

**REALIDADE AUMENTADA COMO APOIO À
APRENDIZAGEM DE POLIEDROS**
**REALITY INCREASED AS A SUPPORT FOR POLYHEDRA
LEARNING**

Roberto Carlos Delmas da Silva¹

Carlos Alberto Vasconcelos²

RESUMO

As tecnologias digitais (TD), como smartphones, tablets e outros dispositivos, são usadas por variados setores da sociedade para informar, comunicar e disseminar conhecimentos. No ambiente escolar, as TD, por meio do uso de aplicativos, estão começando a conquistar espaços como recursos didáticos para apoio à aprendizagem de conteúdos. Dentre as TD, temos a realidade aumentada (RA), um sistema computacional que se apresenta como a sobreposição de ambientes e objetos virtuais (textos, imagens, sons, figuras tridimensionais) sobre um ambiente real. A experiência docente na área de Matemática, bem como pesquisas acadêmicas revelam algumas dificuldades dos estudantes ao estudarem assuntos referentes à geometria espacial, principalmente quanto às representações das formas tridimensionais usualmente representadas nos livros e lousas no formato bidimensional, dificultando o melhor entendimento das características da forma geométrica visualizada. Dessa forma, a RA, disponível em plataformas móveis por meio de aplicativos, que contém em suas especificidades a representação de objetos tridimensionais, pode amenizar ou sanar os obstáculos enfrentados pelos discentes na visualização e interpretação das formas geométricas espaciais. Este artigo – recorte de uma pesquisa de mestrado acadêmico – discorre sobre uma experiência com estudantes do 2º ano do ensino médio de um Colégio Estadual

1. Mestrando em Ensino de Ciências e Matemática pela UFS. Licenciado em Matemática e Professor de Matemática das Redes Estadual e Municipal de Ensino em Aracaju – SE. E-mail: robertodelmas@hotmail.com.

2. Prof. Dr. do Departamento de Educação do Campus Prof. Alberto Carvalho, do Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Sergipe, Itabaiana/SE. E-mail: geopedagogia@yahoo.com.br.

em Sergipe, no ano letivo de 2018, fazendo um comparativo de aprendizado dos poliedros do tipo prismas, antes e depois da aplicação da tecnologia realidade aumentada. Para tratamento e discussão dos dados, dispôs-se de gráficos estatísticos e da análise de conteúdo. Os resultados desse recorte foram que um percentual significativo dos estudantes nunca tinha estudado conceitos elementares da geometria espacial; atividades experimentais despertam maior interesse nos estudantes para o estudo da geometria espacial; grande parte do alunado considerou relevante o uso da RA para a aprendizagem de poliedros.

Palavras-chave: *Tecnologias Digitais. Realidade Aumentada. Aprendizagem de Poliedros.*

ABSTRACT

Digital Technologies (DT), such as smartphones, tablets and other devices, are used by various sectors of society to inform, communicate and disseminate knowledge. In the school environment, as DT, through the use of applications, are beginning to conquer spaces as didactic resources to support content learning. Among the DTs, we have the Augmented Reality (AR), a computational system that presents itself as the overlap of virtual environments and objects (texts, images, sounds, three-dimensional figures) over a real environment. The teaching experience in Mathematics, as well as academic researches, reveal some of the students' difficulties when studying subjects related to the Spatial Geometry, mainly regarding the three-dimensional representation forms usually represented in books and slates in the two-dimensional format, making it difficult to better understand the characteristics of the geometric shape displayed. Thus, AR, available in mobile platforms through applications, which contains in its specificities the representation of three-dimensional objects, can soften or heal the obstacles faced by the students in the visualization and interpretation of spatial geometric forms. This article – an academic master's research study – discusses an experience with students of the 2nd year of a government High School in Sergipe, in the academic year of 2018, comparing the learning of prism type polyhedrons before and after the application of Augmented Reality technology. For the treatment and discussion of the data, statistical graphs and content analysis were available. The study results were that a significant students' percentage had never studied spatial geometry elementary concepts; experimental activities arouse greater interest in the students for the study of spatial geometry; a large part of the student considered relevant the use of AR for learning Polyhedra.

Keywords: *Digital Technologies. Augmented Reality. Polyhedra Learning.*

Introdução

As tecnologias digitais (TD) são dinâmicas, trazendo constantemente novidades que afetam diretamente a interação entre as pessoas, desde uma

simples ligação telefônica à jogabilidade com recursos de realidade virtual que “oferece ao usuário a possibilidade de navegar por um ambiente virtual tridimensional de maneira bem próxima a um ambiente real” (TORI, 2010, p. 152). É notório que a inserção das TD na vida e na sociedade tem gerado grandes e rápidas mudanças nas formas de interação e comunicação das pessoas (ZACHARIAS, *apud* COSCARELLI, 2016).

Discutindo a temática, Kenski (2007, p. 31-32) menciona que:

A tecnologia digital rompe com as formas narrativas circulares e repetidas da oralidade e com o encaminhamento contínuo e sequencial da escrita e se apresenta como um fenômeno descontínuo, fragmentado e, ao mesmo tempo, dinâmico, aberto e veloz. Deixa de lado a estrutura serial e hierárquica na articulação dos conhecimentos e se abre para o estabelecimento de novas relações entre conteúdos, espaços, tempos e pessoas diferentes.

Com o advento das TD, os telefones celulares transformaram-se em dispositivos multifuncionais, assim denominados de *smartphones*, pois possibilitam enviar mensagens de texto e audiovisuais, acessar redes sociais digitais, fotografar, gravar e editar vídeos, além de disponibilizar *games* de última geração, dentre outras funcionalidades. Essa multifuncionalidade é ocasionada pelos aplicativos³, que proporcionam a seus usuários múltiplas experiências de interatividade.

