

A realidade aumentada como uma possibilidade para o trabalho com sólidos geométricos

RESUMO

Este artigo apresenta uma pesquisa de natureza qualitativa, que versa sobre a utilização do aplicativo Sólidos RA, de realidade aumentada, com fins pedagógicos em atividades no ensino de Geometria. O objetivo foi investigar como um aplicativo de realidade aumentada pode contribuir para a compreensão dos sólidos geométricos por estudantes do Ensino Fundamental. Para análise dos resultados obtidos, utilizou-se como aporte metodológico a teoria significativa ancorada na abordagem qualitativa. Particularmente havia o interesse em perceber de que forma esse aplicativo poderia favorecer o desenvolvimento das habilidades de visualização dos estudantes, de modo a contribuir com a construção do conhecimento em Geometria. Como parâmetro para análise dos resultados, utilizou-se o conceito de aprendizagem significativa como aporte teórico, considerando aspectos como organização de conteúdo, compreensão de conceitos e integração de novos conhecimentos com os já existentes, dentro do ensino de Geometria. Por fim, a análise das atividades demonstrou que houve indícios de engajamento e motivação dos estudantes proporcionados pela visualização de conceitos de Geometria disponibilizados pelo aplicativo, reorganizando a forma de construção de conhecimento pelos estudantes envolvidos nesta pesquisa. O uso do aplicativo possibilitou uma resposta dentro da concepção da teoria de aprendizagem significativa, pois assegurou uma mudança de prioridade na construção dos conceitos de sólidos geométricos, uma vez que, em vez de priorizarem a memorização, passaram a dar importância à compreensão dos conceitos apresentados. Concluiu-se que o ensino da Geometria, apoiado na utilização de aplicativos de realidade aumentada pode proporcionar um modelo distinto para a construção do conhecimento.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologias Digitais; Realidade Aumentada; Sólidos Geométricos.

Anne Maiara Seidel Luciano

anne.luciano@escola.pr.gov.br

orcid.org/0009-0005-4953-8906

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, Paraná, Brasil

André Ricardo Antunes Ribeiro

aribeiro1075@gmail.com

orcid.org/0000-0002-1951-594X

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, Paraná, Brasil

Renata Oliveira Balbino

renata.balbino@escola.pr.gov.br

orcid.org/0000-0003-3402-3422

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, Paraná, Brasil

Marco Aurélio Kalinke

kalinke@utfpr.edu.br

orcid.org/0000-0002-5484-1724

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, Paraná, Brasil

Augmented reality as a possibility as for approach with geometric solids

ABSTRACT

This article presents qualitative research, which deals with the use of the Solids RA application, augmented reality, for pedagogical purposes, in geometry teaching activities. The objective was to investigate how an augmented reality application can contribute to the understanding of geometric solids by elementary school students. To analyze the results obtained, the significant theory anchored in the qualitative approach was used as a methodological contribution. Particularly there was an interest in understanding how this application could favor the development of students' visualization skills, in order to contribute to the construction of knowledge in geometry. As a parameter for analyzing the results, the concept of meaningful learning was used as a theoretical contribution, considering aspects such as content organization, understanding of concepts and integration of new knowledge with existing knowledge, within geometry teaching. Finally, the analysis of the activities demonstrated that there were signs of student engagement and motivation provided by the visualization of geometry concepts made available by the application, reorganizing the way in which knowledge was constructed by the students involved in this research. The use of the application enabled a response within the conception of meaningful learning theory, as it ensured a change in priority in the construction of concepts of geometric solids, since, instead of prioritizing memorization, they began to give importance to understanding the concepts presented. It was concluded that the teaching of geometry, supported by the use of augmented reality applications, can provide a distinct model for the construction of knowledge.

KEYWORDS: Digital Technologies; Augmented Reality; Geometric Solids.

INTRODUÇÃO

A presença e o uso das tecnologias digitais (TDs) na sociedade vêm transformando os meios de comunicação e informação em diversos setores. Uma das suas particularidades é a possibilidade de auxiliar na prática de tarefas simultâneas, com maior rapidez e sem a necessidade da presença dos usuários em um mesmo ambiente físico. É possível perceber uma tendência de crescimento relativo ao uso de dispositivos digitais, tais como computadores e redes de comunicação de dados, os quais vêm se mostrando cada vez mais presentes na sociedade (Lévy, 2021). Além disso, a expansão do acesso às TDs reorganizou hábitos e necessidades, como de trabalho e de organização social dos indivíduos, impactando particularmente a realidade escolar, trazendo novos ritmos e dimensões às tarefas de ensinar e de aprender (Kenski, 2018; Motta & Kalinke, 2021).

Especificamente no contexto da Educação Matemática, o uso de recursos digitais têm se mostrado relevante como forma de despertar o interesse dos estudantes. Algumas TDs têm sido utilizadas como proposta de mediação pedagógica em diversas situações de ensino e, além disso, para o filósofo Pierre Lévy (Fernandes, 2020; Lévy, 2021), as tecnologias digitais possibilitam a construção do conhecimento mediante processos de colaboração em grupos e contribuem para o surgimento de uma inteligência coletiva.

