

INTRUMENTO DIDÁTICO INTERATIVO: UM PRODUTO EDUCACIONAL BASEADO EM REALIDADE AUMENTADA PARA A APRENDIZAGEM DE GEOMETRIA DOS ALUNOS IMIGRANTES DIGITAIS

INTERACTIVE EDUCATIONAL INSTRUMENT: AN EDUCATIONAL PRODUCT BASED ON AUGMENTED REALITY TO LEARN GEOMETRY FOR DIGITAL IMMIGRANT STUDENTS

Alex de Santana Rodrigues¹
Jurema Rosa Lopes Soares²
Eline das Flores VICTER³

Resumo

Uma das tecnologias digitais que vêm sendo desenvolvidas nos laboratórios nos últimos anos, e ganhando cada vez mais espaço nos ambientes educacionais, é a realidade aumentada. Trata-se de uma tecnologia que tem por objetivo complementar o mundo real com objetos virtuais, gerados por computador, de tal maneira que parecem coexistir no mesmo ambiente real. Com o objetivo principal de investigar as implicações do uso da realidade aumentada na aprendizagem de geometria, pelos alunos considerados imigrantes digitais, foi proposto um produto educacional, derivado de uma dissertação de mestrado, denominado Instrumento Didático Interativo. Este instrumento é constituído de um aplicativo de realidade aumentada para *smartphones* e um Guia de Aprendizagem. A pesquisa foi desenvolvida num Colégio Público Federal, com alunos do ensino médio da educação de jovens e adultos, considerados na sua maioria imigrantes digitais. Além de compreender um elemento novo de estudo, que é o uso da referida tecnologia por alunos considerados imigrantes digitais, esta pesquisa se constitui também em uma averiguação de observações, pesquisas e teorias de autores sobre tecnologia de realidade aumentada, nativos digitais e imigrantes digitais, ensino e aprendizagem de jovens e adultos e aprendizagem móvel. Como arcabouço metodológico adotamos a metodologia de Engenharia Didática. Os resultados da pesquisa foram bastante satisfatórios, comprovando um ambiente educacional de fácil implementação e favorável para a aprendizagem móvel de geometria, baseada em realidade aumentada.

Palavras-chaves: Realidade aumentada. Geometria. Imigrantes Digitais.

Abstract

Augmented reality is one of the digital technologies that have been developed in laboratories in recent years, steadily gaining ground in educational environments. This technology allows for greater interaction between objects from the real and virtual worlds, in which the user remains in the physical and real environment, while the virtual object is transported into it. With the main objective of investigating as a result of the use of augmented reality in the learning of geometry, by the students analyzed digital immigrants, an educational product was proposed, derived from a master's dissertation, called Interactive Didactic Instrument. This instrument consists of an augmented reality application for smartphones and a Learning Guide. The research was carried out in a Federal Public College, with high school students in the education of young people and adults, mostly considered digital immigrants. In addition to understanding a new element of study, which is the use of technology by students considered to be digital immigrants, this research also constitutes an average of research, research and theories of authors on augmented reality technology, digital natives and digital immigrants, teaching and youth and adult learning and mobile learning. As a methodological framework, we adopted the Didactic Engineering methodology. The research results were quite satisfactory, proving an educational environment that is easy to implement and favorable for mobile learning of geometry, based on augmented reality.

Key words: Augmented reality. Geometry. Digital Immigrants.

¹ Mestre em Ensino das Ciências (PPGEC Unigranrio)

² Doutora em Educação. Docente do Programa de Pós Graduação em Ensino das Ciências - Unigranrio

³ Doutora em Modelagem Computacional. Docente do Programa de Pós Graduação em Ensino das Ciências - Unigranrio

Introdução

Ao longo dos últimos anos temos observado as tecnologias digitais se evidenciando como uma tecnologia muito favorável para o aprendizado dos alunos da educação básica. Uma das tecnologias digitais que vem sendo desenvolvida nos laboratórios nos últimos anos e ganhando cada vez mais espaço nas diversas atividades humanas e nos ambientes educacionais é a Realidade Aumentada (RA). A RA é considerada uma tecnologia digital que complementa o mundo real com objetos virtuais, gerados por sistemas computacionais, que parecem coexistir no mesmo espaço que o real. Por meio de uma experiência interativa, o usuário permanece no ambiente físico e real e o objeto virtual é transportado para o ambiente do usuário (ambientes simulados com recursos computacionais). Apesar da RA ter sido idealizada há pouco mais de 40 anos, foi apenas na última década que ela começou a ser bastante difundida, principalmente devido à melhora nos recursos computacionais e, atualmente, pela popularização e recursos avançados dos dispositivos móveis.

