

ENSINO E APRENDIZAGEM DOS SÓLIDOS GEOMÉTRICOS: UMA ABORDAGEM COM REALIDADE AUMENTADA

TEACHING AND LEARNING OF GEOMETRIC SOLIDS: AN AUGMENTED REALITY APPROACH

ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE SÓLIDOS GEOMÉTRICOS: UN ENFOQUE DE REALIDAD AUMENTADA

CAUE DUARTE¹
ROZANE DA SILVEIRA ALVES²
RAFAEL MONTOITO³

RESUMO

Este artigo relata uma experiência, parte de uma dissertação concluída, que investigou a utilização da Realidade Aumentada (RA) no ensino e aprendizagem dos sólidos geométricos, visando responder como a visualização, potencializada pelo uso de Realidade Aumentada, possibilita o ensino e a aprendizagem dos sólidos geométricos. A dissertação é resultado de uma pesquisa qualitativa, do tipo experimental. Os sujeitos da investigação foram alunos do curso de Licenciatura em Matemática. Ofertou-se um curso na modalidade a distância sobre sólidos geométricos, utilizando Realidade Aumentada, o qual gerou dados para análise por meio de cinco instrumentos: formulário de inscrição; formulário de avaliação; tarefas e atividades; observação das aulas síncronas; e notas de campo do pesquisador. Os resultados mostraram que os estudantes perceberam a Realidade Aumentada como potencializadora do ensino e aprendizagem dos sólidos geométricos. Ainda, através da análise dos dados, também foi percebida a apropriação pelos alunos da Calculadora 3D, através da ação instrumentada, desenvolvendo o processo de mediação semiótica.

Palavras-chave: Educação matemática. Geometria espacial. Sólidos geométricos. Semiótica. Realidade aumentada.

ABSTRACT

This work investigates the use of Augmented Reality (AR) in the teaching and learning of geometric solids, aiming to answer how the visualization potentiated by the use of Augmented Reality enables the teaching and learning of geometric solids. This qualitative research is defined as an experimental research. The research subjects are students of the Degree in Mathematics offered by the Federal University of Pelotas. A distance course was offered on geometric solids, using Augmented Reality. Data were collected in the course offered through the registration form, evaluation form, tasks and activities, observation of synchronous classes, and field notes by the researcher. The results showed that students perceive Augmented Reality as a potential for teaching and learning geometric solids. Through the analysis of the data, it was also noticed the appropriation by the students of the 3D Calculator, through the instrumented action, developing the process of semiotic mediation.

Keywords: Mathematics education. Spatial geometry. Geometric solids. Semiotics. Augmented reality.

RESUMEN

Este trabajo investiga el uso de la Realidad Aumentada (AR) en la enseñanza y el aprendizaje de los sólidos geométricos, con el objetivo de responder cómo la visualización potenciada por el uso de la Realidad Aumentada posibilita la

1 Mestre em Educação Matemática. Universidade Federal de Pelotas. E-mail: caueduar@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4719-5613>

2 Doutora em Educação. Universidade Federal de Pelotas. E-mail: rsalvex@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9409-3495>

3 Doutor em Educação para a Ciência. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense. E-mail: xmontoitto@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3294-3711>

enseñanza y el aprendizaje de los sólidos geométricos. Esta investigación cualitativa se define como una investigación experimental. Los sujetos de investigación son estudiantes de la Licenciatura en Matemáticas que ofrece la Universidad Federal de Pelotas. Se ofreció un curso a distancia sobre sólidos geométricos, utilizando Realidad Aumentada. Los datos fueron recolectados en el curso ofrecido a través del formulario de registro, formulario de evaluación, tareas y actividades, observación de clases sincrónicas y notas de campo por parte del investigador. Los resultados mostraron que los estudiantes perciben la Realidad Aumentada como un potencial para la enseñanza y el aprendizaje de sólidos geométricos. A través del análisis de los datos, también se percibió la apropiación por parte de los estudiantes de la Calculadora 3D, a través de la acción instrumentada, desarrollando el proceso de mediación semiótica.

Palabras-clave: Educación matemática. Geometría espacial. Sólidos geométricos. Semiótica. Realidad aumentada.

INTRODUÇÃO

Este artigo é resultado de uma dissertação de mestrado, defendida por Duarte (2021), que analisou o uso da Realidade Aumentada para auxiliar no ensino e na aprendizagem do conteúdo de sólidos geométricos, no que tange a modificações entre as suas representações e na percepção dos resultados sugeridos por essas modificações.

A Realidade Aumentada (RA), descrita por Milgram (1995) no seu *Continuum* da realidade utilizada neste trabalho, é a inserção de uma ou mais camadas de informações sobre a realidade, através de algum dispositivo como óculos especiais ou câmeras de *smartphones*, por exemplo.

A tecnologia RA proporciona representações de gráficos e sólidos geométricos com imersão, podendo contribuir para o processo de ensino e aprendizagem, especialmente quando se trata de situações que envolvam representações em duas ou três dimensões, apresentando os objetos de forma mais clara do que o fazem suas representações nos livros didáticos e na lousa ou quadro negro tradicionais, nos quais os sólidos são representados de forma plana.

O aplicativo utilizado como ferramenta de suporte à RA foi a Calculadora Gráfica GeoGebra 3D, que assim será denominada neste trabalho, uma vez que, na loja virtual da *Apple*, para dispositivos *IOS*, é chamada Calculadora GeoGebra 3D, diferentemente da nomenclatura utilizada na loja virtual da *Google*, para dispositivos *Android*, onde se chama Calculadora Gráfica GeoGebra 3D.

Nesse contexto, é importante salientar que o aplicativo funciona em *smartphones*, dispensando a necessidade de um laboratório de informática com computadores para as atividades propostas.