Recentemente, alguns dispositivos móveis (*smartphones* e *tablets*) estão trazendo, em suas especificidades, uma tecnologia digital denominada realidade aumentada (RA), conhecida também como realidade mista. Define-se a RA como a sobreposição de elementos virtuais (textos, imagens, sons, objetos tridimensionais) num ambiente real em tempo real, que podem ser gerados por um sistema computacional e, posteriormente, visualizados por meio de um monitor, capacete ou tela de um dispositivo móvel. De acordo com Azuma (2001), para que um sistema seja considerado RA, tem de atender a três características fundamentais: combinar elementos reais e virtuais, possuir interatividade em tempo real, bem como registrar e alinhar elementos reais e virtuais entre si.

3. *Applications (App)*, em inglês. Esses aplicativos são *softwares* instalados no sistema operacional do dispositivo digital móvel.

A RA, ainda pouco conhecida em nossa sociedade, “está em pleno desenvolvimento nos laboratórios de pesquisa, apresentando muito potencial de aplicação e ao mesmo tempo muitos desafios a superar e aprimoramentos a receber” (TORI, 2010, p. 157). Há aplicações de RA nos setores da engenharia, arquitetura, marketing e medicina. Na educação, o autor mencionado relata exemplos como o Raio-X de RA, o Livro Mágico e a Colaboração Aumentada.

No cotidiano escolar, é fato que os discentes possuem maior afinidade com os dispositivos móveis, e seu uso é quase que inevitável, como se fosse uma peça de roupa para os jovens da geração digital. Seja fora ou dentro do espaço escolar, os estudantes estão em contato direto com esses dispositivos, chegando até certo ponto a “atrapalhar” o andamento das aulas. Para muitos educadores, se por um lado, esses dispositivos atrapalham bastante o processo de ensino e aprendizagem, por outro, podem ser um bom aliado nessa relação. Couto, Porto e Santos (2016) destacam que nos *smartphones* são encontrados vários aplicativos que podem ser usados para potencializar a criatividade e as autorias de estudantes, professores e pesquisadores na produção de narrativas no ciberespaço.

Diante desse contexto, entende-se que a RA pode trazer benefícios para a aprendizagem de conteúdos de matemática, especificamente no campo da geometria espacial, visto que essa tecnologia traz em suas características a visualização de objetos tridimensionais. Experiências docentes e apontamento de pesquisas acadêmicas demonstram que é notória a dificuldade que os estudantes apresentam na hora de visualizar e conseqüentemente entender algumas características das formas tridimensionais estudadas na geometria espacial, principalmente por serem representadas em planos bidimensionais nos livros didáticos e nas lousas. A RA utilizada como um recurso didático-pedagógico propõe-se a diminuir ou sanar essas “barreiras” cognitivas encontradas nos discentes.

Nessa perspectiva, o presente artigo traz o recorte de uma pesquisa de mestrado acadêmico em Ensino de Ciências e Matemática, da Universidade Federal de Sergipe, denominada “realidade aumentada como interface para a aprendizagem de poliedros do tipo prismas”, que objetivou compreender a utilização da realidade aumentada na aprendizagem de poliedros do tipo prismas. Primeiramente, o texto discorre a respeito de uma experiência com estudantes do ensino médio de uma Instituição Pública em Sergipe, no ano letivo de 2018, fazendo um comparativo de

aprendizado do conteúdo prismas, antes e depois da aplicação da tecnologia realidade aumentada.

Na sequência desse artigo há a descrição do encaminhamento metodológico adotado e a apresentação das fases das TD em educação matemática, bem como a relevância da utilização de *softwares* como apoio ao aprendizado de conteúdos matemáticos. Na continuidade será apresentado o funcionamento da realidade aumentada e sua aplicação na geometria espacial, os dados coletados, análises e discussões. Por fim, as conclusões sintetizam o artigo, destacando a importância da temática “realidade aumentada e aprendizagem matemática” para investigações *a posteriori*.

Percurso Metodológico

Utilizou-se, preliminarmente, para a produção desse artigo, uma pesquisa bibliográfica, cuja finalidade é a de “colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto [...]” (LAKATOS e MARCONI, 2009, p. 185). Dispôs-se como referenciais teóricos, os autores Bairral (2009), Borba (2015), Lorenzato (2010), Tori (2010), dentre outros. Foram feitos também mapeamentos de pesquisas relacionadas à temática “realidade aumentada e aprendizagem matemática” na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e no Banco de Dissertações do Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT).

As técnicas utilizadas, durante o trabalho de campo, para a coleta dos dados desse recorte da pesquisa foram: a aplicação de questionários e observação-participante. Para Vianna (2007), a observação-participante é considerada a mais disponível das técnicas de coleta de dados. Já a construção do questionário significa basicamente traduzir os objetivos da pesquisa em questões específicas, e as respostas proporcionarem dados requeridos para teste de hipóteses ou esclarecimento do problema da pesquisa (GIL, 1999). Foi aplicada também uma sequência didática (SD) como estratégia organizacional das atividades desenvolvidas durante a pesquisa *in loco*. O autor Zabala (1998, p. 18) considera uma sequência didática como “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm

um princípio e um fim, conhecidos tanto pelo professor como pelos estudantes”.

A sequência didática teve como propósito “promover a aprendizagem do conteúdo prismas com a aplicação da realidade aumentada”. A SD foi desenvolvida com os discentes, para isso foram programadas cinco aulas, com duração de 50 minutos, cada. Ressalta-se que a aplicação da SD foi feita da 2ª a 6ª etapa desse processo investigativo, visto que na 1ª etapa foi aplicado um teste de sondagem (1º questionário) e na 7ª etapa (última) aplicou-se um 2º questionário (final) aos sujeitos colaboradores.

Na 1ª aula da SD, o objetivo foi exibir um vídeo sobre poliedros e apresentar o conteúdo poliedros prismas por meio de uma aula expositiva com o uso do quadro-branco. Os estudantes, nesse primeiro encontro da SD, foram avaliados pela participação na discussão sobre o vídeo e na aula expositiva.