Esse artigo é um fragmento de uma dissertação de mestrado, cujo objetivo principal foi investigar as implicações do uso da tecnologia de RA para a aprendizagem de geometria, pelos alunos considerados Imigrantes Digitais⁴. A fim de que esses alunos possam utilizar a tecnologia de RA, superar barreiras e auxiliar na condução da investigação desta pesquisa, foi desenvolvido um produto educacional, denominado Instrumento Didático Interativo, constituído de um aplicativo de RA para *smartphones* e um Guia de Aprendizagem, no qual o aluno pode direcionar a câmera do *smartphone* para o Guia de Aprendizagem e se submeter a experiência com RA.

Os conteúdos de ensino e aprendizagem utilizados neste produto educacional são os Poliedros de Platão (Geometria). Pesquisas sobre ferramentas de apoio para a aprendizagem de matemática impactam um segmento substancial da comunidade escolar, proporcionando um grande grau de melhoria na educação e contribui para a prática pedagógica dos professores. A escolha deste conteúdo se justifica por ser um conteúdo da Matemática em que os alunos apresentam bastante dificuldade, ser pouco trabalhada na educação básica e também pelo fato de poder ser melhor aproveitada graficamente nos recursos de tecnologia de RA.

A fundamentação teórica se constitui de conceitos, definições, averiguação de observações, pesquisas e teorias de autores sobre tecnologia de RA, Poliedros de Platão, Imigrantes digitais e aprendizagem móvel. Como arcabouço metodológico, adotamos a metodologia de

⁴ Ao publicar o artigo *Digital Natives, Digital Immigrants*, Marc Prensky utilizou os termos Nativos Digitais e Imigrantes Digitais para designar as duas gerações de indivíduos que nasceram e cresceram em épocas diferentes da chegada e disseminação das tecnologias. A geração que nasceu antes das duas décadas finais do século XX foi denominada por Prensky de Imigrantes Digitais.

Engenharia Didática, estruturado pela pesquisadora francesa Michèle Artigue, na área da didática das matemáticas.

A fim de possibilitar uma melhor compreensão, o trabalho encontra-se estruturado nas seguintes seções: fundamentação teórica, que embasaram as atividades desenvolvidas e a elaboração do produto educacional; metodologia e os procedimentos metodológicos; apresentação do produto educacional, assim como a sua aplicabilidade; apresentação dos resultados obtidos e uma breve discussão. Finalizamos com algumas considerações e apresentamos as referências consultadas.

A tecnologia de Realidade Aumentada

Diversas pesquisas na área de computação gráfica (ALKHAMISI e MONOWAR, 2013; TORI, KIRNER e SISCOUTO, 2006; HAND, 1996; SUTHERLAND, 1968); KRUEGER, 1977) fizeram avançar as pesquisas que deram origem a tecnologia de RA. Na década de 90 a RA se consolidou como uma área de estudos. O pesquisador Caudell (CAUDELL e MIZELL, 1992) criou um sistema para facilitar a compreensão dos manuais de montagem de feixes de fios de avião e mecanismos das aeronaves e cunhou o termo realidade aumentada (KIRNER e KIRNER, 2011).

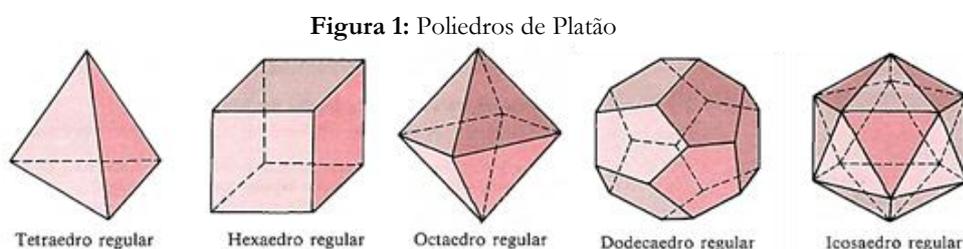
Ainda para Tori, Kirner e Siscouto (2006), a RA enriquece o ambiente real com objetos virtuais, usando para isso algum dispositivo tecnológico, funcionando em tempo real. Esses objetos virtuais podem ser animações, textos, vídeos, sons, imagens ou qualquer tipo de mídia suportada. O usuário permanece no ambiente físico e o ambiente virtual é transportado para o espaço do usuário, por meio de algum dispositivo tecnológico (KIRNER e KIRNER, 2011). Os sistemas de RA necessitam realizar quatro tarefas, conforme afirmam Alkhamisi e Monowar (2013).

Na captura de cena são utilizados dispositivos de vídeo, com a finalidade de reconhecer a realidade que deve ser impulsionada. Na identificação da cena alvo são classificados cenários, visando o reconhecimento de imagem, lugares ou objetos tridimensionais para escolher as informações precisas a fim de rastrear e impulsionar as imagens. São dois os tipos de recursos de identificação de cenas: (a) baseados em marcadores (utilizam o reconhecimento de objetos ou imagens predefinidas, como por exemplo QR Code, que funcionam como gatilhos para iniciar o processamento) e (b) não baseados em marcados (são utilizados alvos como superfícies planas (paredes e pisos) ou dados do sistema de geolocalização (GPS) para acionar a exibição dos objetos virtuais).

