

Realidade aumentada no ensino da geometria: uma proposta de ensino imersivo com o software *SólidosRA*

Augmented reality in geometry teaching: an immersive teaching proposal with *SólidosRA* software

Realidad aumentada en la enseñanza de la geometría: una propuesta de docencia inmersiva con el software *SólidosRA*

DOI: 10.54033/cadpedv22n13-314

Originals received: 10/28/2025

Acceptance for publication: 11/24/2025

Gustavo Ribeiro Gomes

Mestre em Matemática

Instituição: Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho (UNESP)

Endereço: Presidente Prudente, São Paulo, Brasil

E-mail: gustavo.r.gomes@unesp.br

Celso Olivete Júnior

Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (USP) – São Carlos

Instituição: Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho (UNESP)

Endereço: Presidente Prudente, São Paulo, Brasil

E-mail: celso.olivete@unesp.br

Suetônio de Almeida Meira

Doutor em Matemática pela Universidade de Brasília

Instituição: Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho (UNESP)

Endereço: Presidente Prudente, São Paulo, Brasil

E-mail: s.meira@unesp.br

RESUMO

O presente artigo apresenta a aplicação do *Sólidos RA*, um *software* educacional baseado em Realidade Aumentada (RA) projetado para potencializar o ensino de Geometria Espacial. A pesquisa visou observar como a integração entre ambiente físico e virtual, mediada por dispositivos móveis, pode beneficiar a visualização espacial e o desenvolvimento da inteligência espacial dos estudantes. O aplicativo foi elaborado na plataforma *Unity*, com reconhecimento de marcadores e renderização de modelos tridimensionais em tempo real, permitindo interação com os sólidos geométricos. O estudo envolveu turmas da 2ª e 3ª séries do

Ensino Médio em uma escola estadual paulista, com atividades comparativas entre aulas tradicionais e aulas mediadas pela RA. Os resultados apontam ganhos significativos de desempenho e engajamento dos alunos expostos à tecnologia, além de alta usabilidade e aceitação segundo a Escala *Likert*. Conclui-se que o *Sólidos RA* expõe o potencial da RA como tecnologia imersiva para ambientes educacionais.

Palavras-chave: Realidade Aumentada. Tecnologia Educacional. Geometria Espacial. Matemática.

ABSTRACT

This article presents the application of *Sólidos RA*, an educational software based on Augmented Reality (AR) designed to enhance the teaching of Spatial Geometry. The research aimed to observe how the integration between physical and virtual environments, mediated by mobile devices, can benefit spatial visualization and the development of students' spatial intelligence. The application was developed on the Unity platform, with marker recognition and real-time rendering of three-dimensional models, allowing interaction with geometric solids. The study involved 2nd and 3rd year high school classes in a state school in São Paulo, with comparative activities between traditional classes and classes mediated by AR. The results indicate significant gains in performance and engagement of students exposed to the technology, as well as high usability and acceptance according to the Likert Scale. It is concluded that *Sólidos RA* exposes the potential of AR as an immersive technology for educational environments.

Keywords: Augmented Reality. Educational Technology. Spatial Geometry. Mathematics.

RESUMEN

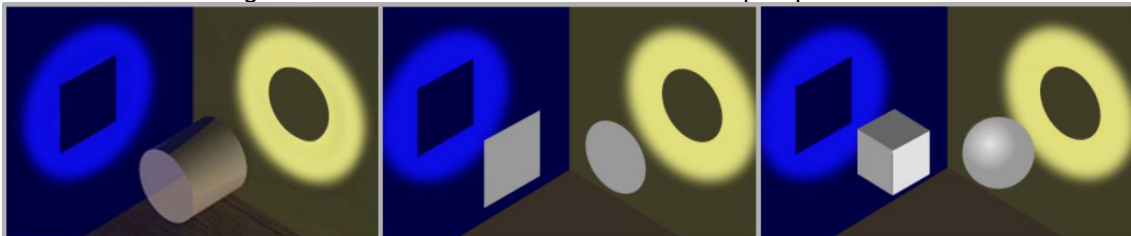
Este artículo presenta la aplicación de *Sólidos RA*, un software educativo basado en Realidad Aumentada (RA) diseñado para mejorar la enseñanza de Geometría Espacial. La investigación tuvo como objetivo observar cómo la integración entre entornos físicos y virtuales, mediada por dispositivos móviles, puede beneficiar la visualización espacial y el desarrollo de la inteligencia espacial de los estudiantes. La aplicación se desarrolló en la plataforma Unity, con reconocimiento de marcadores y renderizado en tiempo real de modelos tridimensionales, lo que permite la interacción con sólidos geométricos. El estudio involucró a estudiantes de segundo y tercer año de bachillerato en una escuela pública de São Paulo, con actividades comparativas entre clases tradicionales y clases mediadas por RA. Los resultados indican mejoras significativas en el rendimiento y la participación de los estudiantes expuestos a la tecnología, así como una alta usabilidad y aceptación según la escala de *Likert*. Se concluye que *Sólidos RA* demuestra el potencial de la RA como tecnología imersiva para entornos educativos.