Como parte da pesquisa desenvolvida - a qual aqui será dada maior relevância -, foi ofertado um curso para os alunos da Licenciatura em Matemática, na plataforma *Moodle*, com atividades assíncronas e encontros síncronos semanais, sobre sólidos geométricos com uso da RA.

Na escolha do tema da pesquisa se considerou a popularização dos dispositivos tecnológicos, o interesse no uso desses dispositivos por parte dos alunos e que, em geral, os sólidos são representados de forma bidimensional em livros ou quadros.

REFERENCIAL TEÓRICO

O ensino de Geometria, tanto quanto sua aplicação, é importante, visto que possibilita um entendimento mais amplo dos objetos, suas localizações e distâncias, desenvolvendo um maior controle sobre as operações geométricas. Segundo Fainguelernt (1996, p. 5), "A Geometria é considerada como uma ferramenta para compreender, descrever e interagir com o espaço em que vivemos;

é, talvez, a parte da Matemática mais intuitiva, concreta e real”. Dos conteúdos matemáticos, a Geometria destaca-se, pois nasce da necessidade humana de resolver questões práticas do cotidiano, seja na construção de casas e divisão de terras para a formação de fronteiras, seja prevendo o movimento dos astros (LORENZATO, 2008).

A Geometria Espacial trata do estudo da Geometria do espaço tridimensional euclidiano, ou seja, dos objetos que possuem três dimensões e suas relações matemáticas. Fainguelerntn (1996, p. 48) enfatiza a importância da Geometria no desenvolvimento do raciocínio visual e do pensamento espacial, “necessitando recorrer à intuição, à visualização, à percepção e à representação, que são habilidades essenciais para leitura do mundo, e para que a visão da Matemática não fique distorcida”.

Gravina e Contiero (2011) refletem sobre a aprendizagem de Geometria, a partir de situações em que a Geometria é ensinada simplesmente a partir da apresentação de conceitos. Neste cenário, os alunos não têm oportunidade de manusear as formas, para explorá-las e compreendê-las, e, assim, desenvolver o raciocínio geométrico. Ainda complementa que “os livros apresentam uma coleção de definições e as propriedades são tomadas como ‘fatos’, sem que haja uma maior explicação.” (GRAVINA; CÔNTIERO, 2011, p. 2).

Nesse sentido, Nascimento (2012) destaca a importância exagerada do livro didático em relação a outras práticas pedagógicas, e explica que no livro didático o conteúdo é exposto sem nenhuma conexão com o cotidiano, como um apanhado de definições, propriedades e fórmulas.

Pesquisas apontam dificuldades de aprendizagem da Geometria durante o ensino fundamental e médio, as quais são frequentemente relatadas e estudadas por pesquisadores como Machado (2003). Essas pesquisas tratam de dificuldades na visualização das figuras geométricas, e nas relações existentes entre suas formas. O entendimento complica-se com cálculos de área e volume, pois os alunos os realizam por mecanização, não entendendo novas situações diferentes do praticado em aula.

Essas dificuldades na visualização são um dos maiores problemas percebidos no aprendizado de Geometria Espacial, Machado (2003), inclusive no aprendizado de adultos, que também têm dificuldade em visualizar no plano e no espaço as formas geométricas. Desta forma, Nacarato e Passos (2003) argumentam que o currículo de matemática deve:

[...] incluir Geometria bi e tridimensional para que os alunos sejam capazes de descrever, desenhar e classificar figuras; de investigar e prever o resultado; de combinar, subdividir e transformar figuras; de desenvolver a percepção espacial; de relacionar ideais geométricas com ideais numéricas e de medição; de reconhecer e apreciar a Geometria dentro de seu mundo (NACARATO; PASSOS, 2003, p. 28).

Outro fator que aumenta as dificuldades no aprendizado dos sólidos geométricos é a Geometria nem sempre estar relacionada com outros conteúdos, gerando uma defasagem que acompanha o aluno até o ensino superior, conforme explica Gravina (1996, p. 2):

[...] [os alunos] chegam à universidade sem terem atingido os níveis mentais superiores de dedução e rigor, apresentando até mesmo pouca compreensão dos objetos geométricos, confundindo propriedades do desenho com propriedades do objeto; axiomas, definições, propriedades e teoremas são conceitos confusos, sem hierarquização e dificilmente estes alunos conseguem estruturar uma demonstração.

Somado a esses fatores, temos ainda o processo de “desvisualização”, que teve início no século XVII, com o advento da Geometria Analítica. Cifuentes (2005) explica que esse termo mostra a intensificação da utilização de equações em detrimento da representação gráfica das formas. Nesse processo, há o gradativo abandono da representação gráfica utilizada na Geometria Euclidiana.

Uma das formas de mitigar essa “desvisualização” é a teoria dos Registros de Representação Semiótica (RRS), proposta pelo francês Raymond Duval, que tem grande contribuição para a Educação Matemática. Sob sua ótica “ensinar Matemática é, antes de tudo, proporcionar o desenvolvimento do raciocínio, de análise e de visualização” (DUVAL, 2003, p. 11).

Como os objetos matemáticos não existem fisicamente, convém salientar que a Matemática é baseada em “representações”, que são estruturas para mostrar determinado objeto de diferentes formas (DUVAL, 2009, p. 14). Logo, o ensino deve levar em consideração essas relações e suas diferentes representações.

Duval afirma, ainda, que a confusão entre objeto e representação é quase inevitável, porque a apreensão dos objetos matemáticos é conceitual. Porém, é somente por meio das representações semióticas que as atividades cognitivas sobre esses objetos são possíveis (DUVAL, 2011). Essa impossibilidade de acesso aos objetos matemáticos gera o Paradoxo Cognitivo da Matemática, que consiste na confusão entre o objeto e sua representação, sendo que só se tem acesso ao objeto por meio da representação.