O Grupo de Pesquisa sobre Tecnologias na Educação Matemática (GPTEM), descreve que no âmbito da Educação Matemática, recursos têm sido explorados em investigações propostas por pesquisadores em diversos programas de pós-graduação, tanto *lato* quanto *stricto sensu*, e grupos de pesquisa. Nesta dinâmica, novas tecnologias vêm sendo testadas e experimentadas, em busca de compreensões sobre suas possibilidades nos processos de ensino e aprendizagem de Matemática. Neste texto, em particular, direciona-se um olhar às possibilidades de inserção da Realidade Aumentada (RA) nestes processos.

Tori (2017) menciona a RA como uma tecnologia que busca criar um mundo virtual à parte, e tem o objetivo de suplementar o mundo real com objetos virtuais, gerados computacionalmente, de tal forma que simulem coexistir no espaço real. Para explorá-la, basta um dispositivo como um *smartphone*, associado a um aplicativo que pode ser usado para explorar um cenário virtual no qual se insira (ou aborde) um determinado conteúdo. Por suas características visuais, a RA abre diversas possibilidades de aplicação para o ensino, sobretudo no conteúdo programático de Geometria, no caso da Matemática.

Considerando a visualização espacial como uma importante habilidade de simulação para compreensão e resolução de problemas, e sabendo que a RA possibilita inserir objetos virtuais no mundo real, proporcionando ao usuário uma possibilidade distinta de compreensão do conteúdo, este trabalho busca responder ao seguinte questionamento: como um aplicativo de realidade aumentada pode contribuir para a compreensão dos sólidos geométricos por estudantes do Ensino Fundamental?

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Em vistas de responder à questão apresentada, adotou-se uma abordagem qualitativa, em que a pesquisa se dá no ambiente natural, o pesquisador está presente no local, participando ativamente das experiências reais dos sujeitos da pesquisa (Creswell, 2014). Para isso, foi organizada uma estratégia pedagógica que contemplasse os módulos de visualização, planificação e criação, disponíveis nesse aplicativo. Esta estratégia foi baseada nas três primeiras etapas estabelecidas na proposta metodológica de Amorim (2022) e foram adaptadas segundo o objetivo desta pesquisa. Cada um dos módulos permite maneiras diferentes de interatividade com objetos geométricos em RA.

Para análise dos resultados obtidos, utilizou-se como aporte metodológico a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel (2003). De modo específico, Moreira (2019) conceitua aprendizagem significativa como:

[...] um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimentos específica, a qual Ausubel define como conceito subsunçor, ou simplesmente subsunçor, existente na estrutura cognitiva do indivíduo (Moreira, 2019, p. 161).

Os subsunçores considerados nesta pesquisa foram os conceitos geométricos de ponto, reta, plano e polígonos e foram realizadas revisões expositivas para a retomada desses conceitos. No intuito de possibilitar a interação entre os subsunçores e o conceito de poliedros, como nova informação, optou-se pela utilização do aplicativo Sólidos RA. Segundo Ausubel (2003, p. 8), o aprendizado de novos conceitos é resultado da “interacção entre as ideias acabadas de introduzir e as ideias relevantes existentes (ancoradas)”. Para a verificação do processo de retenção, que resulta da relação entre as ideias já fundamentadas e os novos significados desenvolvidos, foram observadas as diversas possibilidades exploradas pelos estudantes para as construções realizadas no aplicativo Sólidos RA.

A estratégia pedagógica foi organizada seguindo a linha proposta por Gutiérrez (1996), que visou identificar as habilidades específicas de visualização dos estudantes, cujas abordagens trabalhadas foram: percepção figura-fundo (ato de observar a figura isolada em um fundo complexo); constância perceptiva (não confundir as características e propriedades de um objeto mediante sua movimentação ou características do traço de sua representação); rotação mental (construir imagens mentais e imaginá-las em movimento); percepção de relações espaciais (construir relações entre objetos observados e discriminação visual); observar as diferenças ou semelhanças entre objetos, imagens ou imagens mentais.

As atividades foram aplicadas durante três aulas, em duas turmas de 8º ano do Ensino Fundamental, em um Colégio Estadual localizado na Cidade de Curitiba, Paraná, em outubro de 2023. Cada turma era composta por aproximadamente 35 estudantes.

O APLICATIVO SÓLIDOS RA COMO UM RECURSO EDUCACIONAL

Os principais documentos de orientações curriculares referentes ao ensino e à aprendizagem, como a Base Nacional Comum e Curricular (BNCC), os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e as Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná (DCE), destacam a importância do uso de TD no ensino da Matemática. Segundo as DCE para Educação Básica na área de Matemática (Paraná, 2008), as TDs têm favorecido as experimentações matemáticas e potencializado formas de resolução de problemas.

Segundo pesquisadores do uso das tecnologias em educação (Mattar, 2017; Kenski, 2018; Motta & Kalinke, 2021), as TDs podem potencializar os processos de ensino e de aprendizagem. Em uma aula expositiva, estes recursos auxiliam professores e estudantes a construir conceitos e compartilhar conhecimentos, criando um ambiente interativo e dinâmico para os envolvidos nos processos educacionais.