Palabras clave: Realidad Aumentada. Tecnología Educativa. Geometría Espacial. Matemáticas.

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho reflete inicialmente sobre a percepção espacial dos estudantes e a importância de sua estimulação no processo de aprendizagem da Geometria. Pela Figura 1, é proposto um exercício de reflexão: a partir das sombras projetadas nas paredes, quais conclusões poderiam ser feitas a respeito da(s) figura(s) que gera(m) tais sombras?

Figura 1. Sombras de sólidos em diferentes perspectivas.



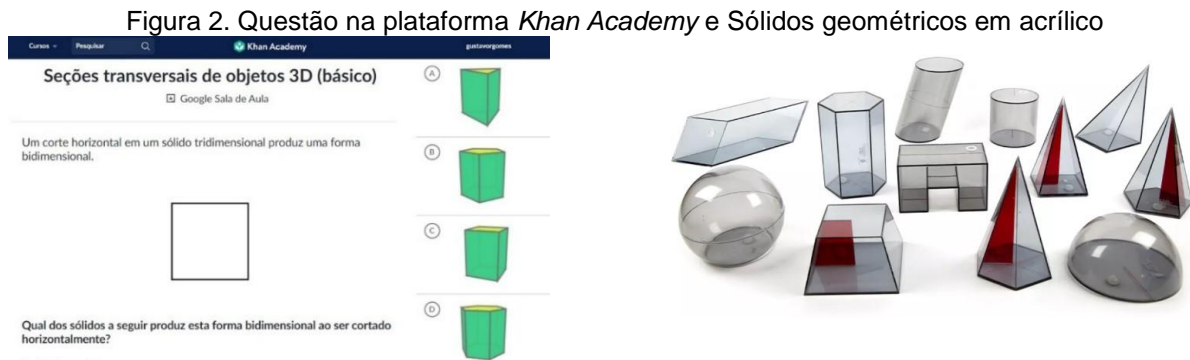
Fonte: Adaptada pelo autor de <https://portal.ifi.unicamp.br/a-instituicao/departamentos/deq-departamento-de-eletronica-quantica/grupo-de-optica-quantica-goq>

O objetivo da reflexão não é identificar com exatidão o sólido gerador, mas reconhecer as possibilidades. Ou seja, busca-se compreender se os estudantes conseguem, a partir das projeções bidimensionais, imaginar o sólido tridimensional de origem — uma habilidade diretamente ligada à inteligência espacial.

Segundo a *Teoria das Múltiplas Inteligências* de Howard Gardner, essa inteligência distingue-se da lógico-matemática. Conforme Smole (1999), ela corresponde à habilidade de perceber padrões, identificar semelhanças entre formas e conceituar relações espaciais, incluindo a capacidade de visualizar e representar objetos tridimensionais — competência essencial em campos como a arquitetura, a engenharia e a matemática.

Olhando especificamente para o contexto da educação estadual paulista, observa-se que, na última década, houve significativo investimento em recursos tecnológicos nas escolas. Além disso, a SEDUC-SP estabeleceu parcerias com plataformas como *Matific* e *Khan Academy*, que oferecem atividades digitais voltadas à matemática do ensino fundamental e médio. Embora tais plataformas representem avanços, ainda persistem dificuldades quando os alunos precisam

relacionar representações planas a sólidos tridimensionais, como ilustrado na Figura 2.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Observa-se que, mesmo com a disponibilidade de materiais físicos — como sólidos de acrílico —, sua quantidade é limitada e nem sempre suficiente para o trabalho em grupo ou para promover uma exploração dinâmica dos conceitos.

Nesse contexto, a RA surge como uma tecnologia educacional inovadora, capaz de superar parte dessas limitações. Ao integrar o mundo real e o digital, a RA permite visualizar, manipular e compreender sólidos geométricos de maneira interativa, tornando o processo de aprendizagem mais envolvente e concreto. Além de ampliar o acesso a recursos tridimensionais, ela representa uma alternativa sustentável e de baixo custo, pois substitui materiais físicos que se deterioram com o tempo.