[...] É essencial jamais confundir os objetos matemáticos, como os números, as funções, as retas, etc., com suas representações, quer dizer, as escrituras decimais ou fracionárias, os símbolos, os gráficos, os traçados de figuras [...] porque um mesmo objeto matemático pode ser dado através de representações muito diferente (DUVAL, 2009, p. 14).

A Teoria da Mediação Semiótica (TSM), proposta por Bussi e Mariotti (2018), descreve e explica os processos de uso de artefato específico na realização de alguma tarefa, levando o aluno a apropriar-se do conteúdo matemático específico.

Por meio do processo de transformação do artefato em instrumento, o significado matemático pode ser acessado. Sendo assim, o artefato tem dois papéis: como meio de realizar tarefas e como ferramenta de mediação semiótica para efetivação de um objetivo didático (MARIOTTI, 2018).

Ainda de acordo com Mariotti (2018), fica com o professor a tarefa de desenvolver o potencial semiótico do artefato, estimulando a produção de signos específicos e espontâneos durante as discussões coletivas e orientando a evolução desses signos para os signos matemáticos.

As Tecnologias Digitais, amplamente utilizadas para diversas finalidades cotidianas, encontram-se também integradas ao dia a dia dos alunos. Essa popularização das tecnologias, segundo Borba, Silva e Gadanidis (2014), pode ser atrelada às práticas docentes com RA à quarta fase das Tecnologias Digitais na Educação Matemática, compostas por algumas características, como: Tecnologias Móveis, telas de toque e interativas, novos designs, câmeras, etc.

A RA é uma tecnologia que permite sobrepor elementos digitais ou digitalizados ao mundo físico por meio da projeção na tela 2D de um dispositivo, proporcionando ao usuário acesso a uma ampla gama de conteúdo. Além disso, a RA tem sido apontada como uma ferramenta promissora para aprimorar a aprendizagem, especialmente em áreas como a matemática.

De acordo com Borba, Silva e Gadanidis (2014), as simulações realizadas por meio da tecnologia RA têm o potencial de expandir os limites da aprendizagem, oferecendo maior dinamicidade às construções matemáticas por meio de recursos visuais e interativos. A RA pode, portanto, fornecer uma experiência de aprendizagem mais envolvente e atrativa, tornando a matemática mais acessível e interessante para os estudantes.

Outra vantagem da utilização da tecnologia RA em disciplinas que envolvam matemática, conforme apontado por Forte e Kirner (2009), é a possibilidade de experimentação. Os estudantes podem manipular objetos virtuais em um ambiente controlado, o que permite testar e visualizar os conceitos matemáticos de forma mais eficaz. A RA, portanto, pode ajudar a diminuir a distância entre a teoria e a prática, tornando a aprendizagem da matemática mais concreta e aplicável.

METODOLOGIA

A pesquisa utilizou a abordagem qualitativa, propondo o uso do aplicativo Calculadora 3D para auxiliar o aprendizado e o ensino de Geometria, mais especificamente na representação de sólidos tridimensionais. Minayo (2001) afirma que:

[...] A pesquisa qualitativa trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e nos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis (MINAYO, 2001, p. 14).

Referente aos procedimentos, o trabalho de pesquisa pode ser qualificado como pesquisa exploratória. Definida por Gil (2002), a pesquisa exploratória tem a finalidade de

[...] desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. [...] são desenvolvidas com o objetivo de proporcionar visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato. (GIL, 2012, p. 27).

Com o uso dessa metodologia e procedimentos, a pesquisa procurou responder a seguinte questão: “Como a visualização potencializada pelo uso de Realidade Aumentada possibilita o ensino e o aprendizado dos sólidos geométricos?”

Para isso, desenvolveu-se e se propôs a aplicação de uma sequência didática, utilizando o aplicativo supracitado, na forma de um curso, na modalidade *on-line*, para estudantes das Licenciaturas em Matemática. A escolha pela modalidade *on-line* foi decorrente de, à época da pesquisa, estar a sociedade em distanciamento social, por conta da pandemia de COVID-19.

A pesquisa foi realizada na Universidade Federal de Pelotas (UFPel), uma instituição de ensino superior, pública, brasileira, mantida pelo Governo Federal, com sede administrativa na cidade de Pelotas, situada ao sul do estado do Rio Grande do Sul.

A UFPel oferece três cursos de Licenciatura em Matemática: o curso Integral, com aulas presenciais diurnas (CLM); o curso Noturno (CLMN), também com aulas presenciais; e o curso com aulas na modalidade a Distância (CLMD).

O termo “grau de maturidade” refere-se ao nível de estabilidade, confiabilidade e sofisticação que uma tecnologia, produto ou projeto alcançou em um determinado momento. No caso específico

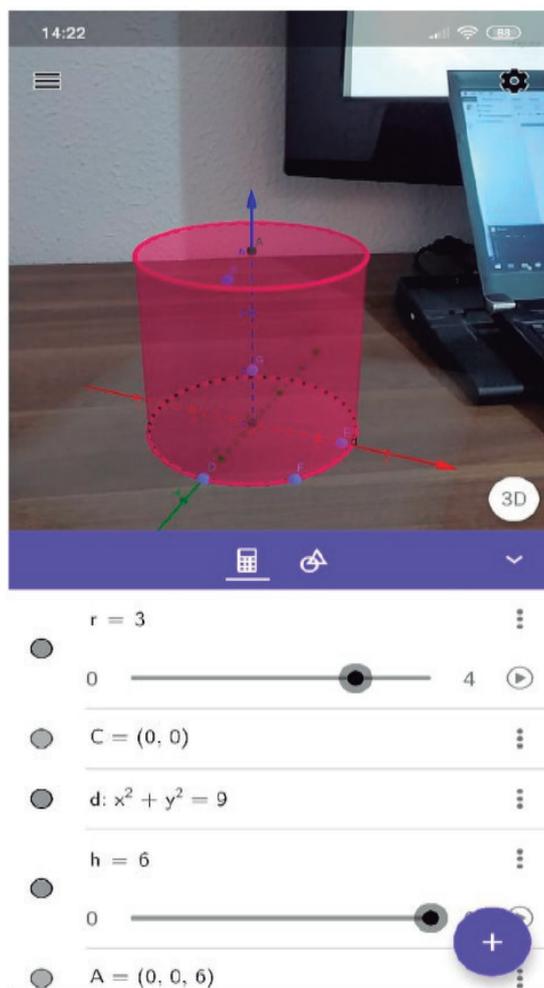
do GeoGebra, a sua longa trajetória no mercado, aliada ao fato de ser amplamente utilizado em diversas áreas de ensino e pesquisa, demonstra uma maturidade elevada em relação a outras opções disponíveis no mercado. Por isso, a escolha da Calculadora 3D baseada no GeoGebra foi vista como uma opção segura e confiável para o desenvolvimento de soluções matemáticas avançadas.