Nos processos educacionais de Matemática, uma das temáticas nas quais as TDs podem colaborar é em relação à visualização geométrica. Gutiérrez (1996) define essa visualização como um tipo de atividade de raciocínio baseada no uso de elementos visuais ou espaciais, mentais ou físicos, realizada para resolver problemas ou provar propriedades. A visualização é integrada por quatro elementos principais: imagens mentais, representações externas, processos de visualização e habilidades de visualização (Gutiérrez, 1996, p. 9).

Os estudos de Boaler (2016) corroboram com as ideias de Gutiérrez (1996), destacando os impactos positivos da visualização geométrica para o sistema cognitivo humano. Ainda, segundo Boaler (2016), quando estudantes aprendem por meio de modelos visuais, a compreensão Matemática é reorganizada e eles passam a ter acesso a novas e diferentes compreensões de conhecimentos.

Neste sentido, a RA surge como uma alternativa, ao ampliar as possibilidades de visualização de fenômenos matemáticos. As características da RA, quanto à projeção de objetos virtuais em ambientes reais, contribuem com a visualização de elementos geométricos que seriam complexos de serem reproduzidos sem o auxílio de ambientes digitais. Desse modo, ela possibilita criar formas de interação mais instigantes para os envolvidos nos processos de ensino e de aprendizagem de Matemática.

Para Kirner e Kirner (2011), a RA propicia a inserção de objetos virtuais no ambiente físico, apresentados em tempo real ao usuário a partir de algum dispositivo tecnológico. De forma prática, ela utiliza a interface do ambiente real, adaptada para visualizar e manipular os objetos reais e virtuais, visando proporcionar a interatividade com o usuário mediada pela sensação de realismo ofertada pelo recurso digital, minimizando a lacuna entre o real e o virtual.

Trata-se de um sistema associado ao mundo real, no qual são acrescentados aos objetos reais componentes virtuais, como imagens, sons e vídeos, os quais podem contribuir para uma aprendizagem mais interativa. A RA pode ser explorada em um determinado ambiente ou objeto real por meio de dispositivos digitais, como *tablets* e *smartphones*.

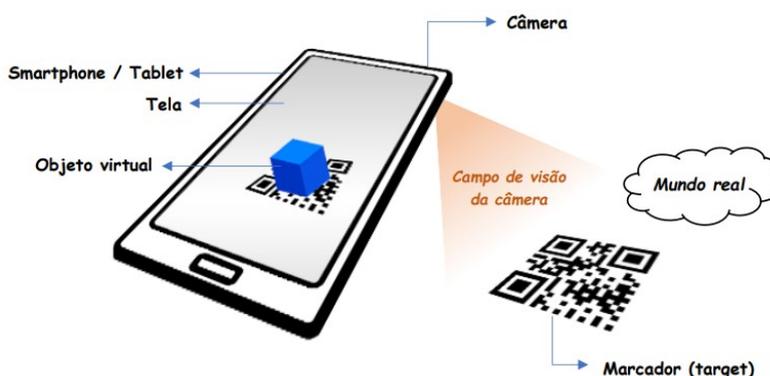
Azuma (1997), considera que um sistema de RA deve possuir três características: combinação de objetos reais e virtuais no ambiente real;

execução interativa em tempo real; e alinhamento de objetos reais e virtuais entre si. Os sistemas de RA são caracterizados conforme o tipo de dispositivo utilizado, envolvendo visão ótica ou visão por vídeo, dando origem a quatro tipos de sistemas: Sistema de visão ótica direta (*Optical see-through HMD*); Sistema de visão direta por vídeo (*Video see-through HMD*); Sistema de visão por vídeo baseada em monitor (*Monitor-Based Augmented Reality*) e Sistema de visão ótica por projeção (*Projector-based Augmented Reality*) (Kirner & Zorzal, 2005).

Dentre as características consideradas por Azuma (1997), para os sistemas de RA, o trabalho aqui apresentado versa sobre o sistema de visão ótica por projeção, que utiliza a superfície do ambiente real, na qual são projetadas imagens dos objetos virtuais, conforme ilustrado pela Figura 1.

Figura 1

Esquema de RA para um dispositivo móvel.



Fonte. De Amorim, L. L. (2022). *Contribuições do Aplicativo Sólidos RA para o desenvolvimento da aplicação geométrica na perspectiva da realidade aumentada*. [Monografia, Instituto Federal do Espírito Santo]. Repositório do Instituto Federal do Espírito Santo: <https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/2406>

Segundo Amorim (2022), a técnica de utilizar a tecnologia de RA em dispositivos móveis surgiu devido ao aumento do poder de processamento, tamanho da tela e por apresentar um custo mais acessível quando comparado a outros dispositivos. Neste caso, o sistema adotado, no qual se utiliza uma câmera para obter as imagens do mundo real, unindo esta imagem com objetos virtuais, e apresentando esta composição na tela do dispositivo móvel, torna-a um modelo tangível.

Considerando o ensino de Geometria, essa característica de tangibilidade da RA pode ser relevante quando utilizada estrategicamente como recurso de mediação, visando a compreensão dos conteúdos pelos estudantes. Portanto, possibilitar que eles experimentem e explorem essas TDs na educação, incentiva o desenvolvimento de habilidades técnicas e de visualização que têm se tornado fundamentais no contexto educacional, especificamente de Matemática.