No processamento da cena o software processa a imagem capturada e procura pelo objeto virtual correspondente a técnica de identificação. Por fim, ocorre a visualização da cena aumentada, por meio da projeção do objeto virtual na tela do dispositivo (o objeto virtual se mistura com a cena real, dando a sensação de que ambos pertencem ao mesmo ambiente).

Os Poliedros de Platão

A geometria descritiva é uma área da matemática que se preocupa em representar imagens de três dimensões (altura, largura e profundidade) em um plano bidimensional, afim de determinar projeções, distâncias, ângulos, volumes, áreas, etc. As figuras geométricas tridimensionais possuem características como face, vértice e arestas. As faces são constituídas das superfícies planas que formam um sólido, as arestas são representadas pelos segmentos de reta que fazem a intersecção de duas faces contíguas e os vértices são os pontos de encontro das arestas. Após anos de estudos dos sólidos geométricos espaciais, denominados poliedros (figuras geométricas espaciais formadas por vértices, arestas e faces), pelo filósofo Platão e seus seguidores, alguns sólidos se tornaram conhecidos como Poliedros de Platão (figura 1).



Fonte: Dolce e Pompeo (2013)

Platão foi o primeiro a demonstrar que existem apenas cinco poliedros regulares (DOLCE e POMPEO, 2013): tetraedro, hexaedro, octaedro, dodecaedro e icosaedro. O Tetraedro é um poliedro regular formado por quatro faces de triângulos equiláteros e possui quatro vértices e seis arestas. O Hexaedro, também denominado de Cubo, é um poliedro convexo regular, composto por seis faces, oito vértices e doze arestas. O Octaedro é um poliedro regular formado por oito faces de triângulos equiláteros, seis vértices e doze arestas. O Dodecaedro é um poliedro regular com doze faces que são pentágonos, vinte vértices e trinta arestas. O Icosaedro é um poliedro regular formado por vinte faces de triângulos equiláteros, doze vértices e trinta arestas.

Um poliedro é considerado Poliedro de Platão se, e somente se, satisfaz as seguintes condições (DOLCE e POMPEO, 2013): a) todas as faces têm o mesmo número (n) de arestas; b) todos os ângulos poliédricos têm o mesmo número (n) de arestas; c) vale a relação de Euler ($V - A + F = 2$).

Os Imigrantes Digitais e a Aprendizagem Móvel

A geração de indivíduos que nasceu e cresceu depois das duas últimas décadas do século XX, tendo a internet como parte natural de seu ambiente cultural e cognitivo, foi denominada por PRENSKY (2001) de Nativos Digitais. Estes indivíduos tiveram a oportunidade de ter nascido e crescido no início do desenvolvimento tecnológico, na rápida disseminação e acesso as tecnologias digitais (PALFREY e GASSER, 2011; PRENSKY, 2001). São indivíduos que estiveram imersos

na tecnologia durante toda a sua vida, experimentando equipamentos tecnológicos como computadores, vídeo games, câmeras fotográficas, celulares, brinquedos eletrônicos, internet e e-mail.

Contudo, a geração de indivíduos que nasceu antes dessa época foi denominada por PRENSKY (2001) de Imigrantes Digitais. Esta geração não nasceu no mundo digital, mas em algum momento das suas vidas ficaram interessados pelas tecnologias e acabaram se apropriando delas. Os imigrantes digitais permaneceram com seus estilos de aprendizagem, usando de uma outra maneira as tecnologias digitais na sua vida. A diferença entre esses grupos está relacionada as diferentes ações para a tomada de decisões, influenciada pelas tecnologias digitais. Eles necessitam de um certo esforço adicional para realizar tarefas que o nativo digital realiza com mais naturalidade, ou seja, capacidade de pensar utilizando as tecnologias digitais. Os imigrantes digitais estão constantemente em aprendizagem dessas tecnologias, sempre com o seu “sotaque”, descrito por PRENSKY (2001) e preferem os meios físicos e analógicos ao digital.

O uso de *smartphones* e *tablets*, nos ambientes educacionais, proporcionou um novo conceito de aprendizagem, denominado de aprendizagem móvel. A UNESCO (2013) publicou as Diretrizes de Políticas da UNESCO para a aprendizagem móvel a fim de auxiliar os formuladores de políticas a entender melhor o que é aprendizagem móvel e seus benefícios. De acordo com a UNESCO, a aprendizagem móvel é definida como: “[...] envolve o uso de tecnologias móveis, isoladamente ou em combinação com outras tecnologias de informação e comunicação (TIC), a fim de permitir a aprendizagem a qualquer hora e em qualquer lugar”. A UNESCO definiu 13 benefícios particulares da aprendizagem móvel. Alguns desses benefícios foram percebidos por meio dos questionários aplicados aos alunos e nas observações do pesquisador.