A versão específica para RA, GeoGebra *Augmented Reality*, funciona somente para *IOS*, o que dificultou a sua utilização na pesquisa, pois restringiu este estudo apenas a usuários dessa plataforma específica.

Ao delimitar o tema da pesquisa em RA, automaticamente limitou-se às plataformas para *mobile*, que, por utilizarem *smartphones*, possibilitam a aplicação das atividades sem o uso de laboratório de informática, dado que a maioria dos dispositivos é compatível com esses sistemas operacionais.

Pesquisando a família de aplicativos do GeoGebra, verificou-se que a Calculadora 3D GeoGebra possui suporte para a RA, é compatível com os principais sistemas operacionais de *smartphones* (*Android* e *IOS*), além de importar projetos feitos no GeoGebra, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1 - Projeção em Realidade aumentada de sólido utilizando a Calculadora 3D com RA.



Fonte: Duarte, 2021.

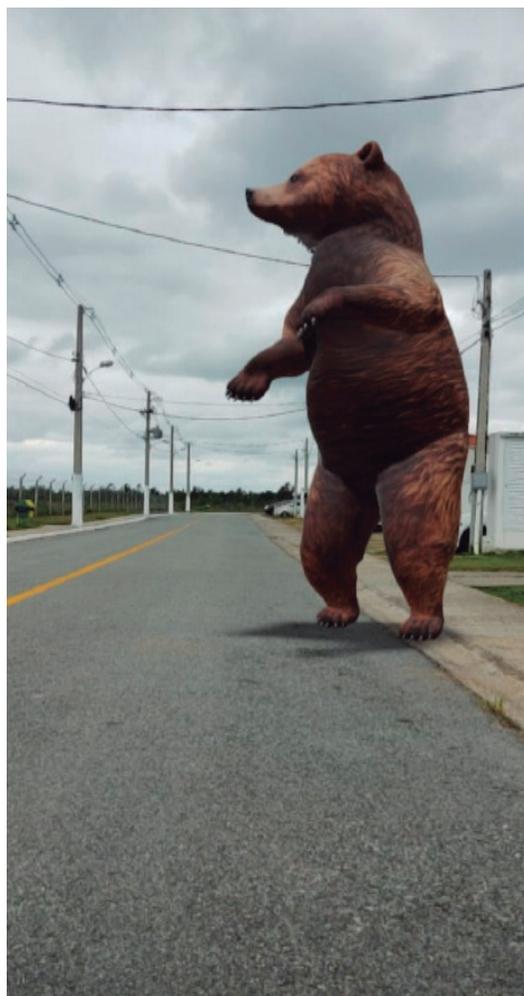
A pesquisa que originou a dissertação defendida foi organizada em duas etapas distintas. Na primeira etapa, foram realizados estudos, levantamentos de dados e observações relevantes ao tema. Já na segunda, ocorreu a intervenção propriamente dita, através da realização do curso planejado.

A observação foi realizada na turma da disciplina de Geometria Espacial no curso de Licenciatura em Matemática Noturno, durante o segundo semestre de 2019, e teve por objetivo registrar de que forma o professor da turma apresentava os conteúdos, as metodologias utilizadas e como os alunos interagiram entre si e com o professor, proporcionando um melhor entendimento do problema de pesquisa.

A segunda etapa consistiu na intervenção, por meio de um curso, no qual foi aplicada a sequência didática referente aos sólidos geométricos: cilindro, pirâmide, cone, prisma e esfera. Logo após, foram definidas as atividades envolvendo os materiais elaborados.

As atividades foram dispostas em seis semanas, sendo que a primeira foi dedicada ao histórico: conceitos de RA e atividades introdutórias para um primeiro contato com a tecnologia. Nela, foram projetadas imagens de animais em RA utilizando-se da busca disponibilizada na ferramenta *Google*, o que pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 - Projeção de imagens de animais com a ferramenta *Google*.



Fonte: Duarte, 2021.

As demais cinco semanas foram utilizadas uma para cada sólido: cilindro, cone, prisma, pirâmide e esfera. Em cada uma delas, seguiu-se a seguinte ordem de materiais, conforme mostrado no Quadro 1:

Quadro 1 - Distribuição dos materiais nas atividades.

| Material | Atividade |
|----------------------------|--|
| Material introdutório | Documento de texto contendo revisão dos principais conceitos sobre o sólido da semana. |
| Vídeos | Vídeo demonstrando, passo a passo, como criar os sólidos com dimensões fixas e ajustáveis na Calculadora 3D. |
| Atividades de visualização | <i>Applets</i> do GeoGebra com visualização dos principais elementos do sólido. |
| Atividades de cálculo | <i>Applets</i> com demonstrações dos cálculos referentes ao sólido. |
| Tarefas | Problemas envolvendo a visualização dos elementos para sua solução. |

Fonte: construção do autor.