O aplicativo Sólidos RA, voltado para o ensino de Geometria com RA, utilizado neste trabalho, foi desenvolvido por Amorim (2022) no Instituto Federal do Espírito Santo. Na versão utilizada, identificada como 4.1, o aplicativo apresenta cinco funcionalidades, ou módulos: Visualização e Planificação, Criação, Modelagem e Geoplano, exibidos em sua tela inicial, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2

Menu principal dos Sólidos RA e material de apoio para realização das atividades

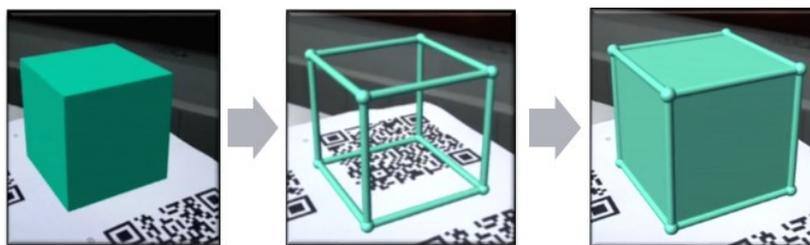


Fonte. Autoria própria (2023).

Para a utilização de cada um desses módulos, é necessário realizar previamente a impressão dos QR *codes* disponíveis em cada um deles. O módulo Visualização, apresenta 42 sólidos geométricos disponíveis para visualização e interação. Para utilizá-los, o estudante deve apontar a câmera de seu dispositivo para um dos QR *codes*. A Figura 3 ilustra a visualização e manipulação de um hexaedro regular (cubo).

Figura 3

Módulo Visualização: Manipulação de um cubo



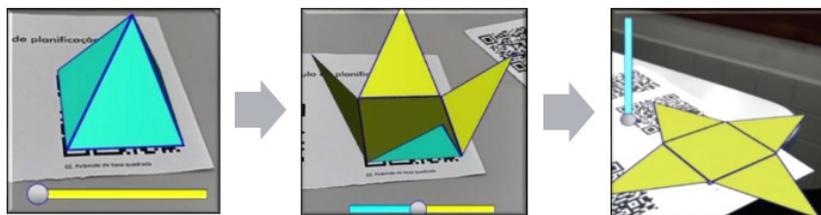
Fonte. Autoria própria (2023).

Ao apontar a câmera para uma das opções disponíveis, o objeto referente ao QR *code* selecionado é exibido na tela do dispositivo. O estudante pode interagir com ele, selecionando faces distintas, realizando operações de translação, rotação e escala e, ainda, optar por exibir ou não as arestas e vértices dos sólidos.

No módulo Planificação, ilustrado na Figura 4, o estudante pode visualizar a animação de planificação dos sólidos geométricos disponíveis. Este módulo disponibiliza o movimento e o controle deslizante, que são modificados diretamente na tela do *smartphone*.

Figura 4

Planificação da pirâmide de base quadrada



Fonte. Autoria própria (2023).

No módulo Criação, o estudante visualiza um sistema de coordenadas 3D com eixos: x, y e z, respectivamente nas cores vermelho, verde e azul. Este módulo permite a construção de objetos em RA por meio da manipulação de sólidos geométricos e corpos redondos, tais como: o cubo, a esfera, o cilindro, o cone, a pirâmide e a semiesfera, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5

Módulo Criação



Fonte. Autoria própria (2023).

Na criação de qualquer sólido geométrico, o usuário pode clicar no ícone do objeto desejado, e ele será criado na origem do sistema de coordenadas da cena. A descrição de todos os módulos do aplicativo seria extensa e desnecessária para o que se propõe neste trabalho. Assim, optou-se por apresentar os módulos utilizados na estratégia pedagógica proposta nesta pesquisa.

APLICAÇÕES DAS ATIVIDADES

Na primeira atividade a preparação foi realizada de forma individual, assim, cada estudante recebeu instruções para baixar o aplicativo e como usar cada um dos módulos. No decorrer das atividades os estudantes foram observados durante as atividades com o objetivo de mensurar-se a compreensão e a usabilidade pedagógica, como também, de conteúdo e de interface do Sólidos RA.

Ainda na primeira atividade, os estudantes receberam o material de apoio e os QR codes impressos, referentes ao módulo Visualização. Ao serem

questionados se sabiam o que era RA, a maioria dos estudantes demonstrou não conhecer o termo e muitos associaram esse termo a jogos, aos animais tridimensionais disponíveis no Google e ao termo 3D.

Posteriormente, receberam uma informação mais precisa sobre o que é RA e que eles a utilizariam a partir de seus *smartphones* para realizar diferentes atividades de Geometria naquela atividade e nas seguintes. Nesta etapa, a ideia foi explorar a criação de figuras planas e tridimensionais para saber identificar algumas de suas propriedades e nomeá-las.

Na sequência, os estudantes acessaram o módulo de Visualização, o qual permite a visualização de diferentes sólidos geométricos. Nesta etapa, a intenção era explorar a criação de figuras planas e tridimensionais para saber identificar algumas de suas propriedades e nomeá-las. Neste módulo há um total de 42 sólidos geométricos disponíveis para visualização e interação. Por se tratar de uma turma de 8º ano, trabalhou-se com os sólidos: cubo, pirâmide regular quadrangular, pirâmide regular pentagonal, pirâmide regular hexagonal e prisma reto quadrangular, que são estruturas geométricas com as quais eles já haviam tido contato prévio.