Metodologia, instrumentos e procedimentos

Este trabalho se caracteriza como uma pesquisa qualitativa, e adotamos como metodologia a Engenharia Didática. Para ALMOULOU, QUEIROZ e COUTINHO, (2008), esta metodologia fundamenta-se por um esquema experimental, que se baseia em “realizações didáticas” em sala de aula. De acordo com CARNEIRO (2005), a Engenharia Didática também atende as demandas e necessidades de elaboração de produtos para o ensino e para a condução de pesquisas baseadas em experiências em salas de aula. Segundo ALMOULOU, QUEIROZ e COUTINHO, (2008), CARNEIRO (2005) e LEIVAS e GOBBI (2014), essa metodologia apresenta quatro fases de procedimento investigatório.

A primeira fase, denominada análises preliminares, fundamenta-se na construção dos referenciais teóricos, na revisão da literatura, na formulação das hipóteses, na verificação do perfil dos alunos e conhecimentos prévios e nas dificuldades dos alunos sobre o conteúdo a ser ensinado.

A segunda fase é denominada concepções e análises a priori. Para ALMOULOU, QUEIROZ e COUTINHO (2008) esta fase tem por objetivo determinar como as variáveis que queremos assumir como pertinentes podem controlar os comportamentos dos alunos e explicar seus sentidos. Nesta fase foram explicadas e manipuladas as variáveis da pesquisa, elaborados os instrumentos de coleta de dados (questionários) e desenvolvido o produto educacional.

Como instrumento para a coleta dos dados foram elaborados dois questionários, aplicados em diferentes fases para os alunos. Os objetivos do primeiro questionário (Questionário A) foram identificar o perfil dos alunos e verificar os conhecimentos prévios dos mesmos sobre o conteúdo de geometria. O segundo questionário (Questionário B) elaborado foi utilizado com objetivos de validar o produto educacional e responder o objetivo principal e específicos da pesquisa.

Na terceira fase, denominada experimentação, foi o momento de se colocar em funcionamento todo o dispositivo construído. Os alunos utilizaram o produto educacional proposto, responderam o “Questionário B” e o pesquisador registrou as observações feitas durante a experimentação, conforme orientam (ALMOULOU e SILVA, 2012). Por fim, a quarta e última etapa consistiu nas análises a posteriori e validação, que, de acordo com ALMOULOU e SILVA (2012), “consiste em uma análise de um conjunto de dados colhidos ao longo da experimentação, como por exemplo, produção dos alunos, registros de observadores e registro em vídeo” (ALMOULOU e SILVA, 2012, p. 25).

A análise dos dados teve como base os dados coletados no Questionário B. Os dados coletados nas questões fechadas permitiram apurar opiniões e atitudes dos alunos do PROEJA, em relação aos elementos envolvidos na pesquisa. Foram tabulados numa planilha de cálculo eletrônico do software Excel, agrupados de acordo com os resultados das diferentes variáveis, tratados em números percentuais e gerados gráficos. Desse modo, foi possível observar a frequência das respostas e determinar a ordem de importância dos valores encontrados. Em relação aos dados coletados nas questões abertas, realizamos uma análise da experiência dos alunos Imigrantes Digitais do PROEJA no uso do produto educacional. Adotamos um tipo específico de análise, que trata de material verbal transcrito, denominado análise textual (CAMARGO; JUSTO, 2013 *apud* SALVIATI, 2017). Como ferramentas de apoio na análise textual, utilizamos os *softwares* OpenOffice Writer e IRAMUTEQ. Devido este artigo ser um recorte da dissertação, apresentaremos apenas os dados das questões fechadas.

O campo empírico desta pesquisa foi o Colégio Pedro II - campus Duque de Caxias. Trata-se de uma tradicional Instituição Pública Federal de ensino, localizado na cidade de Duque de Caxias, no Estado do Rio de Janeiro. Os sujeitos desta pesquisa foram 17 alunos do primeiro

ano do ensino médio do curso de Administração do Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na Modalidade de Educação de Jovens e Adultos – PROEJA (BRASIL, 2006). O PROEJA é uma modalidade de programa educacional, criado pelo governo federal no ano de 2005, cujo objetivos são promover as pessoas que não conseguiram acesso ao ensino médio, concluíram o ensino fundamental há muitos anos ou estão em busca de um curso profissionalizante. Esses alunos são da geração chamada Imigrante Digital, visto que experimentaram o contato com as tecnologias digitais já na idade adulta.