O propósito da 2ª aula da SD foi construir os poliedros prismas com material concreto (cartolina) para revisão do conteúdo por meio da experimentação. Foi trabalhada nesse momento a planificação dos prismas, com a identificação de seus elementos, classificação e denominação. Os estudantes foram avaliados por meio da construção e revisão em grupo do conteúdo trabalhado.

Na 3ª aula da SD, os estudantes resolveram questões sobre prismas e também conheceram o aplicativo de realidade aumentada *Geometry-AR*, o qual foi utilizado para elucidar as características dos sólidos geométricos estudados. Nessa aula, os discentes também foram orientados a fazer o *download* do aplicativo, pois na aula seguinte da SD, eles iriam manipular o aplicativo *Geometry-AR*. Nesse momento, os participantes foram avaliados por meio da resolução de questões sobre o conteúdo.

A 4ª aula da SD caracterizou-se pela exibição de um vídeo sobre realidade aumentada aplicada em alguns setores da sociedade e, em específico, na educação escolar. Os estudantes também foram orientados a manipular o aplicativo *Geometry-AR*, como também estudarem por meio dele o conteúdo. Os discentes foram avaliados pelas discussões sobre o vídeo exibido e pela usabilidade do aplicativo.

A 5ª aula da SD foi o último momento da sequência, em que os estudantes revisaram os poliedros prismas por meio da resolução de ques-

tões, exclusivamente com o uso do aplicativo *Geometry-AR*. Eles foram separados em grupos, e como uma forma de gincana, foram respondendo aos exercícios propostos pelo aplicativo. A avaliação dos discentes, nesse último momento da SD, foi feita pela resolução das questões propostas pelo aplicativo de realidade aumentada.

Com o uso do aplicativo de RA, denominado *Geometry-AR*, durante a aplicação da sequência didática, foi possível obter, junto aos sujeitos colaboradores da pesquisa, resultados satisfatórios em relação ao uso das tecnologias digitais para a aprendizagem de conteúdos da geometria espacial.

O campo empírico da pesquisa foi o Colégio Estadual Barão de Mauá, localizado em Aracaju – SE. Aplicada num espaço temporal de duas semanas no 1º semestre letivo de 2018, os sujeitos colaboradores foram os discentes do 2º ano do turno vespertino. A turma era composta de 41 estudantes, mas participaram ativamente da pesquisa entre 28 e 32 colaboradores.

Foram aplicados dois questionários semiestruturados aos colaboradores da pesquisa: com o 1º questionário (individual), denominado teste de sondagem, objetivou-se identificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre geometria espacial, em três das treze questões; já no 2º questionário (também individual), propôs-se a fazer um comparativo de aprendizado dos poliedros prismas após aplicação da realidade aumentada, em duas das dezessete questões. Ressalta-se que as três questões do teste de sondagem foram: Você já estudou os poliedros prismas?; Qual a diferença entre uma forma geométrica bidimensional e tridimensional?; Classifique as formas geométricas em bidimensional e tridimensional. Já as duas do questionário final foram: Considera relevante aprender conteúdos de matemática (sólidos geométricos, dentre outros) com aplicativos de realidade aumentada?; Por meio do aplicativo *Geometry-AR*, entendi a diferença entre uma forma geométrica bidimensional e tridimensional?.

A realidade aumentada, como uma proposta de material didático (MD), foi aplicada por meio do App *Geometry-AR*⁴, instalado em *tablet*

4. Aplicativo de realidade aumentada de autoria do licenciado Mario Bermudez, lançado em 23 de outubro de 2016 e atualizado em 5 de maio de 2017. Está na versão 1.0.4 e tem como finalidade mostrar no formato tridimensional um grande número de sólidos geométricos, dentre eles: os famosos sólidos platônicos, prismas e sólidos de Arquimedes. Pode ser baixado pelo *Google Play*.

e *smartphones* do professor e dos estudantes. Conforme Lorenzato (2010, p. 18), um MD “é qualquer instrumento útil ao processo de ensino e aprendizagem”. Como exemplos de MD, temos: um livro, uma calculadora, uma caixa, um jogo, um slide, um mapa, etc.

Há vários tipos de materiais didáticos, como é o caso dos prismas construídos com cartolina. Pelo *App* é possível visualizar, de quase todos os ângulos, os sólidos geométricos, destacando o conceito de profundidade, tridimensionalidade, etc. Este *App* não só oferece a oportunidade de ver o sólido, como também oportuniza calcular seu volume, a área de sua superfície e a identificação dos vértices, arestas e faces.

Tecnologias Digitais e Aprendizagem Matemática

No âmbito educacional, faz-se necessária uma reflexão acerca da utilização das tecnologias digitais (TD) para o aprendizado de conteúdos curriculares, em específico, no campo da matemática. Segundo D’Ambrosio (2012, p. 74),

[...] será essencial para a escola estimular a aquisição, a organização, a geração e a difusão do conhecimento vivo, integrado nos valores e nas expectativas da sociedade. Isso será impossível de atingir sem ampla utilização de tecnologia na educação. Informática e comunicações dominarão a tecnologia educativa do futuro.

É fato que a inserção das TD em sala de aula não é solução para os problemas de aprendizagem, mas “os coletivos formados por professores, estudantes, softwares, internet e telefones celulares podem gerar novas opções educacionais [...]” (BORBA, SCUCUGLIA, GADANIDIS, 2015, p. 12). O uso de *softwares*, sejam eles de computador ou aplicativos de dispositivos móveis, pode proporcionar uma análise distinta daquele conteúdo que é exposto no quadro ou numa folha de papel, contribuindo, dessa forma, para a formação dos conceitos matemáticos. Esses recursos podem ser usados para a aprendizagem da geometria, na criação de tabelas dinâmicas, planilhas eletrônicas, gráficos, entre outros.