Os estilos visuais disponíveis no Sólidos RA podem contribuir para o reconhecimento dos sólidos geométricos e para a contagem do número de arestas, de vértices e de faces. Os diferentes estilos visuais, associados com a aplicação de rotação nos sólidos, podem colaborar com a visualização sob diversas perspectivas para o estudante.

Explorando o conceito de aprendizagem significativa, após a utilização do aplicativo, foi pedido aos participantes que respondessem as atividades ilustradas na Figura 6.

Durante a retomada, antes de usar o aplicativo, ao mostrar a imagem do cubo, os estudantes confundiram com a figura do “quadrado”, o que deu mostras de que não sabiam distinguir a diferença entre figuras planas em polígonos (quadrado) e figuras espaciais em poliedros (cubo). Essa dificuldade foi tratada com mais profundidade na atividade seguinte.

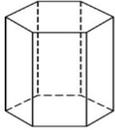
Nesta segunda atividade, ao trabalhar com o módulo Planificação, os estudantes puderam perceber a relação da planificação com o respectivo sólido e observar que existem várias maneiras de representar a planificação de um mesmo sólido geométrico. Foram trabalhadas as planificações do cubo, paralelepípedo retângulo; prismas de base triangular e de base pentagonal regular e, das pirâmides de base quadrangular, base triangular regular (tetraedro) e de base pentagonal.

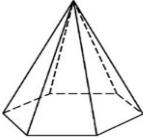
O aplicativo Sólidos RA possui animação. Para obtê-la, basta clicar na barra colorida do aplicativo e as faces do sólido geométrico projetado abrem e fecham, passando da planificação da figura para a sua forma espacial, ou seja, do bidimensional para o tridimensional. Essa possibilidade tem potencial para auxiliar na compreensão da diferença entre figuras de duas e três dimensões, o que pode contribuir para sanar a dificuldade mostrada pelos estudantes ao final da atividade anterior.

Figura 6

Atividade proposta após a aplicação do módulo Visualização

Identifique qual é o prisma e qual é a pirâmide, ligando o ponto da representação de cada sólido geométrico ao respectivo formato.

 Pirâmide

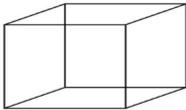
 Prisma

Agora escreva uma diferença e uma semelhança entre eles:

Semelhança: _____

Diferença: _____

Escreva cada elemento no respectivo esboço:



Fonte. Autoria própria (2023)

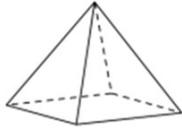
Na sequência, foi aplicada a atividade ilustrada na Figura 7, e foi solicitado que a respondessem individualmente e sem a realização de pesquisas na internet, consultando apenas as suas anotações.

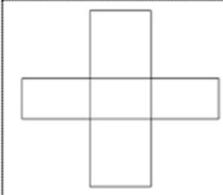
Figura 7

Atividade proposta após a aplicação do módulo Planificação

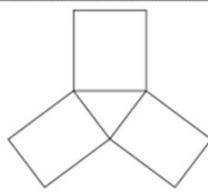
Marque, com um X, qual é a única planificação correta do sólido geométrico associado.

Sólido geométrico associado

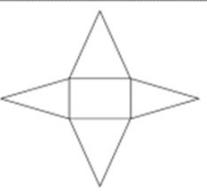




()



()



()

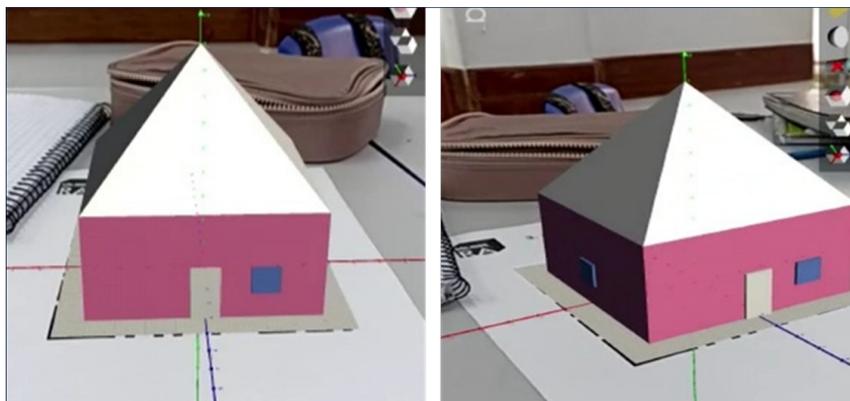
Fonte. Autoria própria (2023)

Na terceira atividade foi apresentado o módulo Criação, que produz cenários nos quais os estudantes podem criar objetos e realizar transformações como rotacioná-los e reposicioná-los. Esse módulo interage com os sólidos trabalhados nas atividades anteriores (cubo e pirâmides), permitindo a translação, rotação e escala em RA. Portanto, antes da entrega dos QR codes impressos, foi necessário explicar sobre o sistema de coordenadas enquanto eles utilizavam o módulo Criação para posicionar objetos no espaço.