Produto Educacional: Instrumento Didático Interativo

Este produto educacional é um Instrumento Didático Interativo (figura 2), constituído de um aplicativo de RA (PoliedrosRA) para *smartphones* e um Guia de Aprendizagem. Apresentamos a tecnologia de RA ao público alvo, a partir de uma atividade pedagógica de geometria, com o conteúdo de Poliedros de Platão. O fato de alguns professores evitarem ensinar os conceitos de geometria, conforme afirmam Souza e Bulos (2011), contribui para o insucesso do ensino de geometria nas escolas. Ainda de acordo com as autoras, os professores não ensinam geometria pois “não tem o domínio do assunto, não tiveram acesso na sua formação inicial, ou se tiveram, foi insuficiente, e acabam alegando que os alunos não têm base” (SOUZA e BULOS, 2011, p. 4). As mesmas afirmam que os alunos, ao concluírem o ensino médio, apresentam dificuldades em conceitos e propriedades de geometria, interferindo no desenvolvimento do raciocínio lógico dedutivo.

Figura 2: Instrumento Didático Interativo (guia e aplicativo)



Guia de Aprendizagem⁵

Aplicativo PoliedrosRA⁶

Fonte: Os autores

O aplicativo PoliedrosRA permite que os alunos visualizem e manipulem os Poliedros de Platão sobreposto ao guia de aprendizagem. Desse modo, cria-se uma ponte entre o mundo virtual e abstrato dos Poliedros e o cenário real. O guia de aprendizagem foi concebido no formato de

⁵ Disponível em: <https://portal.unigranrio.edu.br/ppgec/dissertacoes-e-produtos-educacionais>

⁶ Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.unigranrio.poliedrosra>

redimensionar e transladar os Poliedros. Essas quatro funcionalidades permitem manipular os poliedros Hexaedro, Tetraedro, Dodecaedro, Octaedro e Icosaedro. Na atividade de planificação do Hexaedro, presente no guia, é possível mover as faces deste Poliedros para que o aluno possa formar diferentes planificações, com objetivo de exercitar a visão e o raciocínio espacial e a compreensão das formas tridimensionais.

Na atividade de Espaço Tridimensional do guia, o aluno terá a oportunidade de compreender um pouco mais sobre o espaço tridimensional, por meio de movimentos de rotação. Após direcionar a câmera do smartphone, será exibido um hexaedro e três botões virtuais sobre o marcador. Cada botão virtual se refere a um eixo (x, y, z) no espaço tridimensional. Nesta atividade, ao pousar a mão sobre um dos botões virtuais, o hexaedro irá rotacionar sobre o eixo (z, y, z) correspondente. A última atividade do guia é sobre a relação de Euler. Ao direcionar a câmera do smartphone para o marcador, será exibido um pequeno vídeo, apresentando o filósofo e matemático Euler, explicando as fórmulas e exemplos práticos de cálculos.

Aplicabilidade do Produto Educacional

Ao todo foram utilizados três encontros de 80 minutos cada, com os alunos do PROEJA, para experimentação do produto educacional. No primeiro encontro, os alunos instalaram o aplicativo e tiveram o primeiro contato com o guia de aprendizagem. Como o aplicativo ainda não estava disponível na loja de aplicativos do Google, o mesmo foi disponibilizado no formato *apk*, por meio do grupo de mensagens do *Whatsapp* da turma. Após a instalação do aplicativo, o pesquisador distribuiu o guia de aprendizagem para os alunos, seguido de orientações básicas. O pesquisador solicitou que os alunos fizessem uma leitura compartilhada (em duplas) do guia, para conhecer o conteúdo e responder a possíveis dúvidas.

No segundo encontro, os alunos puderam pela primeira vez ter a experiência com o aplicativo de RA. Neste encontro, os alunos trabalharam em duplas e tiveram a oportunidade de visualizar, rotacionar, dimensionar e redimensionar os cinco poliedros de Platão. No final do segundo encontro foi permitido que os alunos levassem o guia de aprendizagem para casa, para continuar testando o aplicativo. No terceiro encontro, os alunos realizaram as últimas atividades do produto educacional, referentes a planificação do hexaedro (formar possíveis combinações de planificações), hexaedro no espaço 3D (usar botões virtuais para conhecer as rotações dos eixos da altura, largura e profundidade) e visualizar um vídeo explicativo sobre a relação de Euler. No final deste terceiro encontro, os alunos preencheram o questionário de experimentação e validação do produto (Questionário B).