De acordo com as Orientações Curriculares para o Ensino Médio,

[...] no uso de tecnologia para o aprendizado da Matemática, a escolha de um programa torna-se um fator que determina a qualidade do apren-

dizado. É com a utilização de programas que oferecem recursos para a exploração de conceitos e ideias matemáticas que está se fazendo um interessante uso de tecnologia para o ensino de Matemática. [...] (BRASIL, 2006, p. 89-90).

Pais (2008, p. 40-41) reforça que

[...] inovações didáticas resultantes da utilização do computador podem ser ilustradas por *softwares* ao ensino de geometria, incorporando o recurso do movimento e da simulação na representação de conceitos. Essa é uma novidade, uma vez que o movimento é um recurso mais próximo da flexibilidade da representação por imagens mentais, restritas ao cérebro humano. [...]

O uso de *softwares* como apoio à aprendizagem de conteúdos matemáticos, principalmente aqueles voltados ao estudo da geometria não é recente. Os autores Borba, Scucuglia e Gadanidis (2015) trazem a trajetória não finalizada das TD nos processos de ensino e aprendizagem da matemática. Cada fase caracteriza-se pela TD destacada, pelos diferentes termos usados para se referir a ela, como também pelas possibilidades de investigação matemática.

A fase inicial tem como destaque o LOGO (1985), cujo co-criador foi o professor Seymour Papert⁵. O LOGO é uma linguagem de programação que tem como características aspectos da filosofia construcionista, dando ênfase às relações entre a programação e o pensamento matemático. Cada comando do LOGO corresponde a uma ação de um objeto virtual (uma tartaruga), que por meio de passos e giros, possibilita a construção de formas geométricas com retas e ângulos.

Em 1990, com a popularização dos computadores, surgiu a 2ª fase em que professores, estudantes, pesquisadores e outros profissionais começaram a dar importância aos computadores em sua vida pessoal e profissional. Vários professores foram contrários ao uso do computador em suas atividades, isso ainda acontece nos dias de hoje, com a “proibição” de dispositivos móveis em sala de aula. As TD dessa fase foram os *softwares* de funções (*graphmathica*, *winplot*), e de geometria (*Cabri*

5. Seymour Papert, matemático que trabalhou com Jean Piaget, é co-fundador do *Media Lab* no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT).

Geométre, Geometricks). Segundo Borba e colaboradores (2015, p. 23), “esses *softwares* são caracterizados não apenas por suas interfaces amigáveis, que exigem pouca ou nenhuma familiaridade com linguagens de programação, mas principalmente pela natureza dinâmica, visual e experimental”.

A 3ª fase das TD em educação matemática é caracterizada com a chegada da internet mais popular, no final do século XX. Destacam-se nessa fase os cursos na modalidade a distância, cujas ferramentas digitais de comunicação usadas eram *chats*, *e-mails* e fóruns de discussão. Os ambientes virtuais de aprendizagem permitiram a interação síncrona (em tempo real) por meio de videoconferências e manipulação de *softwares* matemáticos. Bairral (2009 *apud* BORBA et al., 2015, p. 35) reforça que “ambientes virtuais de aprendizagem podem ser vistos como amplificadores cognitivos, uma vez que, multifacetados e potencializadores, integram uma variedade de artefatos midiático-representacionais”.

A quarta e atual fase das TD foi no início da metade de 2004 com a internet mais rápida, com a melhoria da conexão, dos recursos e comunicação *online*. Consoante os autores Borba, Scucuglia e Gadanidis (2015), é nessa fase que o termo “tecnologias digitais” se torna comum. Como destaques dessa fase, temos a multimodalidade (vários meios de comunicação estão presentes no ciberespaço – *youtube*, por exemplo); os novos designs e interatividade (*skype*, *Moodle*, RIVED e aplicativos *online*); as tecnologias móveis ou portáteis; a performance digital (internet em sala de aula; redes sociais – *facebook*; Compartilhamento de vídeos – *youtube*); a matemática pública do ciberespaço; a performance matemática digital (uso das artes na comunicação de ideias matemáticas). Esses e outros aspectos dessa quarta fase são sinônimos de questionamentos ainda a serem formulados e reformulados.

Em síntese, com o surgimento de novos recursos tecnológicos aplicados à educação, a apropriação das TD por docentes e discentes traz um novo significado à busca, construção e compreensão do conhecimento matemático. Nesse paradigma, o conceito de materiais didáticos assume uma função ampliada por meio de uma prática pedagógica reflexiva, planejada e executada.

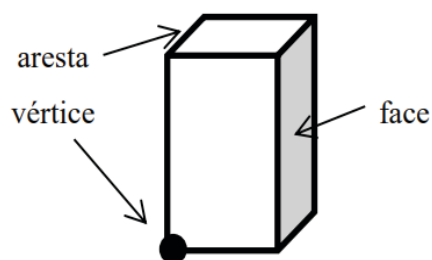
Geometria espacial e realidade aumentada

Tendo em vista que a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) ainda não fora implementada, as Orientações Curriculares do Ensino Médio para a Matemática (BRASIL, 2006) distribuem seus conteúdos em quatro blocos: números e operações, funções, geometria, análise de dados e probabilidade. O conteúdo referente à geometria está no bloco três, que menciona:

[...] O estudo da Geometria deve possibilitar aos estudantes o desenvolvimento da capacidade de resolver problemas práticos do cotidiano [...]. Também é um estudo em que os estudantes podem ter uma oportunidade especial, com certeza não a única, de apreciar a faceta da Matemática que trata de teoremas e argumentações dedutivas. Esse estudo apresenta dois aspectos – a Geometria que leva à trigonometria e a Geometria para o cálculo de comprimentos, áreas e volumes. (BRASIL, 2006, p. 75-78)

O conteúdo referente à geometria espacial, em específico aos poliedros do tipo prismas, faz parte da grade curricular do 2º ano do ensino médio. Os poliedros são sólidos limitados por superfícies planas poligonais, destacando-se os seguintes elementos: faces, arestas e vértices. Os poliedros classificam-se de acordo com o número de faces, por exemplo: tetraedro (4 faces), cubo (6 faces), Icosaedro (20 faces); dentre outros. O prisma é um caso particular de poliedro, cujas bases pertencem a planos distintos e paralelos. Em nosso meio alguns objetos são semelhantes aos prismas, como: caixas de sapatos, contêineres, dados usados em jogos. Na figura 1, há um exemplo de um prisma e seus elementos.