Há diversos recursos necessários em Matemática como a *Torre de Hanoi*, *Material dourado*, *Tangran*, *transferidor*, *esquadrados* e etc., que quando elaborados em RA poderia trazer consigo uma economia de gastos à escola e ao estudante, sem que seu objetivo seja prejudicado, e sem o desgaste que o material sofreria com o decorrer do tempo.

Sendo assim, o objetivo geral deste estudo é investigar o uso da RA como ferramenta pedagógica e tecnológica no ensino da Geometria Espacial no Ensino Médio, analisando as potencialidades do *Sólidos RA* para favorecer a visualização, a compreensão e o desenvolvimento da inteligência espacial.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

Foram analisadas dissertações e teses que abordam o uso da RA no ensino da Matemática, especialmente na Geometria Espacial, destacando suas contribuições para a visualização e a compreensão de conceitos tridimensionais. Entre os trabalhos estudados, optou-se por apresentar com maior destaque o Trabalho de Conclusão de Curso de Amorim (2022), por se tratar do autor e desenvolvedor do aplicativo *Sólidos RA*, utilizado como base tecnológica nesta pesquisa.

2.1 SÓLIDOS RA: CONTRIBUIÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DA VISUALIZAÇÃO GEOMÉTRICA POR MEIO DA REALIDADE AUMENTADA.

O trabalho de Amorim teve como objetivo desenvolver um aplicativo de RA voltado ao ensino da Geometria Espacial, denominado *Sólidos RA*. O aplicativo foi criado utilizando a plataforma *Unity*, com suporte à leitura de *QR Codes* e à renderização de objetos tridimensionais interativos, permitindo a visualização de sólidos, suas planificações e transformações espaciais. Temos na Figura 3 sua interface e material de uso.

Figura 3. Interface e material de uso.



Fonte: Amorim (2022, p. 28).

A proposta de Amorim foi aplicada a alunos do ensino fundamental, entre 8 e 11 anos, que exploraram conceitos geométricos por meio da manipulação virtual dos sólidos. O estudo evidenciou que o uso da RA contribuiu para o desenvolvimento da visualização geométrica, favorecendo o raciocínio espacial e a construção de relações entre figuras planas e seus correspondentes tridimensionais.

Além disso, o trabalho demonstrou que, com o uso do *Sólidos RA*, é possível abordar conceitos mais específicos da Geometria Espacial, tais como o apótema de polígonos regulares, o apótema de pirâmides, as projeções ortogonais, as relações entre pontos, retas e planos, bem como a modelagem matemática de sólidos e suas transformações.

A presente pesquisa, portanto, baseia-se no software *Sólidos RA* desenvolvido por Amorim, ampliando sua aplicação para o Ensino Médio, a fim de investigar suas potencialidades como ferramenta tecnológica e pedagógica. Diferentemente do trabalho original, o foco aqui não é o desenvolvimento do aplicativo, mas a análise de sua eficácia didática e o impacto da RA na inteligência espacial e no engajamento dos estudantes.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 GEOMETRIA ESPACIAL: HISTÓRIA E CONCEITOS

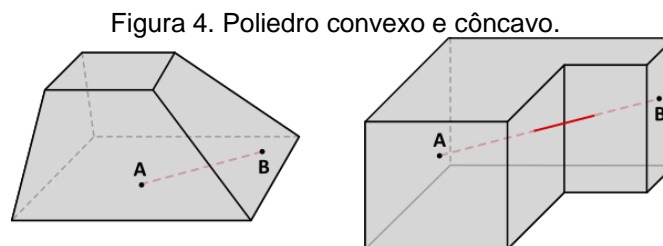
A origem dos estudos geométricos remonta às primeiras civilizações, quando povos neolíticos, egípcios e mesopotâmicos já utilizavam das noções espaciais em construções. Com a sistematização grega, a Geometria adquiriu caráter dedutivo e filosófico, consolidado por Euclides e aprofundado por pensadores como Pitágoras, Arquimedes e Platão. Séculos depois, autores como Descartes, Poncelet e Gauss expandiram o campo com novas abordagens analíticas e projetivas, enquanto Duval (1999) destacou o papel da visualização e da representação no ensino da Geometria, aspectos diretamente relacionados ao desenvolvimento da inteligência espacial.

Com o avanço das tecnologias digitais, a Geometria Espacial passou a

ser explorada de forma mais dinâmica e interativa. Recursos como o *GeoGebra 3D* e o *Sólidos RA* permitem ao estudante manipular sólidos, compreender suas propriedades e relacionar representações planas e espaciais em tempo real. Assim, a RA representa uma evolução histórica e natural da Geometria, unindo tradição científica e inovação tecnológica para a aprendizagem.

Para compreender os conceitos de Geometria Espacial é necessário conhecer os conceitos primitivos de geometria plana (ponto, reta e plano), para também incorporar os conceitos dos polígonos, com suas classificações e características, assim como do círculo e suas partes.

