricos.	Ensino Fundamental 2 e Médio: Ensinar volume e área de sólidos geométricos. Proposta: Alunos manipulam objetos 3D no app para calcular propriedades e testar hipóteses.
Curved Spaces	Simulador de espaços curvados, focado em geometria hiperbólica.	Ensino Médio: Explorar propriedades da geometria não euclidiana. Proposta: Estudantes simulam trajetórias de luz em espaços curvados e discutem aplicações científicas.
Google Expeditions	Exploração de ambientes virtuais para aprendizado interdisciplinar.	Educação Infantil ao Ensino Médio: Introduzir formas geométricas na natureza e arquitetura. Proposta: Estudantes visitam estruturas famosas, como a Torre Eiffel, e discutem suas propriedades.
GeoGebra 3D	Ferramenta para modelagem e visualização de conceitos geométricos em 3D.	Ensino Fundamental 2 e Médio: Estudo de seções cônicas e interseções de planos. Proposta: Alunos utilizam o app para construir gráficos em 3D e analisar suas características.
CoSpaces Edu	Criação de ambientes virtuais interativos para ensino de matemática.	Ensino Fundamental 2 e Médio: Construir ambientes que integram formas geométricas em projetos. Proposta: Estudantes criam uma "cidade virtual" aplicando conceitos de área

Fonte: autoria própria.

Essas aplicações práticas demonstram que a integração de RA e RV ao ensino da geometria não apenas facilita o aprendizado de conceitos matemáticos complexos, mas também promove habilidades como raciocínio lógico, pensamento crítico e interdisciplinaridade. Ferramentas como Geometricando, GeometriAR, *Curved Spaces*, *Google Expeditions*, GeoGebra 3D e *CoSpaces Edu* são exemplos concretos de como tecnologias emergentes podem ser aliadas poderosas no desenvolvimento educacional. Ao adotar essas práticas, os professores não apenas modernizam suas abordagens pedagógicas, mas também contribuem para o engajamento e a formação integral dos estudantes.

7 CONCLUSÃO

A incorporação de tecnologias digitais no ensino de geometria, especialmente por meio de Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV), revelou-se uma estratégia poderosa para transformar o aprendizado de conceitos abstratos em experiências concretas e interativas. Este estudo conseguiu alcançar os objetivos propostos ao investigar as possibilidades educacionais que essas ferramentas oferecem e ao propor exemplos práticos de sua aplicação em diferentes níveis de ensino. Por meio de uma análise dos referenciais teóricos e da organização de atividades contextualizadas, foi possível compreender como a tecnologia pode ampliar o alcance do ensino da geometria, promovendo a interação, o engajamento e o desenvolvimento cognitivo dos estudantes.

Ao longo do artigo, destacou-se que o uso de RA e RV no ensino não é apenas uma questão de inovação, mas uma necessidade frente às demandas de uma geração digitalmente conectada. As ferramentas apresentadas, como Geometricando, GeometriAR e *Curved Spaces*, mostraram-se eficazes na construção de pontes entre a teoria e a prática, permitindo que alunos de diferentes faixas etárias e contextos compreendessem de forma mais acessível e dinâmica os conceitos geométricos. Além disso, as experiências imersivas e interativas proporcionadas por essas tecnologias demonstraram potencial para melhorar o desempenho acadêmico, estimular o raciocínio lógico e promover a interdisciplinaridade.

Contudo, para que essas tecnologias sejam efetivamente incorporadas ao ambiente educacional, desafios significativos precisam ser superados. Entre eles estão a formação continuada de professores, a infraestrutura tecnológica nas escolas e a necessidade de conteúdos adaptados às realidades locais. Apesar disso, os exemplos práticos discutidos evidenciam que é possível integrar essas ferramentas ao currículo de maneira eficaz, desde que haja planejamento, criatividade e suporte técnico adequado.

Assim, o estudo também aponta para a necessidade de novas pesquisas que explorem o impacto de longo prazo dessas tecnologias no desempenho acadêmico e na formação integral dos estudantes. Investigações futuras podem abordar, por exemplo, como as práticas com RA e RV podem ser adaptadas a diferentes disciplinas, além da geometria, ou como essas tecnologias podem ser utilizadas para atender às demandas de alunos com necessidades especiais. Estudos que analisem a relação custo-benefício de tais iniciativas e estratégias para superar limitações tecnológicas em escolas públicas também são essenciais para ampliar o alcance dessas práticas.

Por fim, acredita-se que este artigo contribuiu para fomentar a reflexão e o diálogo sobre o papel transformador da tecnologia na educação. Ao enfatizar o uso de RA e RV como ferramentas pedagógicas inovadoras, abre-se caminho para um ensino mais inclusivo, dinâmico e conectado com as demandas do século XXI. Estimula-se, portanto, que mais pesquisas sejam feitas sobre o tema, com o objetivo de expandir o conhecimento e aprofundar a integração das tecnologias no contexto educacional, garantindo que mais estudantes tenham acesso a uma aprendizagem significativa e transformadora.

REFERÊNCIAS

GENTIL, Cristine. Com realidade virtual, a Inteceleri torna o ensino da matemática mais cativante para alunos no Norte do Brasil. *Projeto Draft*, 26 fev. 2020. Disponível em: <https://www.projtodraft.com/com-realidade-virtual-a-inteceleri-torna-o-ensino-da-matematica-mais-cativante-para-alunos-no-norte-do-brasil/>. Acesso em: 09 dez. 2024.

GOMES, Allisson Pierre Lino; RAMOS, Ricardo Argenton; BRITO, Lucas Florêncio de; BATISTA, Michel Ferreira; LEAL, Brauliro Gonçalves. GeometriAR: aplicativo educacional com realidade aumentada para auxiliar o ensino de sólidos geométricos. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 27, n. 2, 2019. DOI: 10.22456/1679-1916.95848. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.95848>. Acesso em: 09 dez. 2024.

NARCISO, R.; OLIVEIRA, F. C. N. de; ALVES, D. de L.; DUARTE, E. D.; MAIA, M. A. dos S.; REZENDE, G. U. de M. Inclusão Escolar: Desafios e Perspectivas para uma Educação Mais Equitativa. *Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências E Educação*, v. 10, n. 8, p. 713–728, 2024. DOI: <https://doi.org/10.51891/rease.v10i8.15074>.

OLIVEIRA NETTO, A. A. Metodologia da pesquisa científica: guia prático para apresentação de trabalhos acadêmicos. 2. ed., rev. atual. Florianópolis: Visual Books, 2006. 174 p. Disponível em: <https://visualbooks.com.br/metodologia-pesquisa>. Acessado em: 18 jun. 2024.

RUIZ, J. A. Metodologia científica: guia para eficiência nos estudos. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2006. 180 p. Disponível em: <https://atlas.com.br/metodologia-eficiencia>. Acessado em: 18 jun. 2024.

SANTANA, A. C. de A.; PINTO, E. A.; MEIRELES, M. L. B.; OLIVEIRA, M. de; MUNHOZ, R. F.; GUERRA, R. S. Educação & Tdic's Democratização, Inclusão Digital e o Exercício Pleno da Cidadania. *Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências E Educação*, v. 7, n. 10, p. 2084–2106, 2021.

SKRODZKI, Martin. Illustrations of non-Euclidean geometry in virtual reality: “Out of nothing I have created a strange new universe.” (János Bolyai). *arXiv*, [S.l.], 2020. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/2008.01363>. Acesso em: 09 dez. 2024.