Figura 1. Exemplo de um prisma e seus elementos.



Fonte: O autor (2018).

Os prismas são denominados de acordo com o polígono de sua base. Se a base de um prisma for um triângulo, este é chamado de prisma triangular. Caso sua base seja um pentágono, este se denominará prisma pentagonal. Temos prismas bastante comuns nas formas que encontramos em nosso cotidiano, esses prismas são o paralelepípedo e o cubo.

Ao ministrar conteúdos referentes à geometria espacial, principalmente na representação das suas formas, tanto na lousa quanto no livro didático, os professores se deparam com certas dificuldades apresentadas pelos estudantes. Experiências docentes e pesquisas acadêmicas revelam que os discentes apresentam dificuldades em visualizar e entender algumas ilustrações e representações geométricas (BAIRRAL, 2009). O autor também considera que essas dificuldades são maiores quando se trabalha a geometria espacial, pelo fato de eles não terem experiência com esse tipo de geometria.

Conforme os “obstáculos” encontrados pelos estudantes diante das peculiaridades dos conceitos estudados da geometria espacial, a realidade aumentada (RA), por meio do *App Geometry-AR*, apresenta-se como uma proposta de Material Didático (MD) que pode elucidar tais conceitos. Lorenzato (2010, p. 18), em referência ao MD destaca que:

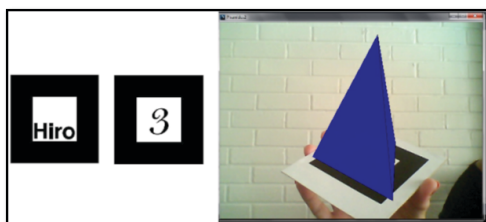
[...] apesar dessa enorme gama de possibilidades, todos os MD constituem apenas um dos inúmeros fatores que interferem no rendimento escolar do estudante. Os MD podem desempenhar várias funções, conforme o objetivo que se prestam e, por isso, o professor deve perguntar-se para que ele deseja utilizar um MD: para apresentar um assunto, para motivar os estudantes, para auxiliar a memorização de resultados, para facilitar a redescoberta pelos estudantes? São as respostas a essas perguntas que facilitarão a escolha do MD mais conveniente à aula.

O uso de recursos que privilegiem a visualização em geometria é de suma importância, e a RA propõe-se a trabalhar seus conteúdos de forma interativa, dinâmica e experimental. Nos trabalhos de Duncan (2014) e Valentin (2017), há experiências de aplicação da RA na geometria espacial que ratificam o quanto é relevante a prestabilidade das tecnologias digitais para o aprendizado de conteúdos de matemática.

O trabalho que Duncan (2014) desenvolveu, com licenciandos de matemática do Instituto Federal Fluminense, teve como finalidade aplicar

a RA para ensinar Pirâmides. Foram utilizados marcadores⁶ e a *webcam* do computador para visualizar o sólido geométrico estudado e identificar suas características (Figura 2).

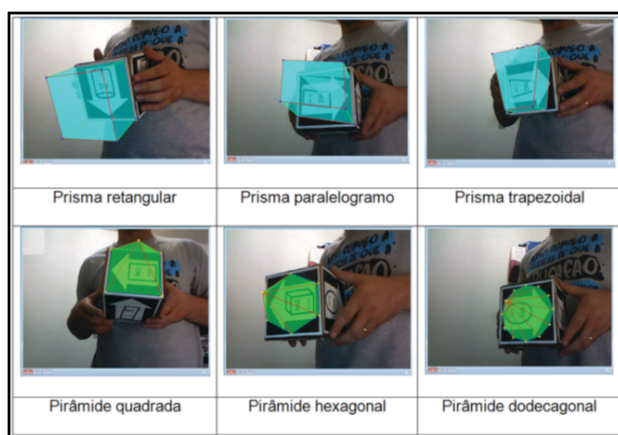
Figura 2. Marcadores e a Pirâmide Triangular Regular na tela do computador.



Fonte: Duncan (2014).

Valentín (2017) utilizou o *software* de RA denominado *NIZ* em que os estudantes do ensino médio visualizaram os sólidos geométricos na tela do computador após apontarem a câmera para um cubo que serviu de marcador (figura 3).

Figura 3. Sólidos geométricos formados.



Fonte: Valentín (2017).

6. Formas geométricas quadradas, contendo em seu interior símbolos para serem identificados pelo sistema de RA.

Mediante as experiências supracitadas, a RA apresenta, no âmbito educacional, consoante Kirner (2013), características muito favoráveis quanto à sua aplicabilidade: interatividade intuitiva no ambiente do usuário, envolvendo textos, imagens, objetos 3D, vídeos, etc., exigindo participação ativa do estudante; alto grau de motivação e envolvimento, decorrente dos elementos interativos inovadores utilizados; independência de dispositivos especiais, uma vez que pode usar somente um computador com *webcam* ou mesmo um *tablet*; autonomia na exploração da aplicação; adequação a diversos tipos de estilos de aprendizagem, apresentando o assunto por meio de conteúdo rico em múltiplas mídias; alto potencial de uso em trabalhos colaborativos.