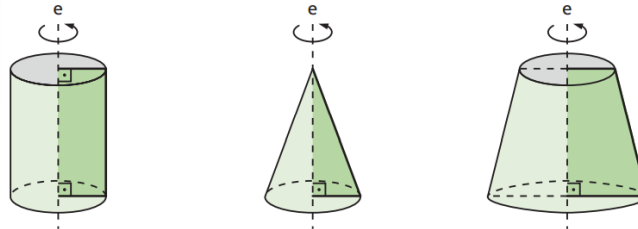
Em seguida é possível visualizar os poliedros com suas classificações e suas características. Vemos abaixo na Figura 4 a representação de um sólido convexo e um côncavo (não convexo), respectivamente, como uma característica.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Os poliedros também podem ser regulares, porém existem apenas cinco, e estes são os chamados *Sólidos de Platão*. Temos depois alguns tipos de poliedros, como o prisma e pirâmide nas suas versões retas e oblíquas. Posteriormente foram apresentados os corpos redondos, caracterizados por possuírem superfícies arredondadas. A seguir temos um cilindro reto, cone reto e seu tronco, que neste caso também são Sólidos de Revolução como mostrado na Figura 5.

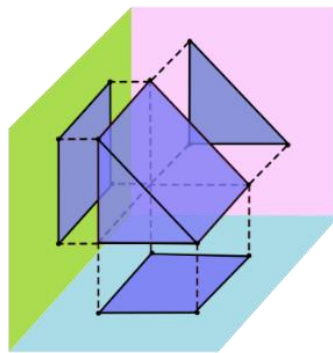
Figura 5. Exemplos de sólidos de revolução.



Fonte: Dolce & Pompeo (2013a, p. 324).

Por fim, é possível assimilar alguns conceitos de vistas e perspectivas, entendendo a partir delas as projeções ortogonais que um determinado sólido possui em um plano, sob uma perspectiva, como é mostrada na Figura 6.

Figura 6. Vista superior, frontal e lateral de um sólido.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

3.2 REALIDADE AUMENTADA

A RA é a tecnologia que mescla o ambiente real com o digital, ampliando assim os elementos que possuem em seu mundo. Esta tecnologia pode aparecer de diversas formas para seus usuários:

- Forma instrutiva: para a orientação de ações em uma indústria, como um caminho a ser percorrido ou ainda a sequência de teclas a se operar em uma máquina;
- Redução: representação animada de coisas que podem ser extremamente grandes como o sistema solar, ou ilhas;
- Ampliação: representação animada de células ou bactérias;
- Corpo humano: exposição de órgãos como o coração, veias e ossos;
- Animais: representação de animais que não comuns ou que já estão

extintos.

A RA inicia-se na década de 1960, mas por Kirner & Tori (2006) temos que:

“O termo *Realidade Aumentada* foi cunhado em 1990 por Tom Caudell, da Boeing, ao desenvolver um sistema de auxílio para montagem de aeronaves. Posteriormente, Ronald Azuma, em 1997, sistematizou conceitos fundamentais que caracterizam esta tecnologia.” (KIRNER; TORI, 2006, p. 23).

Ela vem avançando significativamente dentro da área, podendo ser utilizada através de óculos com câmeras de alta precisão, capacetes e ainda aparelhos *smartphone* ou *tablet* com leituras em *cards* a partir da biblioteca criada *ARToolKit*.

Em 2016 ela chamou a atenção de pessoas até então não conhecedoras da tecnologia, com jogos como *Pokémon GO* lançado pela *Nintendo* que combinava a geolocalização com a realidade como mostra a Figura 7.

Figura 7. Jogo *Pokémon Go*.



Fonte: <https://exame.com/tecnologia/o-que-e-realidade-aumentada-chave-do-sucesso-de-pokemon-go/>

Ela também traz consigo impactos sociais, ao construir experiências interativas, contribuindo por exemplo na educação à aprendizes cinestésicos e visuais, que necessitam de uma maior interação para que seu aprendizado seja significativo.

Embora suas grandes potencialidades, ainda há pouco incentivo as empresas e profissionais ao uso desta tecnologia. Cabe ainda aos profissionais das áreas tecnológicas proporcionarem treinamentos e direcionamentos sobre as contribuições que seu uso pode gerar, para que mais investimentos sejam

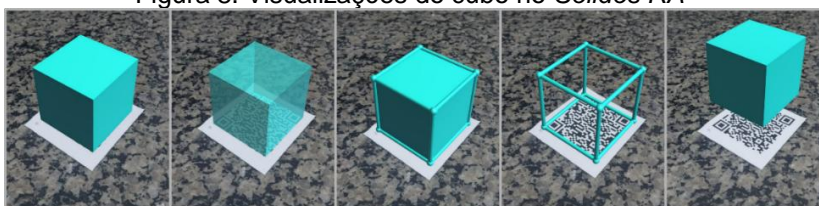
direcionados a utilização desta tecnologia.