A cada semana, duas tarefas eram solicitadas. Uma delas era a resolução de um problema referente ao sólido que estava sendo estudado e, a outra, um texto em que o participante narrava suas percepções ao trabalhar com os materiais. No texto, o participante enumerava, caso houvesse, dificuldades encontradas e achados do aprendizado *on-line*, para auxiliar os alunos com dificuldade em executar as tarefas, além de trocar experiências sobre a realização das atividades da semana. Os encontros ocorreram sempre aos domingos pela manhã, com repetição na segunda à noite, para que a maioria dos alunos tivesse oportunidade de participar desses momentos síncronos.

A coleta de dados aconteceu em cinco etapas diferentes, ao longo da pesquisa: (1) no ato das inscrições do curso, quando os alunos responderam a um questionário; (2) no grupo do *Whatsapp*, no qual os participantes trocaram mensagens entre si e com o pesquisador; (3) a partir das tarefas semanais, em que os participantes resolviam um problema e opinavam sobre os materiais disponibilizados, indicando dificuldades na manipulação e pontos que consideraram positivos; (4) nos encontros síncronos, em que os participantes conversavam com o pesquisador relatando suas experiências; e, por fim, (5) no formulário de avaliação respondido pelos participantes, que mostrou a opinião sobre o curso e os materiais didáticos disponibilizados.

ANÁLISE E RESULTADOS

A análise dos dados foi realizada em duas etapas. Na primeira, apresentou-se o perfil dos alunos inscritos no curso, e, na segunda, utilizou-se a Análise de Conteúdo (BARDIN, 1979) sobre os dados extraídos das respostas dos formulários para se construir observações a partir das categorias observadas.

Nesta primeira etapa, a partir dos dados informados em algumas das questões do formulário de inscrição para o curso, apresenta-se, inicialmente, a análise feita sobre o perfil dos alunos. As questões do formulário que não foram analisadas nesta etapa foram comentadas nas categorias elencadas; na segunda etapa.

Participaram do curso 39 alunos, sendo 5 do curso integral ou diurno, 14 do curso noturno e 20 do curso a distância. Somente 13 dos 39 participantes concluíram o curso com o envio de todas as

tarefas, condição necessária para obter o certificado do curso emitido pela Pró-Reitoria de Extensão da UFPel. Porém, muitos desistentes entraram em contato com o pesquisador informando que a sobrecarga de trabalho com as disciplinas em que estavam matriculados os impedia, ou dificultava, a realização das tarefas a serem entregues, embora tenham consultado o material disponibilizado no *Moodle*.

Como o curso sobre utilização de RA foi ofertado na modalidade a distância, observou-se uma maior procura dos alunos do curso de Licenciatura em Matemática a Distância (CLMD) em relação aos cursos de Licenciatura em Matemática Integral (CLM) e Licenciatura em Matemática Noturno (CLMN).

Com relação aos cursos presenciais, a totalidade dos alunos participantes da pesquisa eram concluintes, e, por diversas vezes, em suas manifestações, demonstraram preocupação em aprender a utilizar as tecnologias, já pensando em suas atuações como professores após concluírem a graduação.

As respostas do formulário de inscrição apontaram que 70% dos alunos do CLMD estavam cursando o primeiro semestre e, por esse motivo, ainda não haviam cursado as disciplinas de Geometria Plana e Espacial. Já os alunos do CLM e CLMN estavam matriculados em semestres intermediários e finais de seus currículos, e já haviam cursado ambas disciplinas.

Embora 94,9% dos alunos tivessem *internet*, apenas 23,1% consideraram sua *internet* ótima para o uso, enquanto o restante declarou ser boa (53,8%) ou apenas regular (23,1%).

Na segunda etapa da análise, utilizaram-se os demais dados coletados e, aplicando-se a Análise de Conteúdo de Bardin, foram elaboradas as seguintes categorias, as quais permitiram ao pesquisador realizar interpretações acerca do andamento do curso:

1. INFRAESTRUTURA E ACESSO ÀS TECNOLOGIAS

As tecnologias digitais tornaram-se importantes ferramentas auxiliares, tanto no âmbito profissional quanto na educação, e, como consequência das medidas de restrições sociais, foram adotadas por diversas instituições como parte de estratégia de enfrentamento ao COVID-19, principalmente por possibilitarem aulas e cursos nas mais diversas plataformas remotas.

Ao observar as respostas às perguntas específicas dos questionários e as informações compartilhadas durante os encontros síncronos, surgiram questões relacionadas à infraestrutura disponível para os estudantes, o que levou à criação da categoria atual.

Ao longo de seis encontros síncronos, realizados através da plataforma *webconf*, integrada ao ambiente virtual de aprendizagem Moodle, foram relatadas dificuldades de participação por parte dos estudantes, problemas decorrentes de questões relacionadas a equipamentos e *internet*. Alguns alunos precisaram utilizar computadores ou *smartphones* emprestados e/ou lidar com uma conexão instável, que frequentemente os obrigava a se reconectarem várias vezes à plataforma.

Em alguns casos, devido à instabilidade do acesso na plataforma *webconf*, foi necessário utilizar a plataforma *Zoom* para a realização dos encontros. Embora essa plataforma ofereça acesso gratuito, é importante destacar que, a cada 40 minutos, é necessário reiniciar a reunião, o que causava uma interrupção para os participantes e, por vezes, na linha do pensamento que estava sendo construída.

Sobre a questão de acesso às tecnologias, Borba, Silva e Gadanidis (2014), consideram que:

Sabemos que devemos suspeitar de soluções fáceis para problemas complexos. A pesquisa acadêmica sugere que a incorporação de amplas parcelas da população à escola, baixos salários dos professores, descaso de anos com o status da profissão docente, além das rápidas transformações tecnológicas que o mundo vive

há cerca de cem anos, impactaram a escola de modo incessante (BORBA; SILVA; GADANIDIS, 2014, p. 3).