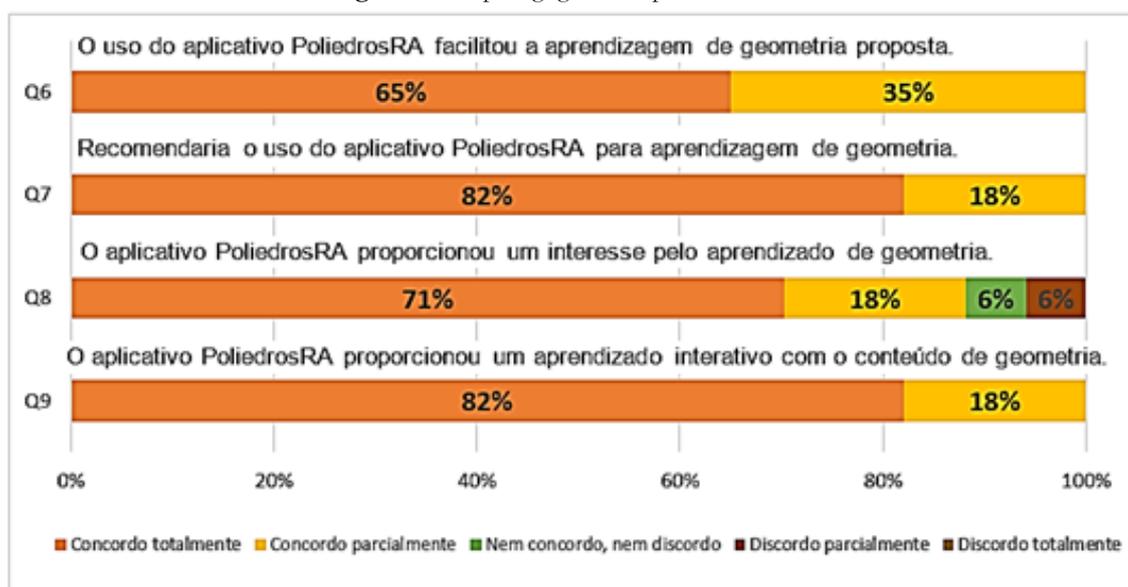
Resultados e discussão dos dados

Após a coleta dos dados, foi possível agrupar as respostas das questões fechadas em cinco itens, descritos logo a seguir.

a) Instalação do aplicativo PoliedrosRA: 82% dos alunos Imigrantes Digitais do PROEJA conseguiram instalar o aplicativo PoliedrosRA em seus *smartphones*. Apesar dos Nativos Digitais e Imigrantes Digitais terem nascidos em momentos distintos do surgimento das tecnologias digitais, conforme afirma PRENSKY (2001), os alunos Imigrantes Digitais do PROEJA conseguiram instalar o aplicativo para dispositivos móveis, mesmo sem estar em repositórios de aplicativos. Os problemas relacionados à não instalação do aplicativo (18% dos alunos não instalaram) não estavam associados ao aplicativo, mas sim decorrentes de incompatibilidade de sistema operacional (um aluno tinha smartphone com sistema Ios), bateria com pouca carga e falta de memória. Também foi possível afirmar que 65% dos alunos que instalaram o aplicativo, concordaram totalmente que tiveram facilidade para instalar o aplicativo PoliedrosRA.

b) Uso pedagógico do aplicativo: foi possível verificar indícios de aprendizagem no conteúdo de geometria (figura 4). 65% dos alunos concordaram totalmente que o aplicativo facilitou a aprendizagem de geometria proposta e 82% concordaram totalmente que recomendaria o aplicativo para aprendizagem de geometria. Em relação ao interesse pelo aprendizado de geometria, 71% dos alunos concordaram totalmente que o aplicativo proporcionou esse interesse. A respeito do aprendizado interativo de geometria, 82% dos alunos concordam totalmente que o aplicativo proporcionou este tipo de aprendizado.

Figura 4: uso pedagógico do aplicativo



Fonte: Os autores

O ambiente real ficou mais enriquecido (TORI, KIRNER e SISCOUTO, 2006), por meio de objetos virtuais e funcionando em tempo real. Os resultados mostraram que o aplicativo facilitou a aprendizagem de geometria, proporcionou um interesse pelo aprendizado de geometria, por meio de uma experiência educativa (TEIXEIRA, 2010) e elaborando novos conhecimentos, a partir dessa experiência vivenciada, conforme orienta GASQUE (2008). Este instrumento apresentou ainda solução para as dificuldades relacionadas a visualização de imagens tridimensionais, falta de material concreto para manipulação pelos alunos e uma maior interação em tempo real com os poliedros de Platão. Não foi preciso nenhum tipo de treinamento prévio para uso do aplicativo de RA e não foi necessário a utilização de recursos complexos, confirmando as pesquisas de TORI, KIRNER e SISCOUTO (2006).

c) Funcionalidades do aplicativo: 41% dos alunos discordaram totalmente que o aplicativo apresentou erros durante a atividade e 29% concordaram parcialmente que o aplicativo apresentou erros. A respeito da visualização das formas dos poliedros de Platão, 88% concordaram totalmente que conseguiram visualizar corretamente as diversas formas. 82% dos alunos concordaram totalmente que conseguiram manipular corretamente as figuras geométricas, por meio dos toques na tela e botões virtuais. Sobre a ajuda para manipular o aplicativo e o guia, 59% dos alunos não precisaram, em nenhum momento, de ajuda e conseguiram realizar as atividades de forma autônoma.