3.3 SOFTWARE: *SÓLIDOS RA*

Nesta dissertação a RA foi apresentada a partir do aplicativo construído para o trabalho de conclusão de curso de Amorim (2022), à alunos do 8º e 9º ano do ensino fundamental. Atualmente ele está disponível no *Play Store* para *smartphones* e *tablets Android*.

A RA neste caso é vista quando o dispositivo de câmera embutido no aparelho, lê o cartão de *QR Code*. Dentro do aplicativo há diversos recursos que podem ser utilizados para o ensino da Geometria Espacial, mas a seguir serão destacados apenas algumas. Pela Figura 8 é possível ver o poliedro de diferentes maneiras para que sejam distinguidos seus elementos.

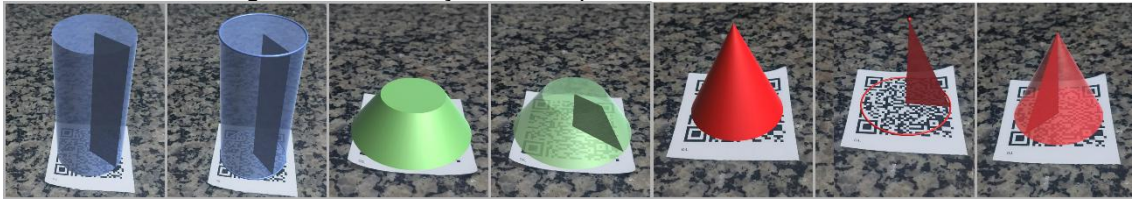
Figura 8. Visualizações do cubo no *Sólidos RA*



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O campo de *visualização* permite que os poliedros sejam vistos e manipulados (rotacionados) para que o estudante possa interagir com o sólido, através do contato com a tela, mas também rotacionando em torno do *QR Code*. Ainda no campo de *visualização* temos a possibilidade de ver alguns corpos redondos. O diferencial em relação aos poliedros, é a possibilidade de ver animação do polígono que faz o corpo redondo também ser um sólido de revolução, como é possível visualizar na Figura 9.

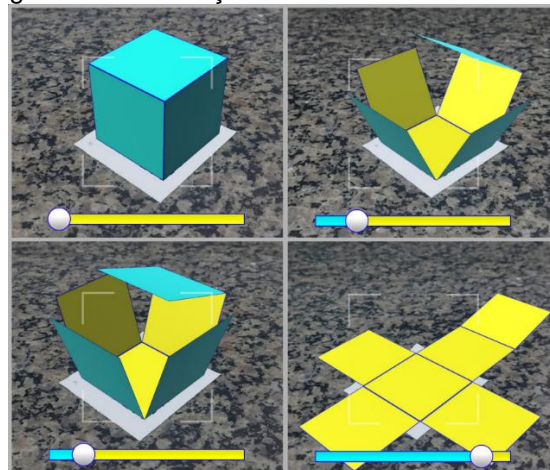
Figura 9. Visualizações de corpos redondos no *Sólidos RA*



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Mais adiante há o campo de *planificações*, onde alguns poliedros e corpos redondos podem ser planificados também na forma de animação, para que o aluno compreenda as figuras planas que revestem o sólido, como demonstrado com o cubo na Figura 10.

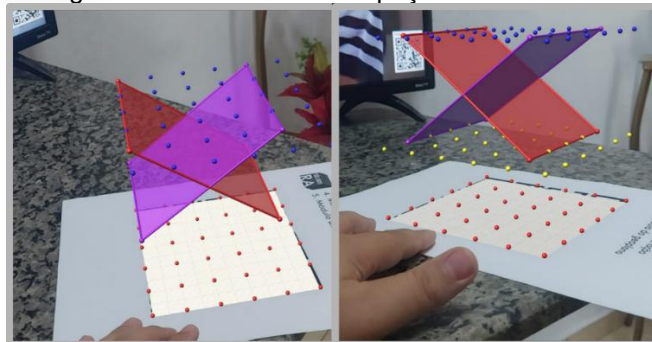
Figura 10. Planificação de um cubo no *Sólidos RA*.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Um último campo mencionado é o *Geoplano Espacial*, que permite construir sólidos de forma livre. E ainda, essa funcionalidade permite que o docente possa também desenvolver os conceitos iniciais da Geometria Espacial, como posição entre ponto e reta, posição entre retas, posição entre planos etc., como sugere a Figura 11.