Essas tecnologias digitais de comunicação e informação correspondem à quarta fase das Tecnologias Digitais na Educação Matemática, segundo Borba, Silva e Gadaniadis (2014). Os autores, ao referirem-se a essa fase, levando em consideração as Tecnologias Móveis, afirmam que “os usos dessas tecnologias já moldam a sala de aula, criando novas dinâmicas, e transformam a inteligência coletiva, as relações de poder (de Matemática) e as normas a serem seguidas nessa mesma sala de aula” (BORBA; SILVA; GADANIDIS, 2014, p. 77).

Sobre o uso do *smartphone* nos estudos, 66,67% afirmaram que utilizavam o dispositivo em algum grau para auxílio em seus estudos. Um aluno⁴ comentou que:

Sim costume, principalmente neste momento de pandemia. Mas utilizo bastante aplicativos de cálculos que resolvem integrais e derivadas, aplicativo de *scanner* para enviar resoluções de provas de cálculo por exemplo, e agora também a calculadora do GeoGebra, que antes não utilizava por não conhecer as suas funcionalidades, porém com o curso passei a utilizar (ALUNO 11, 26 anos, CLMD).

Acredita-se que essa afirmação poderia ser mais facilmente compreendida caso a pesquisa tivesse sido realizada em encontros presenciais, pois seria possível fornecer aos participantes que não possuísem equipamentos adequados, como *smartphones* ou *tablets* compatíveis com RA, artefatos tecnológicos, para que eles pudessem acessar as atividades propostas.

No entanto, durante o período de distanciamento social em que este trabalho foi concluído, escolas públicas e privadas, incluindo o ensino superior na UFPel, tiveram que adaptar suas atividades, optando por alternativas como aulas e encontros disponibilizados em plataformas de Ensino a Distância, tanto síncronas como assíncronas. Em virtude disso, as atividades do curso foram disponibilizadas na forma de vídeos e atividades de visualização e cálculo gerados na Calculadora 3D, para poderem ser acessadas no ambiente virtual de aprendizagem Moodle. Não obstante, o acesso ao material exigia *smartphones* mais avançados para sua visualização; e embora alguns alunos tivessem relatado não possuir equipamentos adequados para trabalhar com a tecnologia de RA, ainda assim, solicitaram autorização para fazer o curso, justificando ter muito interesse no assunto. Esses pedidos foram autorizados, pois, não se pretendia excluir nenhum estudante.

Cabe destacar que dados de uma pesquisa, realizada pelo Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic.br) e do Núcleo de Informação e Coordenação (NIC.br), sobre o acesso à *internet* no Brasil, indicam que um entre quatro brasileiros não tem acesso à *internet* (UNESCO, 2020). Além disso, quanto menor o grau de escolaridade e renda, menor é o acesso à *internet*; ainda, entre os analfabetos, o acesso chega a apenas 16% (UNESCO, 2020). Esse estudo igualmente mostra que aproximadamente 4,8 milhões de crianças e adolescentes, de 9 a 17 anos, vivem em domicílios sem acesso à *internet*.

⁴ Para manter o anonimato esperado em uma pesquisa que trabalha com sujeitos colaborativos, a identificação dos participantes será feita trocando seus nomes por ALUNO X.

2. FORMAÇÃO EM GEOMETRIA E USO DE TECNOLOGIAS

A presente categoria surgiu a partir da análise da formação em Geometria, relatada e apresentada pelos alunos durante o curso. Foi observado grande interesse e curiosidade por parte dos alunos, sendo que alguns relataram ter retomado os estudos após quase 20 anos, e que realizaram as atividades com a ajuda de seus filhos.

Indagados sobre o aprendizado de Geometria no Ensino Fundamental, dentre os 39 alunos matriculados, 16 declararam nunca ter tido contato com a disciplina nesse nível de ensino. Quatro alunos afirmaram não se recordar de ter estudado o tema ou de esse ter sido abordado de forma sucinta, como relatou um dos alunos: “Concluí o ensino fundamental e o ensino médio com EJA, portanto, se vimos algo foi bem por cima” (ALUNO 8, 27 anos, CLM).

Outra razão para a abordagem superficial da Geometria no Ensino Fundamental é quando o conteúdo dessa disciplina é deixado para o final, de modo que nem sempre é possível estudá-lo com o tempo e a profundidade necessários, conforme explicado por outro aluno:

Eu lembro de ter visto pouquíssimo conteúdo de geometria no Ensino Fundamental! Porque lembro que os professores acabavam deixando esta matéria para última hora e acabava que não era possível ter uma grande compreensão da matéria! (ALUNO 9, 21 anos, CLMN).

Um dos alunos, referindo-se ao aprendizado no Ensino Fundamental, disse não lembrar do conteúdo de Geometria visto: “Estudei. Mas não lembro muita coisa. Pois já faz muito tempo” (ALUNO 35, 32 anos, CLMN). Já outro, recordou apenas que enfrentou dificuldades em Geometria no Ensino Médio, embora não se recordasse exatamente quais foram. “Tive muita dificuldade com Geometria no Ensino Médio, sempre ia mal na matéria e pegava exame. Não lembro quais pontos eram mais complicados, por fazer mais de 25 anos que concluí” (ALUNO 4, 44 anos, CLMD).

Embora não seja possível afirmar que o curso tenha suprido todas as deficiências de conteúdo que os alunos apresentavam, é válido destacar que ele representou um momento importante de reengajamento dos estudantes com os conteúdos. Levando em conta a trajetória escolar de cada um, o reencontro com esses conteúdos serviu para lembrar conceitos que haviam sido esquecidos ou mesmo aprender novos, o que demonstra a relevância do curso para o processo de aprendizagem dos alunos.