À medida que foram aprendendo a rotacional das figuras mais primitivas (cubo e pirâmides), os estudantes foram explorando as ferramentas do módulo criação e ficaram livres para construir as suas próprias cenas, como por exemplo, a ilustrada na figura 8.

Figura 8

Atividade proposta após a aplicação do módulo Criação



Fonte. Autoria própria (2023)

Nesta etapa, determinados grupos conseguiram finalizar integralmente suas criações e colocar detalhes como as portas e janelas, enquanto outros finalizaram apenas as estruturas básicas como a pirâmide e o cubo.

ANÁLISE DOS DADOS

Durante a aplicação das atividades foi possível constatar que os estilos visuais disponíveis nos Sólidos RA puderam contribuir com o reconhecimento dos sólidos geométricos, contagem do número de arestas, vértices e faces. Eles também possibilitaram aos estudantes explorar a rotação dos sólidos, identificando e ajustando a visualização sob diversas perspectivas.

Segundo Nokelainen (2006), a usabilidade pedagógica trata de facilitar a aprendizagem dos materiais de um sistema educacional, potencializando suas funções enquanto sistema. No contexto da RA, esse recurso pode ser integrado ao ambiente educacional com o intuito de contribuir com a experiência de aprendizado.

No que se refere ao aspecto de conteúdo, buscou-se identificar as opiniões dos estudantes referentes aos módulos utilizados. Além disso, buscou-se elencar os conteúdos aplicados pelos estudantes durante a realização das atividades propostas. Para compreender o aspecto de interface, os estudantes foram questionados quanto às suas opiniões a respeito do aplicativo Sólidos RA. Tais questões consideraram os pontos positivos e negativos do aplicativo, referentes às apresentações de sua interface.

De modo geral, a maioria dos estudantes se posicionou indicando que o aplicativo contribuiu para a compreensão do conteúdo sólidos geométricos. Os estudantes foram unânimes em afirmar que não conheciam nem tinham usado a RA anteriormente, e que tiveram facilidade para usar este recurso. Ainda que um estudante tenha afirmado encontrar dificuldades em acompanhar as atividades, este se trata de um caso particular.

Sobre o uso do Sólidos RA em particular, os estudantes afirmaram não terem se deparado com problemas para baixar nos respectivos *smartphones* e utilizá-lo. Indicaram, contudo, que o aplicativo poderia ter outras funções e que o tempo destinado para as atividades poderia ser maior. Os estudantes também indicaram que o aplicativo poderia ser mais colorido, e que poderia ter pequenos ajustes, mas, de forma geral, foram unânimes em afirmar que conseguiram visualizar as formas geométricas de modo diferenciado.

Este foi o aspecto em que, segundo eles, mais o aplicativo contribuiu, pois conseguiram planificar um sólido e, com o aplicativo conseguiram enxergá-lo em três dimensões. Um estudante indicou que não conseguia imaginar o formato do sólido quando estava no papel, mas com o aplicativo isso se tornou possível. Outro estudante indicou que conseguiu compreender a diferença entre pirâmide e prisma, que até então não havia compreendido, bem como um colega afirmar ser possível também identificar semelhanças e diferenças entre estes sólidos.

Por se tratar de atividades que exploraram os eixos coordenados em três dimensões, diferentemente das duas dimensões em que estão acostumados, os grupos de estudantes, além de colaborarem uns com os outros, debateram sobre os valores que deveriam ser colocados nos campos de posição e rotação do módulo. Embora uma considerável parte dos grupos apresentasse dificuldades sobre como utilizar as coordenadas x , y e z para fazer a translação dos sólidos, percebeu-se que a experiência com o módulo Criação foi assertiva, pois os grupos se mostraram envolvidos e concentrados na criação das cenas.

Dentre os três módulos trabalhados, o módulo Criação é o que permite maior potencial criativo. O grupo que criou as imagens da casa ilustrada na figura 8, apresentou um resultado satisfatório, tendo em vista que foram capazes de perceber os objetos sob diferentes perspectivas, utilizando as habilidades conforme os preceitos defendidos por Gutiérrez (1996), como a percepção da posição no espaço, a discriminação visual, a percepção figura-fundo, a constância perceptiva e a rotação mental.

Após o uso do aplicativo Sólidos RA percebeu-se que a totalidade dos estudantes reconheceu os sólidos geométricos apresentados, e ainda classificou corretamente os vértices, arestas e faces de cada um deles.

Na atividade proposta após a aplicação do módulo visualização, indicada na Figura 6, os estudantes acertaram e conseguiram associar corretamente as figuras da pirâmide e do prisma de base hexagonal.

Nas respostas sobre as semelhanças entre o prisma de base pentagonal e a pirâmide de base pentagonal, os estudantes disseram:

Estudante A: os dois sólidos possuem bases hexagonais

Estudante B: os dois sólidos possuem bases iguais.

Estudante C: a base da pirâmide e as bases do prisma possuem seis arestas.

Estudante D: Tanto o prisma de base pentagonal quanto a pirâmide de base pentagonal possuem cinco faces laterais.