Figura 11. Planos no Geoespaço do *Sólidos RA*.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

É válido destacar que o aplicativo tem outros campos que podem complementar as formas de ensino desta área de matemática. Assim como, temos os campos do *Geoplano Quadrado* e *Circular* que proporciona a construção e visualização de elementos da Geometria Plana. O aplicativo não possui seus campos voltados para o ensino de algum assunto específico de geometria, mas serve como um auxílio aos docentes e estudantes para que construam os elementos dos sólidos e o nomeiem de acordo com a orientação de seus professores.

4 METODOLOGIA

Dois grupos de uma escola estadual paulista (2^a e 3^a séries do ensino médio) participaram de encontros sobre Geometria Espacial. A 2^a série utilizou RA na construção dos conceitos, enquanto a 3^a realizou as mesmas atividades sem esse recurso, permitindo comparar a aprendizagem entre os grupos.

Comparar dois grupos que recebem ou não determinado recurso caracteriza uma pesquisa experimental, conforme explica Fonseca (2022):

“A pesquisa experimental seleciona grupos de assuntos coincidentes, submete-os a tratamentos diferentes, verificando as variáveis estranhas e checando se as diferenças observadas nas respostas são estatisticamente significantes. [...] Os efeitos observados são relacionados com as variações nos estímulos, pois o propósito da pesquisa experimental é apreender as relações de causa e efeito ao eliminar explicações conflitantes das descobertas realizadas.” (FONSECA, 2002, p. 38).

Nesse caso, a 2ª série, que utilizou a ferramenta de RA durante o processo de aprendizagem, constitui o grupo experimental, enquanto a 3ª série, que estudou os mesmos conteúdos sem o uso da tecnologia, compõe o grupo de controle. Para os encontros, foram preparados slides com os conteúdos, de forma semelhante aos que atualmente são utilizados pelos docentes. Aos alunos da 2ª série, os slides e as atividades foram adaptados para possibilitar a utilização do aplicativo, como mostra a Figura 12.

Figura 12. Slide de atividade do encontro.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Para cada encontro havia dois momentos de atividades em grupos, mas por fim um questionário do *Google Forms* para ser preenchido de forma individual pelos estudantes, com quatro questões sobre o conteúdo visto, tendo que duas delas eram questões do ENEM, verificando assim também o quanto o estudo com a utilização da RA pode acarretar bons resultados para avaliações como está.

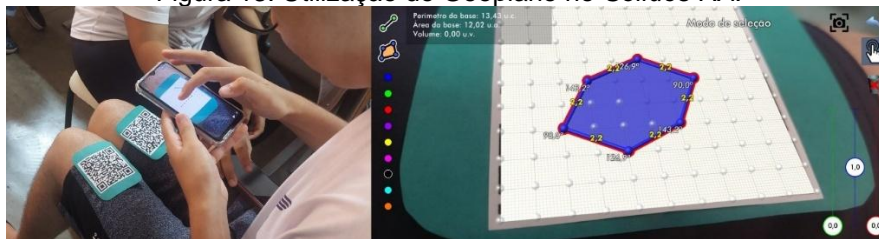
Quando é feito o *download* do aplicativo no aparelho móvel, é solicitado um *e-mail* para que o material dos *QR Codes* seja enviado. Este material foi destrinchado através de apostilas e *cards* para que os estudantes utilizassem apenas as que correspondessem ao conteúdo do encontro.

5 APLICAÇÕES E RESULTADOS

Embora houvesse cinco encontros preparados, apenas três deles foram aplicados para que não interferisse com os horários escolares. Os encontros ocorreram na Escola Estadual de Ensino Integral Francisco Pessoa, na cidade

Presidente Prudente, interior do Estado de São Paulo. O primeiro encontro recordou conceitos de Geometria Plana e os alunos que tiveram um maior contato com a RA, puderam desenvolver atividades com o *Geoplano Quadriculado*. Na Figura 13 vemos que o aluno pôde construir um hexágono, verificar que ele era equilátero, mas não regular.