3. PERCEPÇÃO DOS ALUNOS SOBRE RA NA APRENDIZAGEM E NO ENSINO DOS SÓLIDOS GEOMÉTRICOS.

Diversos autores, como Gravina e Contiero (2011), ao falar sobre aprendizagem de Geometria, apontam que os alunos não têm oportunidade de manuseio das formas para explorá-las e, assim, compreendê-las desenvolvendo o raciocínio geométrico. A partir das respostas de alguns dos alunos, quando questionados se as atividades em RA os auxiliaram no aprendizado dos sólidos, pode-se confirmar o ponto de vista desses autores, sobre como a visualização facilita a compreensão:

A clareza de poder enxergar o cilindro sob todos os ângulos, seus elementos e volumes. Achei bem didática a utilização da ferramenta GeoGebra (ALUNO 4, 44 anos, CLMD); Eu achei ótimo, só tenho pontos positivos, o uso das imagens, da calculadora

3D do GeoGebra facilita o cálculo e nos mostra como o sólido geométrico é formado mostrando todas as suas faces, nos dando uma visualização total de suas propriedades (ALUNO 28, 33 anos, CLMN).

Podendo corroborar o conceito de Apreensão Operatória, que, de acordo com Duval (2011), auxilia no aprendizado por meio de modificações e reorganizações nas figuras, na busca por soluções de problemas geométricos, um dos alunos afirmou: “É bastante interessante e conseguimos entender melhor a construção dos sólidos através dos desenhos que podemos girar e visualizar de diversos ângulos” (ALUNO 1, 21 anos, CLMD). Portanto, as informações fornecidas pelos alunos sugerem que a utilização da RA favorece a visualização e a compreensão dos sólidos, abandonando o processo já criticado por Gravina e Contiero (2011), quando indicam situações em que a Geometria é ensinada simplesmente a partir da apresentação de conceitos, o que empobrece a aprendizagem dos alunos.

Ainda, dois alunos destacaram a importância de se proporcionar materiais potencialmente significativos (MOREIRA, 2013) para que a aprendizagem ocorra de maneira mais efetiva.

Achei bem interessante, o modo que foi abordado; os exercícios foram bem planejados pois juntam vários conceitos aprendidos ao longo do curso. Consegui visualizar os sólidos em 3D e em RA, e visualizar em RA torna bem mais interessante (ALUNO 11, 26 anos, CLMN); Assisti todos os vídeos que vocês colocaram aqui no Moodle e confesso que me surpreendi, achei fascinante esse recurso (que até então era desconhecido para mim). A tecnologia é incrível! (ALUNO 14, 23 anos, CLM).

Analisando sob a perspectiva da semiótica, constatou-se que, ao compreender a relação entre os signos empregados e seu significado, foi possível observar a motivação dos estudantes ao executarem as tarefas por meio das visualizações em RA, resultando em uma comunicação mais eficaz e compreensível. Essa abordagem pode contribuir para a facilitação do processo de aprendizagem.

Percebeu-se, ao longo do curso, um grande interesse dos alunos por formação em tecnologias para a educação, o que talvez não estejam encontrando nas disciplinas regulares da graduação. Analisando esse interesse, percebe-se que a necessidade de atualizações das práticas docentes, que desde sempre são necessárias, tornaram-se mais desafiadoras com as transformações sociais e principalmente tecnológicas dos últimos anos. Como afirma Imbernón (2010, p. 8), tais transformações foram especialmente bruscas e “deixaram muitos na ignorância, no desconcerto e, por que não dizer, numa nova pobreza (material e intelectual) devido à comparação possibilitada pela globalização de fatos e fenômenos”.

Essa necessidade de novos saberes, própria da profissão docente, quando somada à rápida evolução das tecnologias e às diversas dificuldades de acesso, repercute diretamente sobre a formação inicial de professores, exigindo um constante aperfeiçoamento, na tentativa de acompanhar as mudanças sociais e tecnológicas.

Em relação ao conhecimento dos estudantes sobre Tecnologias Digitais, percebeu-se que alguns alunos participantes da pesquisa não tinham familiaridade com uso de Tecnologias Digitais.

Ao longo dos encontros, alguns alunos que tiveram problemas conseguiram conectar via *smartphone* e/ou utilizando conexão de *internet* de vizinhos ou familiares, ora utilizando computadores ou *notebooks* emprestados. E apesar de nem todos os alunos possuírem dispositivos e *internet* para participar de forma integral das atividades propostas, em geral, as falas dos alunos vão ao

encontro da indicação de Borba, Silva e Gadanidis (2014), que têm encontrado evidências sobre como o uso das tecnologias digitais móveis podem trazer possibilidades diferenciadas para a produção coletiva de conhecimentos.

CONCLUSÕES

Este artigo apresenta parte de uma pesquisa que teve como objetivo pesquisar a utilização do GeoGebra, em específico sua versão 3D, com suporte à RA, para compreensão das representações gráficas em duas e três dimensões dos entes estudados nos conteúdos de Geometria Espacial.

Aqui, cabe salientar que alguns alunos, mesmo sabendo que seus dispositivos não eram compatíveis com a tecnologia RA, se propuseram a fazer o curso, utilizando dispositivos emprestados de amigos e familiares.

Após o término das atividades do curso, foi feita uma avaliação pelos alunos participantes sobre os conteúdos e os materiais propostos. Esses dados foram separados dentro das categorias, apesar disso, todos os alunos avaliaram o curso e a tecnologia RA de forma positiva para o ensino e aprendizagem de Geometria.

Em relação aos objetivos específicos propostos no início da pesquisa, observou-se que todos eles foram alcançados, embora um deles apenas parcialmente, como descrito a seguir.