Com relação as **diferenças** entre o prisma de base pentagonal e a pirâmide de base pentagonal, obteve-se as seguintes respostas:

Estudante A: O prisma possui duas bases hexagonais e a pirâmide apenas uma base hexagonal.

Estudante B: O prisma possui duas bases e a pirâmide apenas uma.

Estudante C: A quantidade de bases.

Estudante D: A quantidade de bases e vértices são diferentes

Para Duval (2009), a desconstrução dimensional é onipresente em toda definição, em todo raciocínio e em toda explicação em relação às figuras em Geometria. Planificar um paralelepípedo (figura tridimensional), por exemplo, é desconstruí-lo em seis retângulos (figuras bidimensionais) que devem ter as medidas e a disposição necessárias para a construção original.

Alguns estudantes erraram ao selecionar a opção do meio, confundindo a base e as faces. Nenhum estudante assinalou a primeira opção a qual se refere à planificação de um paralelepípedo.

Portanto, os estudantes demonstraram habilidade na discriminação visual ao comparar e identificar semelhanças e diferenças específicas dos sólidos, por meio das representações em forma de figuras conforme a atividade proposta na Figura 6 e ainda, reconheceram a planificação de um sólido geométrico conforme a atividade proposta na Figura 7.

A discriminação visual, uma das principais habilidades propostas por Gutierrez (1996), se refere à capacidade de comparar vários objetos, figuras e/ou imagens mentais para identificar semelhanças e diferenças entre eles. E, com base nas respostas obtidas, é possível inferir que esta habilidade foi desenvolvida. Além disso, o aplicativo desempenhou um papel relevante ao auxiliar no desenvolvimento das habilidades de visualização no contexto da Geometria espacial.

Segundo a teoria de Ausubel, os conceitos geométricos já trabalhados com os estudantes são os subsunçores, enquanto as atividades propostas contribuíram com a ampliação e atualização dos conhecimentos prévios dos estudantes. “A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação se ancora em conceitos ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz” (Moreira, 2019, p. 161).

Notou-se que, enquanto os estudantes manipulavam os objetos geométricos e suas planificações, estabeleciam relações, notando semelhanças e diferenças entre as figuras. Com o aplicativo Sólidos RA, a aprendizagem do conteúdo passou do nível da visualização para os níveis mais elaborados de percepção espacial desde conceitos básicos da visualização que exigem mais abstração.

CONSIDERAÇÕES

Esta pesquisa deu indícios de que a adoção do aplicativo Sólidos RA para a exploração e visualização espacial de sólidos geométricos pode contribuir com o ensino do conteúdo de Geometria espacial.

Ao observar a ação de manipulação em tempo real do objeto espacial, verificou-se que os estudantes praticam e aprimoram formas de perceber e

representar, desempenhando a habilidade de visualização e compreensão dos sólidos geométricos e corpos redondos. Além disso, foi observado o aspecto de envolvimento dos estudantes que propuseram questionamentos sobre o tema abordado em cada etapa, inclusive daqueles que não tinham por hábito se manifestar durante as aulas de Matemática.

Percebeu-se uma resposta importante dentro da concepção da teoria de aprendizagem significativa, pois remete a uma mudança de prioridade na construção da aprendizagem, uma vez que, em vez de priorizarem a memorização, passaram a dar importância à compreensão dos conceitos apresentados.

Nas atividades realizadas pelos estudantes com o módulo Criação, observou-se o desenvolvimento das habilidades de visualização, sendo elas: discriminação visual; percepção da posição no espaço, constância perceptiva, percepção figura-fundo, constância perceptiva e rotação mental. O que corrobora com as ideias propostas por Gutiérrez (1996).

De modo geral, as limitações encontradas pelos estudantes em relação à aprendizagem de conceitos de Geometria espacial, antes da inserção da RA, foram elucidadas após o uso do aplicativo, confirmando a percepção de que sua utilização se propõe ao ensino de Geometria com RA de forma interativa, dinâmica e experimental. Segundo Ausubel (2003, p. 2) “os seres humanos interpretam experiências perceptuais ‘em bruto’ em termos de conceitos particulares nas suas estruturas cognitivas”.

Esse resultado vai ao encontro do modelo de aprendizagem por recepção significativa de Ausubel (2003), no qual propõe que novos significados surgem durante a aprendizagem, quando o estudante tem acesso ao mesmo conceito apresentado em um material potencialmente significativo (Ausubel, 2003).

É importante ressaltar que os estudantes reconheceram os sólidos geométricos a partir de suas características, que foram apresentadas em aulas anteriores à aplicação do plano de aula prático descrito neste artigo. Isso também é um fator relevante dentro da teoria da aprendizagem significativa pois, segundo Ausubel (2003), a aprendizagem ocorre quando o estudante se sente capaz de relacionar um novo conteúdo com seus conhecimentos prévios.

Verificou-se que o uso do aplicativo Sólidos RA tem potencial para contribuir com a prática docente, por se tratar de uma ferramenta de apoio e por disponibilizar uma forma diferente para o ensino da Geometria espacial, inserindo nas aulas abordagens diversificadas. Dessa forma, o ensino da Geometria apoiado à utilização do aplicativo Sólidos RA pode proporcionar um modelo distinto para a construção de conhecimento.