Os alunos Imigrantes Digitais conseguiram utilizar a tecnologia de RA sem dificuldades, da mesma maneira que os Nativos Digitais. Apesar de PRENSKY (2001, 2010) apontar que os Imigrantes Digitais possuem certa dificuldade na relação e uso das tecnologias, houve indícios que contrapõe essa afirmação, em se tratando do uso específico da RA. Para PRENSKY (2001), os Imigrantes Digitais, em algum momento de suas vidas, ficaram fascinados pelas tecnologias e passaram a dotá-las.

d) Aceitação do Guia de Aprendizagem: O guia de aprendizagem foi bem aceito e avaliado pelos alunos. 82% dos alunos concordaram totalmente que o guia de aprendizagem auxiliou na utilização do aplicativo e, sobre o nível de dificuldade do conteúdo de poliedros de Platão, presente no guia, 35% dos alunos discordaram totalmente que o conteúdo era muito difícil, 12% dos alunos discordaram parcialmente e outros 12% dos alunos não concordaram e nem discordaram que era difícil. Era importante saber esse nível de dificuldade do conteúdo de poliedros de Platão pois, caso os alunos indicassem que o conteúdo fosse muito difícil, muito provavelmente os alunos do PROEJA não iriam aceitar o produto.

e) Implantação do ambiente de aprendizagem móvel: a aprendizagem móvel é definida pela UNESCO (2013) como sendo o envolvimento do uso de tecnologias móveis a fim de permitir

a aprendizagem a qualquer hora e em qualquer lugar. Foi possível constatar que o uso do aplicativo PoliedrosRA contribuiu para sustentar cinco, dos 13 benefícios da aprendizagem móvel. O benefício “permitir a aprendizagem a qualquer hora, em qualquer lugar” pode ser confirmado uma vez que 71% dos alunos consideraram interessante e motivador o uso de *smartphones* como instrumento para auxiliar na aprendizagem. O benefício “apoiar a aprendizagem fora da sala de aula” pode ser constatado também pois, 76% dos alunos conseguiram utilizar o aplicativo e o guia de aprendizagem fora da sala de aula, sem o auxílio do professor.

O benefício “facilitar a aprendizagem individualizada”, também foi identificado uma vez que 65% dos alunos concordaram totalmente que o aplicativo PoliedrosR facilitou a aprendizagem. Baseado nas observações do pesquisador, foi possível identificar também os benefícios “fornece retorno e avaliação imediatos”, pois os alunos conseguiram ver em tempo real os Poliedros de Platão e ter um retorno imediato das atividades propostas, e “assegurar o uso produtivo do tempo em sala de aula”, pois os alunos usaram o produto educacional fora da sala de aula e o professor teve mais tempo em sala de aula para reforçar outros conteúdos e tirar dúvidas.

Vale ressaltar que os dados obtidos no primeiro questionário (Questionário A), também permitiu identificar um cenário favorável para a implementação de um ambiente de aprendizagem móvel para os Imigrantes Digitais. Esses dados mostraram que somente um aluno da turma não possuía *smartphone*, alguns alunos já usaram mais de 3 vezes o *smartphone* em atividades pedagógicas dirigidas pelo professor, mais da metade dos alunos costuma utilizar o *smartphone* para aprendizagem fora da sala de aula e quase metade dos alunos já ouviu falar em tecnologia de RA.

Considerações Finais

Esta pesquisa buscou investigar as implicações do uso da tecnologia de RA para a aprendizagem de geometria, pelos alunos considerados Imigrantes Digitais. Para auxiliar na condução dessa investigação, foi utilizado o embasamento metodológico da Engenharia Didática, e proposto um produto educacional, denominado Instrumento Didático Interativo, constituído de um aplicativo para *smartphones* baseado em tecnologia de RA e um guia de aprendizagem. Após o uso do produto educacional, os alunos responderam um questionário de experimentação e validação do produto.

Após concluída a pesquisa, conseguimos encontrar alguns elementos para responder à pergunta de partida: como a tecnologia de RA contribui para a aprendizagem de geometria dos alunos imigrantes digitais? A tecnologia de RA favoreceu a criação de um ambiente de aprendizagem móvel, pode ser usada pelos Imigrantes Digitais sem dificuldades. Da mesma maneira, a tecnologia de RA produziu um ambiente facilitador, interessante e interativo, com

potencial pedagógico, para a aprendizagem de geometria. Houve indícios também de que a RA requer procedimentos metodológicos e infraestrutura tecnológica simples, para dinamizar uma aula sobre poliedros de Platão.

Por fim, esta pesquisa tornou-se essencial para a compreensão das relações entre RA, aprendizagem de Geometria e Imigrantes Digitais. Foi possível identificar e destacar novos elementos que contribuíram para produzir novas narrativas sobre esse tema, apesar de não expressar na sua totalidade, pois consideramos ainda um longo caminho a percorrer e, mesmo assim, ainda não esgotaremos um assunto tão valioso.