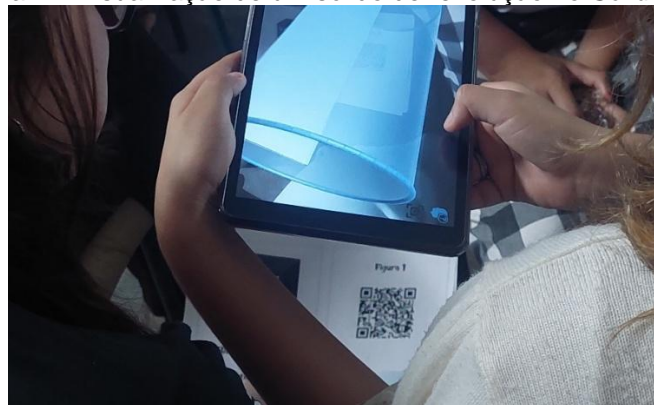
Figura 13. Utilização do Geoplano no *Sólidos RA*.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

No segundo encontro os alunos iniciaram a Geometria Espacial com os Corpos Redondos e Sólidos de Revolução. Na Figura 14 vemos que o aluno pôde visualizar o cilindro com os círculos das bases em destaque, e ao mesmo tempo um retângulo estava em movimento dentro do sólido, mostrando que aquele é um sólido de revolução.

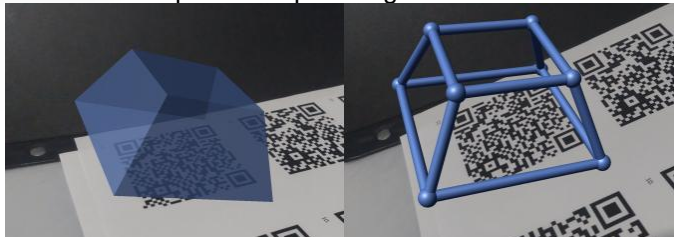
Figura 14. Visualização de um sólido de revolução no *Sólidos RA*



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

No terceiro encontro, foram apresentados os diversos tipos de poliedros, e os alunos puderam explorar as visualizações dos sólidos, como mostrado na Figura 15. Nessa atividade, foi possível remover o interior e as faces das figuras, de modo que permanecessem em destaque apenas as arestas e os vértices.

Figura 15. Tronco de pirâmide quadrangular rotacionada no *Sólidos RA*

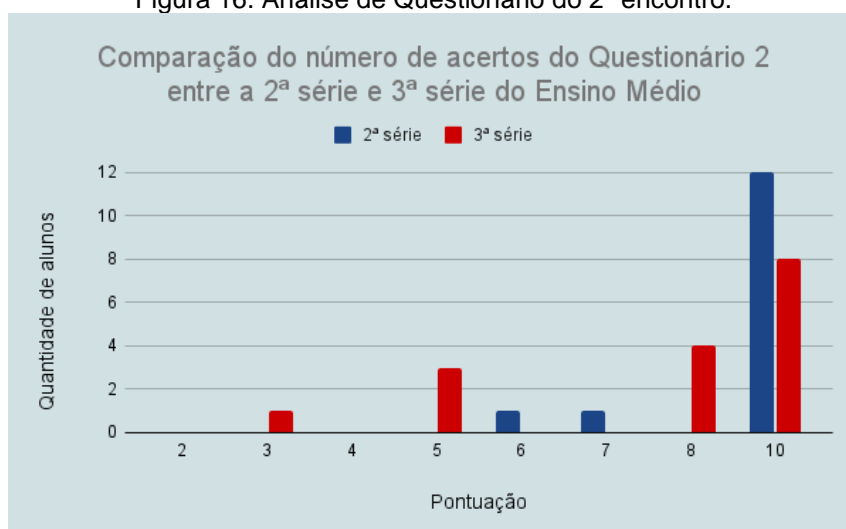


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Neste mesmo encontro, uma das atividades consistiu em um *caça-tesouro*, no qual o estudante sorteava uma característica (por exemplo: possuir cinco vértices, apresentar faces laterais triangulares, etc.) e deveria procurar, entre todos os sólidos, aqueles que correspondiam à característica sorteada — os chamados “tesouros”.

Em todos os encontros, os questionários aplicados valeram 10 pontos. Como se observa no gráfico da Figura 16, a 2ª série superou a 3ª série em número de alunos com notas máximas, resultado que se repetiu em dois dos encontros. Esse fato indica que os alunos expostos à tecnologia apresentaram melhor assimilação dos conceitos e desempenho acima do esperado para sua etapa escolar.

Figura 16. Análise de Questionário do 2º encontro.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ao término do último encontro, aplicou-se o teste de usabilidade elaborado por Martins, Guimarães e Corrêa (2013) para avaliar a percepção dos

alunos quanto ao uso do Sólidos RA. O instrumento, baseado na escala tipo *Likert* com cinco níveis de concordância (1 – *discordo totalmente*; 2 – *discordo parcialmente*; 3 – *não concordo nem discordo*; 4 – *concordo parcialmente*; 5 – *concordo totalmente*), apresentou aceitabilidade de 98% entre os participantes, indicando alto grau de satisfação com a tecnologia e com o aplicativo.