O objetivo específico *identificar práticas docentes concernentes à Geometria* foi proposto no início da pesquisa, anteriormente ao período de isolamento devido à pandemia. Naquela ocasião, o pesquisador iniciou um ciclo de observação em uma turma da disciplina de Geometria Espacial e percebeu que, durante esse período, a apresentação dos sólidos limitou-se ao uso da lousa para demonstrações e às ilustrações do livro didático. Com o início do ensino remoto, optou-se por não dar continuidade às observações, pois esta modalidade de ensino não mostraria a prática usual no ensino presencial. Por esse motivo, considerou-se que esse objetivo foi alcançado parcialmente.

Já o objetivo específico *investigar o potencial de representação semiótica da Realidade Aumentada no ensino e na aprendizagem de sólidos geométricos* foi alcançado por meio de análises das manifestações dos alunos. Todos concordaram com a importância da visualização dos sólidos para um melhor entendimento dos conteúdos relacionados à Geometria. Além de afirmarem que a RA auxilia na percepção dos sólidos, percebeu-se uma grande motivação dos alunos em utilizar a tecnologia RA para aprenderem, e ainda manifestaram vontade de a utilizarem também para ensinar Geometria.

E por fim, o objetivo específico *investigar as dificuldades que os alunos apresentam no aprendizado dos sólidos geométricos* foi atingido pelo relato dos alunos, no concernente ao aprendizado de Geometria. Uma das categorias decorrentes da análise foi sobre como os alunos perceberam seu aprendizado em Geometria nos níveis Fundamental, Médio e na Graduação, especificamente a Geometria dos Sólidos, que é um assunto que é ensinado em todos esses níveis de ensino.

A pesquisa mostrou que essas dificuldades partem de fatores como a superficialidade com que esses conteúdos são abordados no Ensino Fundamental e Médio, falta de material didático para a visualização dos sólidos ou até mesmo porque esses conteúdos não foram cumpridos.

Considerando a questão da pesquisa, estabelecida durante o período de observação na disciplina de Geometria Espacial, foi levantada a hipótese de utilizar RA como auxílio na visualização dos conteúdos, visando se elaborar uma resposta para a indagação *“Como a visualização potencializada pelo uso de Realidade Aumentada possibilita a aprendizagem dos sólidos geométricos?”* De forma

geral, pode-se afirmar que a utilização de RA, através da Calculadora 3D do GeoGebra, auxiliou os alunos na compreensão dos elementos dos sólidos trabalhados.

REFERÊNCIAS

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1979.

BORBA, M. C.; SILVA, R. S. R. da; GADANIDIS, G. **Fases das tecnologias digitais em Educação Matemática: sala de aula e internet em movimento**. 1. ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2014.

BUSSI, M. G. B.; MARIOTTI, M. A. **Semiotic mediation in the mathematics classroom: Artifacts and signs after a Vygotskian perspective**. In: Handbook of International Research in Mathematics Education, 2. ed., p 746-783. New York: Routledge, 2008.

CIFUENTES, J. Uma Via Estética de Acesso ao Conhecimento Matemático. **GEPEM**, Rio de Janeiro, n. 46, p. 55-72. jan./jun. 2005.

DUARTE, C. **Realidade aumentada no ensino e aprendizagem dos sólidos geométricos**. `Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Instituto de Física e Matemática. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

DUVAL, R. Registros de representações semiótica e funcionamento cognitivo da compreensão em matemática. In: **Aprendizagem matemática: registros de representação semiótica**. Organização de Silvia Dias Alcântara Machado, p. 11-33. Campinas: Papirus, 2003.

DUVAL, R. **Semiósis e pensamento humano: Registros semióticos e aprendizagens intelectuais**. São Paulo: PROEM, 2009.

DUVAL, R. **Ver e ensinar a matemática de outra forma: entrar no modo matemático de pensar: os registros de representação semióticas**. São Paulo: PROEM, 2011.

FAINGUELERNT, E. K. **Representação do conhecimento geométrico através da informática**. 1996. 249 f. Tese. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1996.

FORTE, C. E.; KIRNER, C. **Usando realidade aumentada no desenvolvimento de ferramenta para aprendizagem de física e matemática**. In: 6º Workshop de Realidade Virtual e Aumentada, Santos: UNISANTA. 2009. p. 1-6.

GIL, A. C. et al. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GRAVINA, M. A. **Geometria Dinâmica: uma nova abordagem para o aprendizado da Geometria**. Anais do VII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, v. 1, p. 1-13, 1996.

GRAVINA, M. A.; CONTIERO, L. O. Modelagem com o Geogebra: uma possibilidade para a educação interdisciplinar? **Renote**, v. 9, n. 1, 2011.

IMBERNÓN, F. **Formação permanente do professorado: novas tendências**. Porto Alegre: Artmed, p. 8, 2010.

LORENZATO, S. **Educação Infantil e percepção matemática**. Campinas: Autores Associados, 2008.

MARIOTTI, M. A. From using artefacts to mathematical meanings: The teacher's role in the semiotic mediation process. **ProfMat**, p. 19, 2018.

MACHADO, S. D. A. (org.). **Aprendizagem em Matemática**: registros de representação semiótica. Campinas: Papirus, 2003.

MILGRAM, P. et al. A class of displays on the reality-virtuality continuum. **Telemanipulator and Telepresence Technologies, Boston, MA, USA: SPIE**, p. 282.

MINAYO, M. C. S. (Org.). **Pesquisa social**: Teoria, método e criatividade. Petrópolis: Vozes, 2001. 80 p.

NACARATO, A. M.; PASSOS, C. L. B. **A geometria nas séries iniciais**: uma análise sob a perspectiva da prática pedagógica e da formação de professores. São Carlos: EdUFSCar, 151 p, 2003.

NASCIMENTO, E. G. A. do. **Avaliação do uso do software GeoGebra no ensino de geometria**: reflexão da prática na escola. GeoGebra, Uruguay, 2012.

RECEBIDO EM: 15 maio 2023

CONCLUÍDO EM: 12 jun. 2023