Referências

- ALKHAMISI, A. O.; MONOWAR, M. M. Rise of Augmented Reality: Current and Future Application Areas. **International Journal of Internet and Distributed Systems**. 2013. p. 25-34;
- ALMOULOUD, S. A.; QUEIROZ, C. de; COUTINHO, S. Engenharia Didática: características e seus usos em trabalhos apresentados no GT-19/ANPEd. **Revemat: Revista Eletrônica de Educação Matemática**, v. 3, n. 1, p. 62-77, 2008.
- ALMOULOUD, S. A.; SILVA, M. J. F. da. Engenharia didática: evolução e diversidade. **Revemat: Revista Eletrônica de Educação Matemática**, v. 7, n. 2. 2012. p. 22-52.
- AZUMA, R.; et al. Recent advances in augmented reality. **IEEE computer graphics and applications**, v. 21, n. 6, p. 34-47, 2001.
- BRASIL. Decreto nº 5.840, de 13 de julho de 2006. Institui, no âmbito federal, o Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na Modalidade de Educação de Jovens e Adultos - PROEJA, e dá outras providências. [Diário Oficial da União], Brasília, DF, 13 jul. 2006.
- CAUDELL, T. P.; MIZELL, D. W.. Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. **System Sciences, Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference** on. 1992. p. 659-669.
- CARNEIRO, V. C. G.; Engenharia didática: um referencial para ação investigativa e para formação de professores de matemática. **Zetetike**, v. 13, n. 1. 2005. p. 87-120.
- DOLCE, O.; POMPEO, J. N. **Fundamentos de matemática elementar - geometria espacial**. v. 10. 7ª ed. Atual Editora, 2013.
- GASQUE, K. C. G. D. O papel da experiência na aprendizagem: perspectivas na busca e no uso da informação. **Transinformação [online]**. vol.20, n.2. 2008, p.149-158. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/tinf/v20n2/03.pdf>. Acesso em 10/05/2019.
- HAND, C. Other faces of virtual reality. In: Brusilovsky P., Kommers P., Streitz N. (eds) **Multimedia, Hypermedia, and Virtual Reality Models, Systems, and Applications**. MHVR, 1996. Lecture Notes in Computer Science, v. 1077, 1996.

KIRNER, C.; KIRNER, T. G. **Evolução e tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada**. Livro do XIII Pré-Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada, Uberlândia, 2011. p. 10-25.

KRUEGER, M. W. **Responsive Environments**. AFIPS 46 National Computer Conference Proceedings. Dallas, Texas. 1977. p. 423-433.

MARTINS, T. D.; GOLDONI, V. **Minicurso Descobrimos os Poliedros de Platão**. XVI Encontro regional de estudantes de matemática da região sul. PUCRS. 2010. Acesso em 26.02.2019. Disp. em: <http://www.pucrs.br/edipucrs/erematsul/minicursos/descobrimosopoliedros.pdf>

PALFREY, J.; GASSER, U. **Nascidos na era digital: entendendo a primeira geração de nativos digitais**. Porto Alegre: Grupo A, 2011.

PAVANELLO, R. M. **Por que ensinar/aprender geometria**. VII Encontro Paulista de Educação Matemática, 2004. Disponível em: http://miltonborba.org/CD/Interdisciplinaridade/Anais_VII_EPEM/mesas_redondas/mr21-Regina.doc. Acesso em 08/04/2019.

PRENSKY, M. Digital natives, digital immigrants. **On the Horizon**. NBC University Press, v. 9, n. 5, outubro 2001.

PRENSKY, M. **Não me atrapalhe, mãe - eu estou aprendendo!** Como os videogames estão preparando nossos filhos para o sucesso do século XXI – e como você pode ajudar! São Paulo: Phorte, 2010.

SALVIATI, Maria Elisabeth. Manual do Aplicativo Iramuteq. Compilação, organização e notas. Planaltina, março de 2017. Disponível em <http://www.iramuteq.org/documentation/fichiers/manual-do-aplicativo-iramuteq-parmaria-elisabeth-salviati>

SOUZA, E. S. de; BULOS, A. M. M. A ausência da geometria na formação dos professores de matemática: causas e consequências. **Anais XIII Conferência Interamericana de Educação Matemática – CIAEM**. Recife, Brasil. 2011.

SUTHERLAND, I. E. A head-mounted three dimensional display. **Proceedings of the Fall Joint Computer Conference** 1968. Thompson Books, 1968. p. 757-764.

TEIXEIRA, A. **A pedagogia de Dewey**. In: Westbrook, Robert B; Teixeira, Anísio. *John Dewey*. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2010.

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOUTO, R. **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. Livro do pré-simpósio VIII Symposium on Virtual Reality. Porto Alegre: Editora SBC, 2006.

UNESCO. **Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura Diretrizes de políticas para a aprendizagem móvel**. 2013. Disponível em <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000227770>. Acesso em: 20/01/2019.