6 CONCLUSÃO

Embora o objetivo geral deste trabalho seja evidenciar como a RA pode contribuir para uma aprendizagem mais significativa em Matemática, sua construção envolve diversos aspectos relevantes. Entre eles, destaca-se a importância de estimular a inteligência espacial dos estudantes, uma habilidade que ultrapassa o contexto escolar e deve ser continuamente desenvolvida. Reconhecer a inteligência espacial como distinta da lógico-matemática é igualmente essencial, pois ambas, no ambiente educacional, demandam ações intencionais do professor de Matemática para serem efetivamente estimuladas.

Nos últimos anos, observam-se avanços significativos nos investimentos voltados ao ensino público do Estado de São Paulo. Contudo, é necessário refletir se tais investimentos têm, de fato, promovido melhorias na aprendizagem. Ao repensar as aplicações desses recursos, podem emergir novas estratégias capazes de alinhar melhor as ações pedagógicas às necessidades reais dos estudantes.

Compreender a percepção espacial como um eixo que exige atenção específica pode orientar o direcionamento de investimentos na área da Matemática, favorecendo a apropriação dos conteúdos e resultados mais consistentes dentro e fora da escola. A RA, nesse sentido, não apenas facilita o ensino, mas também remove barreiras que historicamente dificultam a compreensão da Geometria. O estudante pode ter domínio de cálculos e fórmulas, mas tais conhecimentos se tornam limitados quando não há clareza visual sobre as situações geométricas apresentadas.

Por fim, cabe aos docentes buscarem constante aperfeiçoamento de suas práticas e, aos órgãos responsáveis pela supervisão educacional, refletir se os

investimentos realizados estão contribuindo não apenas para o ensino, mas também para a aprendizagem efetiva dos alunos.

REFERÊNCIAS

- SMOLE, K. C. S. **Múltiplas Inteligências na Prática Escolar**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação a Distância, 1999.
- Secretaria de Educação vai investir R\$ 1,5 bi em tecnologia para escolas estaduais**. SEDUC, 13 de janeiro de 2021. Disponível em: <<https://www.educacao.sp.gov.br/governo-de-sp-vai-investir-r-15-bi-em-tecnologia-para-escolas-estaduais/>>. Acesso em: 05 set. 2025.
- AMORIM, H. F. S. **Sólidos RA: contribuições para o desenvolvimento da visualização geométrica por meio da Realidade Aumentada**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Matemática) – Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2022.
- BOYER, Carl B.; MERZBACH, Uta C. **História da Matemática**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2012.
- RASEHD, R. **Ciências Matemáticas da Terra**. AL-FURQÂN. Disponível em: <https://al-furqan.com/earths-mathematical-sciences/?utm_source=>. Acesso em: 05 set. 2025.
- MULLER, Joann. **I used Ford's mixed reality tech to quality-check an engine**. AXIOS, 9 de julho de 2024. Disponível em: <<https://www.axios.com/2024/07/09/ford-hololens-augmented-reality>>. Acesso em: 04 set. 2025.
- KIRNER, Claudio; TORI, Romero. **Realidade Virtual e Aumentada: conceitos, projeto e aplicações**. Porto Alegre: Editora SBC, 2006.
- Amorim, L. L. **Contribuições do aplicativo Sólidos RA para o desenvolvimento da visualização geométrica na perspectiva da realidade aumentada**, 2022. Instituto Federal do Espírito Santo, 2022.
- SIEGKAS, Petros. **A computational geometry generation method for creating 3D printed composites and porous structures**. *Materials*, v. 14, n. 10, p. 2507, 2021.
- GUIMARÃES, Marcelo de Paiva; CARDOSO, Alexandre; PINHO, Marcos. **Tendências e Técnicas em Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre: SBC – Sociedade Brasileira de Computação, 2013. v. 3.
- FONSECA, João José Saraiva da. **Metodologia da pesquisa científica**. Universidade Estadual do Ceará, 2002.

MARTINS, V. F.; CORRÊA A. G. D.; GUIMARÃES M. P. **Avaliação de Usabilidade para Aplicações de Realidade Aumentada.** In: Tendências e Técnicas em Realidade Aumentada, v. 3, p. 138-156, 2013.

MANDELBROT, B. B. ***The fractal geometry of nature.*** San Francisco: W. H. Freeman and Company, 1975.

DUVAL, Raymond. ***Registros de representação semiótica e funcionamento cognitivo do pensamento.*** In: MACHADO, Silvia Dias Alcântara (Org.). *Aprendizagem em Matemática: Registros de representação semiótica.* Campinas: Papyrus, 1999. p. 11–33.