Pode-se observar que a aplicação do módulo Visualização contribuiu para o desenvolvimento das habilidades: discriminação visual, percepção figura-fundo e constância perceptiva. Sendo assim, a estratégia pedagógica explorada possibilitou responder à pergunta norteadora desta pesquisa, uma vez que o aplicativo Sólidos RA contribuiu com a organização do pensamento geométrico e com o desenvolvimento das habilidades de visualização dos estudantes.

Como proposição para pesquisas futuras, sugere-se a realização de outras práticas que envolvam o uso da RA voltadas para a Educação Matemática.

Espera-se que tais práticas possam contribuir também com o ensino de outros componentes curriculares matemáticos, como por exemplo, o ensino de funções, de modo a colaborar continuamente com os processos de ensino e de aprendizagem na área da Matemática.

REFERÊNCIAS

- Amorim, L. L. (2022). *Contribuições do Aplicativo Sólidos RA para o desenvolvimento da aplicação geométrica na perspectiva da realidade aumentada*. [Monografia, Instituto Federal do Espírito Santo]. Repositório do Instituto Federal do Espírito Santo: <https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/2406>.
- Ausubel, D. (2003). *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*. Paralelo.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: teleoperators & virtual environments*, 6(4), 355-385. <https://cierto.org/pdf/ARpresence.pdf>.
- Boaler, J., Chen, L., Williams, C., & Cordero, M. (2016). Seeing as understanding: The importance of visual mathematics for our brain and learning. *Journal of Applied & Computational Mathematics*, 5(5), 1-6. <https://pdfs.semanticscholar.org/9c4e/0be83ea505df963ccc7e403f3c040cbe3488.pdf>
- Creswell, J. W. (2014). *Investigação qualitativa e projeto de pesquisa: escolhendo entre cinco abordagens*. Tradução: S. M. da Rosa. Penso.
- Duval, R. (2009). *Semiósis e pensamento humano: registros semióticos e aprendizagens intelectuais*. Tradução de L. F. Levy & M. R. A. Silveira. Livraria da Física.
- Fernandes, D. (2020, outubro 23). Gigantes da web são novo Estado', diz Pierre Lévy. *O Valor*. <https://valor.globo.com/eu-e/noticia/2020/10/23/gigantes-da-web-sao-novo-estado-diz-pierre-levy.ghtml>.
- Gutiérrez, A. (1996). Visualization in 3-dimensional geometry: In search of a framework. In *Pme Conference*, 1, 1-3. The Program Committee of the 18th Pme Conference. <https://www.uv.es/Angel.Gutierrez/archivos1/textospdf/Gut96c.pdf>.
- Kenski, Kenski, V. M. (2018). O papel do professor na sociedade digital. In: Castro, A. D. de & Carvalho, A. M. P. de. (Org.). *Ensinar a Ensinar. Didática para a Escola Fundamental e Média*. (2ª ed., pp. 93-106). Cengage.
- Kirner, C. & Kirner, T. G. (2011). Evolução e Tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada. In: Ribeiro, M. W. S. & Zorzal, E. R. (Org.). *Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências*. (pp. 10-25). Sociedade Brasileira de Computação. http://www.de.ufpb.br/~labteve/publi/2011_svrps.pdf.

- Kirner, C.; Zorzal, E. R. (2005). Aplicações Educacionais em Ambientes Colaborativos Realidade Aumentada. In *XVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. (pp. 114-124). UFJF. <http://milanesa.ime.usp.br/rbie/index.php/sbie/article/view/398>
- Lèvy, P. (2021, abril 14). L'intelligence Collective Aujourd'hui. *Pierre Levy's Blog*. <https://pierrelevyblog.com/2021/04/14/lintelligence-collective-aujourd'hui/>.
- Mattar, J. (2017). *Metodologias Ativas Para A Educação Presencial, Blended E A Distância*. Artesanato Educacional.
- Moreira, M. A. (2019). *Teorias de aprendizagem*. 2ª ed. E.P.U.
- Motta, M. S. & Kalinke, M. A. (2021). *Inovações e Tecnologias Digitais: uma busca por definições e compreensões*. Life Editora, 2021.
- Paraná. (2008). *Diretrizes Curriculares da Educação Básica do Estado do Paraná*. Matemática. Secretaria de Estado da Educação. https://www.educacao.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2019-12/dce_mat.pdf.
- Tori, R. (2017). *Educação sem distância: as tecnologias interativas na redução de distâncias em ensino e aprendizagem*. 2ª ed. Artesanato Educacional.

Recebido: 26 jan. 2024

Aprovado: 18 abr. 2024

DOI: <https://doi.org/10.3895/actio.v9n1.18072>

Como citar:

Luciano, Anne Maiara Seidel, Ribeiro, André Ricardo Antunes, Balbino, Renata Oliveira, & Kalinke, Marco Aurélio. (2024). A realidade aumentada como uma possibilidade para o trabalho com sólidos geométricos. *ACTIO*, 9(1), 1-17. <https://doi.org/10.3895/actio.v9n1.18072>

Correspondência:

Anne Maiara Seidel Luciano

Rua Pedro Gusso, número 12, Bairro Novo Mundo, Curitiba, Paraná, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