Resultados e Discussões

Nesta seção, apresentar-se-ão os resultados desse recorte da pesquisa e suas conseqüentes discussões à luz da análise de conteúdo que, de acordo com Bardin (2011, p. 37), “é um conjunto de técnicas de análise de comunicação”. Ainda, conforme a autora, a análise de conteúdo

[...] não se trata de um instrumento, mas de um leque de apetrechos, ou com maior rigor, será um único instrumento, mas marcado por uma grande disparidade de formas e adaptável a um campo de aplicação muito vasto: as comunicações. (BARDIN 2011, p. 37)

Como mencionados anteriormente, foram aplicados dois questionários aos sujeitos colaboradores da pesquisa. No 1º questionário, foram obtidos conhecimentos prévios dos estudantes a respeito da geometria espacial; ao passo que no 2º questionário, pôde-se fazer um comparativo de aprendizado dos poliedros prismas antes e após a aplicação da realidade aumentada.

A) Conhecimentos prévios sobre Geometria Espacial

Do total de estudantes que responderam às questões do 1º questionário (teste de sondagem), 45% afirmaram ter estudado os prismas em séries anteriores, ao passo que 55% disseram não ter estudado. Esses dados foram importantes para a condução do trabalho pelo pesquisador, posto

que o conteúdo em questão é lecionado ainda no ensino fundamental, conforme os conteúdos curriculares oficiais. Na pergunta referente à distinção entre formas geométricas bidimensionais e tridimensionais, 61% dos colaboradores não souberam diferenciar, ao passo que 39% responderam de forma correta. Dentre algumas respostas dos discentes, destacamos:

A₁: Bidimensional é uma figura sem profundidade, tridimensional é uma imagem 3d, como objetos físicos.

A₂: A forma de ver os ângulos é diferente, ou melhor, o ângulo em que se vê a figura muda e a torna tridimensional ou bidimensional.

A₃: O ocupamento da área entre uma e outra. Bidimensional –

2 dimensões . Tridimensional – 3 dimensões .

A resposta de A₁ destaca que a forma bidimensional possui uma dimensão a menos, no caso, a profundidade, ao passo que o formato tridimensional é associado a uma imagem 3D e objetos físicos, corroborado por Bairral (2009) quando frisa que em nosso cotidiano nos deparamos com formas não planas que possuem uma variedade visual e uma diversidade funcional. No entendimento de A₂, a bidimensionalidade e tridimensionalidade têm a ver com o ângulo de visão dessas formas. Já A₃ leva em conta para explicar a distinção entre as formas, a área ocupada por elas, até desenha um quadrado, como exemplo de uma forma bidimensional e um cubo, como tridimensional.

Na pergunta ainda relacionada aos conhecimentos prévios dos discentes sobre a geometria espacial, os estudantes deveriam visualizar as figuras e classificá-las em bidimensional ou tridimensional. De acordo com as respostas, 10% erraram todos os itens, e os 90% restantes acertaram pelo menos um item. Dessa forma, a visualização dos sólidos em perspectiva, nos livros ou no quadro, pode gerar certa dificuldade, pois os estudantes podem não ter uma visão espacial apurada.

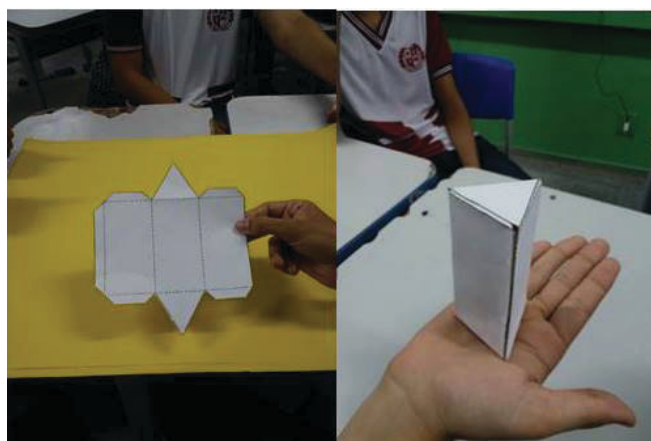
Diante desse diagnóstico, o pesquisador pode desenvolver um melhor planejamento no desenvolvimento da sequência didática (SD), especialmente na elaboração das atividades a serem desenvolvidas com o uso do aplicativo de realidade aumentada (RA) pelos participantes da pesquisa.

Antes da utilização dos *smartphones* e *tablets* com o aplicativo de RA com os estudantes, o pesquisador propôs, numa das etapas da SD, a confecção dos poliedros do tipo prismas com cartolina, como forma de revisão do conteúdo. Foram confeccionados sete sólidos geométricos, um para cada grupo de estudantes: prisma triangular, paralelepípedo, cubo, prisma pentagonal, prisma hexagonal, prisma heptagonal e prisma octogonal. Observou-se e constatou-se o interesse dos estudantes por esse tipo de atividade com material manipulável em sala de aula, sendo bastante proveitosa e significativa essa etapa sequência. De acordo com Lorenzato (2010, p. 18),

[...] um material manipulável é um tipo de material didático (MD), sendo um MD qualquer instrumento útil ao processo de ensino-aprendizagem, podendo ser um giz, uma calculadora, um filme, um livro, um jogo, um quebra-cabeça, uma embalagem, uma transparência, entre outros.

Ficou evidente que a maioria dos estudantes sanou boa parte das dificuldades que possuíam ao manipular e visualizar os prismas confeccionados. Para Kaleff (1998), é interessante que o estudante tenha em mãos as estruturas (modelos) de diversos sólidos para que possa aprimorar a sua capacidade de observação e desenvolver a habilidade de visualização. A figura 4 retrata a etapa da SD referente à confecção dos prismas.

Figura 4. Prisma triangular e sua planificação.



Fonte: A pesquisa (2018).

B) Realidade aumentada para Aprendizagem dos Poliedros Prismas

Dando continuidade à SD, foi apresentada, por meio de um vídeo, a realidade aumentada aos estudantes, com sua definição e aplicabilidade. Após esse momento, os discentes começaram a manipular o *App Geometry-AR* em seus *smartphones* (figura 5). Observou-se que poucos foram os estudantes que tiveram dificuldades quanto à usabilidade do aplicativo, posto que eles já convivem diariamente com esses tipos de *softwares* móveis para outros fins. O desafio nesse momento é utilizar os *App* como materiais didáticos, contribuindo de forma significativa e prazerosa com o processo de aprendizagem. Santaella (2016) frisa que os aplicativos estão aí, com seus variados formatos e finalidades, à disposição de educadores e educandos na constituição potencialmente rica do que pode ser chamado de “*app-learning*”⁷.

Figura 5. O prisma hexagonal no *App* de realidade aumentada.



Fonte: A pesquisa (2018).

Para o desenvolvimento das atividades com o uso do *App Geometry-AR*, os discentes foram divididos em grupos e, como uma gincana de perguntas e respostas, os trabalhos foram iniciados.

7. *App-Learning* é o uso de determinados aplicativos para celulares, *tablets* e computadores como estratégias pedagógicas que ajudam a desenvolver a autonomia de professores e estudantes (SANTAELLA, 2016).

Figura 6. Estudantes, na gincana, respondendo às questões pelo *App Geometry-AR*.



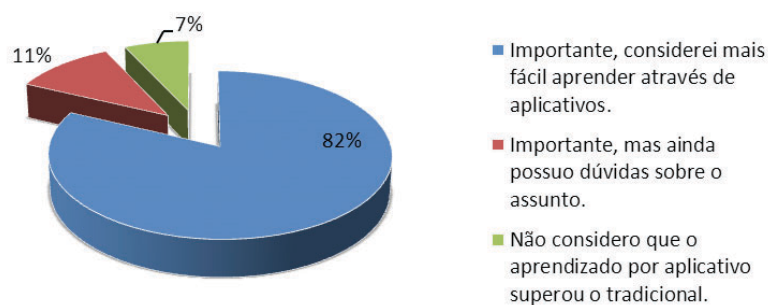
Fonte: A Pesquisa (2018).

Durante essa etapa da SD, foram observadas determinadas atitudes dos discentes distintas da aula meramente expositiva e transmissiva: Houve um envolvimento maior com a atividade; uma interação mais próxima com o professor (pesquisador); um trabalho de parceria, não individualizado, entre os colegas. Nas narrativas dos estudantes, identificou-se que os elementos dos poliedros prismas (arestas, faces e vértices), via aplicativo, foram facilmente visualizados, identificados e entendidos. O entusiasmo e a motivação dos discentes fizeram com que eles vislumbrassem aulas, não só de matemática, mas também de outras disciplinas com o uso de dispositivos móveis e seus aplicativos. Para Moran (1999, p. 61, grifo do autor),

[...] é importante conectar sempre o ensino com a vida do estudante. Chegar ao estudante por todos os caminhos possíveis: pela experiência, pela imagem, pelo som, pela representação (dramatizações, simulações), pela multimídia, pela interação *on-line* e *off-line*.

Os gráficos 1 e 2 ratificam o quão é importante a inserção de tecnologias digitais, em específico a RA, para o aprendizado da geometria espacial, no caso os poliedros do tipo prismas. No gráfico 1, constam os resultados da questão apresentada no 2º questionário aplicado aos estudantes, que concerne ao uso do *App Geometry-AR* para o aprendizado dos poliedros prismas.

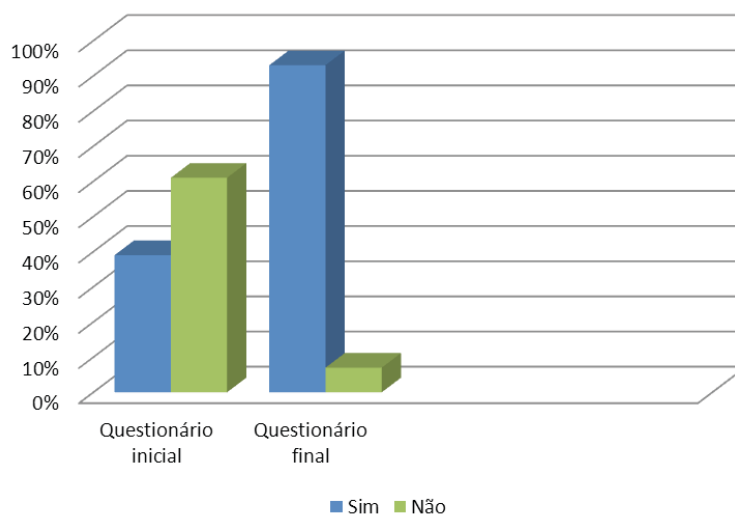
Gráfico 1. Opinião sobre o uso do *App* para o aprendizado dos poliedros prismas



Fonte: A pesquisa (2018).

Já no gráfico 2, na questão referente a distinção entre formas bidimensionais e tridimensionais, demonstra-se que após uso do *App* de realidade aumentada, os discentes souberam distinguir melhor essas formas, passando de 39% para 93%, ao passo que os que não sabiam caiu de 61% para 7%. Portanto, obteve-se uma melhora bastante significativa.

Gráfico 2. Comparativo de respostas dos estudantes quanto à distinção entre as formas bidimensional e tridimensional, antes e após o uso do *App Geometry-AR*.



Fonte: A pesquisa (2018).

Diante das transcrições das respostas dos estudantes, percebe-se a relevância de recursos que privilegiem a visualização em geometria para um melhor entendimento dos conceitos estudados.

A₄: Lá no aplicativo temos a oportunidade de ver as figuras se moverem tipo 3D.

A₅: Porque mostra em várias dimensões.

A₆: Dá pra visualizar melhor as imagens.

Para Kaleff (1998), um dos problemas enfrentados no ensino está na busca de alternativas que aprimorem o processo de visualização dos estudantes. Com isso, para diminuir ou sanar esse problema, uma das alternativas é o uso ou a construção de animações em 3D (BAIRRAL, 2009). Como visto nos resultados da pesquisa, a realidade aumentada pode contribuir significativamente para sanar certas dificuldades em geometria e favorecer um melhor entendimento dos poliedros prismas.

Conclusões

Este artigo, recorte de uma pesquisa de mestrado, teve como objetivo fazer uma comparação de aprendizado dos poliedros do tipo prismas, antes e depois da aplicação da tecnologia digital realidade aumentada (RA), nas aulas de geometria espacial, com estudantes do ensino médio. Na ocasião, foram apresentados um mapeamento de pesquisas acadêmicas concernentes à temática; bibliografias que tratam das tecnologias digitais (TD) em educação, em específico, a RA para aprendizagem da geometria espacial; resultados e análises após trabalho de campo.

Mediante os resultados apresentados, após aplicação dos questionários, observação-participante e à luz da análise de conteúdo, conclui-se que grande parte do alunado que não tinha estudado conceitos elementares de geometria espacial, que apresentava dificuldades na distinção entre formas geométricas bidimensionais e tridimensionais, como também em visualizar e interpretar essas formas considerou relevante o uso da RA para a aprendizagem de poliedros, pois essa tecnologia digital traz em seus atributos a tridimensionalidade, podendo favorecer a visualização das formas, promovendo um melhor entendimento do conteúdo estudado. Pelo mapeamento de trabalhos sobre a RA aplicada ao processo relativo à aprendizagem de situações matemáticas, observou-se que ainda é muito

carente, principalmente quando se trata de conteúdos de geometria, sendo necessários outros estudos referentes à temática em questão. Por fim, viu-se também que atividades experimentais despertam maior interesse nos estudantes para o estudo da geometria espacial.

Pelo exposto e ciente de que as discussões relativas à aplicação das tecnologias digitais em sala de aula não se encerram por aqui, acreditamos que essas, em particular os *smartphones*, consoante com o que a literatura apresenta e as situações pedagógicas vivenciadas nesse recorte da pesquisa, têm uma importância significativa quando aplicadas à educação.

Recebido em: 19/01/2019

Aprovado em: 04/08/2019

Referências

- AZUMA, R. *et al.* “Recent advance in augmented reality”. Em *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21 (6), 2001.
- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BAIRRAL, M. A. **Tecnologias da informação e comunicação na formação e educação matemática**. Série InovaComTic (v. 1). Rio de Janeiro: Edur, 2009.
- BORBA, M. de C.; SILVA, R. S. R. da; GADANIDIS, G. **Fases das tecnologias digitais em educação matemática: sala de aula e internet em movimento**. 1. ed.; reimp. – Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2015. (Coleção Tendências em Educação Matemática).
- BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília, 2006, p. 75-78. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf>. Acesso em: 25 Mai. 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações curriculares para o ensino médio. ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília, 2006. p. 89-90. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2018.
- COUTO, Edvaldo; PORTO, Cristiane; SANTOS, Edméa (orgs.). **App learning: experiências de ensino e formação**. Salvador: EDUFBA, 2016.
- D’AMBROSIO, Ubiratan. **Educação matemática: Da teoria à prática**. 23. ed. São Paulo: Papyrus, 2012.

- DUNCAN, Sandra de Aquino Maia. **Uso de técnicas de realidade aumentada no ensino de pirâmide**. Dissertação (Mestrado em Matemática – PROFMAT). Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) – Campos dos Goytacazes, 2014.
- GIL, Antonio. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.
- KALEFF, A. M. M. R. **Vendo e entendendo poliedros: do desenho ao cálculo do volume através de quebra-cabeças geométricos e outros materiais concretos**. Niterói: EdUFF, 1998.
- KENSKI, Vani Moreira. **Educação e tecnologias: O novo ritmo da informação**. Campinas, SP. Papyrus, 2007.
- KIRNER, Claudio. Desenvolvimento de aplicações educacionais adaptáveis *online* com realidade aumentada. In: **Tendências e técnicas em realidade virtual e aumentada**. Porto Alegre, Brasil, 2013.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- LORENZATO, Sergio. Laboratório de ensino de matemática e materiais didáticos manipuláveis. In: LORENZATO, Sérgio. **O laboratório de ensino de matemática na formação de professores**. 3. ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2010. (Coleção formação de professores).
- MORAN, José Manuel. **O uso das novas tecnologias da informação e da comunicação na EAD – uma leitura crítica dos meios**. Palestra proferida no Programa TV Escola – Capacitação de Gestores. 1999.
- PAIS, Luiz Carlos. **Educação escolar e as tecnologias da informática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2008.
- SANTAELLA, Lucia. App-learning e a imaginação criativa a serviço da educação. In: **App learning: experiências de ensino e formação**, p. 7-10. Salvador: EDUFBA, 2016.
- TORI, Romero. **Educação sem distância: as tecnologias interativas na redução de distâncias em ensino e aprendizagem**. São Paulo: Senac, 2010.
- VALENTIN, Thiago Antonio. **O uso da realidade aumentada no ensino da geometria espacial**. Dissertação (Mestrado em Matemática – PROFMAT). Universidade Federal do Rio de Janeiro – Instituto de Matemática, 2017.
- VIANNA, Heraldo Marelím. **Pesquisa em educação: a observação**. Brasília: Plano Editora, 2007.
- ZABALA, A. **A Prática educativa: como ensinar**. Tradução Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.
- ZACHARIAS, Valéria Ribeiro de Castro. **Letramento digital: desafios e possibilidades para o ensino**. In: COSCARELLI, Carla Viana (organização). **Tecnologias para aprender**. 1 ed. São Paulo: Parábola Editorial, 2016.