



## Abstração e formação de imagens na visualização espacial: o espaço 3D e a realidade aumentada

**Sonia Maria da Silva Junqueira<sup>1</sup>**

Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA

**Leandro Blass<sup>2</sup>**

Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA

**Lorenzo Schneider Morales<sup>3</sup>**

Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA

**Larissa Pereira Da Silva<sup>4</sup>**

Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA

**Lucas Capello<sup>5</sup>**

Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA

**Klismann Winter Pinheiro<sup>6</sup>**

Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA

### RESUMO

Elementos da percepção e virtualização constituem o experimento realizado com o uso do recurso de realidade aumentada do aplicativo GeoGebra Calculadora 3D, com o objetivo de investigar como atividades com foco na abstração e formação de imagens afetam a construção da visualização espacial em estudantes de matemática-licenciatura. Após meses de investigação no grupo de pesquisa, tomou forma uma oficina, com o intuito de observar o desempenho dos estudantes na construção do conhecimento geométrico espacial, consequentemente

---

**Submetido em:** 21/11/2021

**Aceito em:** 03/03/2022

**Publicado em:** 12/08/2022

<sup>1</sup> Doutora em Educação Matemática pela PUC-SP. Professora do Programa de Pós-Graduação em Ensino da Universidade Federal do Pampa. Endereço para correspondência: Av. Clibas de Alvarenga, 96 - Bonfim, Taubaté, SP. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5616-5344>. E-mail: [soniajunqueira@unipampa.edu.br](mailto:soniajunqueira@unipampa.edu.br).

<sup>2</sup> Doutor em Modelagem Computacional pela UERJ. Professor(a) de Matemática da Universidade Federal do Pampa. Endereço para correspondência: Avenida Marechal Floriano, 2961. Cep 96408-750, Bagé, RS. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2302-776X>. E-mail: [leandroblass@unipampa.edu.br](mailto:leandroblass@unipampa.edu.br).

<sup>3</sup> Graduado em Matemática - Licenciatura pela Universidade Federal do Pampa. Endereço para correspondência: Rua Ary da Silva Dias, 1450. Alcides Almeida, Bagé, RS. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7611-1354>. E-mail: [lorenzoschneidermorales@gmail.com](mailto:lorenzoschneidermorales@gmail.com).

<sup>4</sup> Graduada em Matemática - Licenciatura pela Universidade Federal do Pampa. Endereço para correspondência: Cohab 2, Quadra 14, 241. Emílio Brand, Cep: 97511-338, Uruguaiana, RS. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0076-5516>. E-mail: [larissa\\_p-silva@hotmail.com](mailto:larissa_p-silva@hotmail.com).

<sup>5</sup> Graduado em Engenharia Química pela Universidade Federal do Pampa. Endereço para correspondência: Avenida Marechal Floriano, 864, apto 101. Centro, Bagé, RS. E-mail: [lucascapello@hotmail.com](mailto:lucascapello@hotmail.com).

<sup>6</sup> Graduado em Matemática - Licenciatura pela Universidade Federal do Pampa. Endereço para correspondência: Rua Professor João Carneiro, 235. Castro Alves, Bagé, RS. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4278-577X>. E-mail: [klismannwpinheiro@gmail.com](mailto:klismannwpinheiro@gmail.com).

na formação do pensamento matemático e geométrico. Colocou-se em discussão o modelo teórico do pensamento visual-espacial. Com relação ao método, optou-se pela abordagem qualitativa e quantitativa, com observação participante, análise de conteúdo e análise estatística. Os resultados da pesquisa demonstraram a ampliação da percepção dos estudantes quando foram submetidos ao experimento com foco em cenário imagético, cenário 3D e cenário com realidade aumentada. As diferenças e a ampliação da visualização espacial foram significativas na passagem de uma etapa a outra, com destaque ao ambiente virtual como um facilitador do processo de abstração e formação de imagens e reconhecimento de padrões.

**Palavras-chave:** Pensamento geométrico; Visualização espacial; GeoGebra Calculadora 3D.

### **Abstraction and image formation in spatial visualization: 3D space and augmented reality**

#### **ABSTRACT**

Elements of perception and virtualization constitute the experiment carried out using the augmented reality feature of the GeoGebra Calculator 3D application, with the objective of investigating how activities focused on abstraction and image formation affect the construction of spatial visualization in mathematics undergraduate students. After months of investigation in the research group, a workshop took shape, in order to observe the performance of students in the construction of spatial geometric knowledge, consequently in the formation of mathematical and geometric thinking. The theoretical model of visual-spatial thinking was discussed. Regarding the method, a qualitative and quantitative approach was chosen, with participant observation, content analysis and statistical analysis. The research results demonstrated the expansion of the students' perception when they were submitted to the experiment with a focus on imagery scenario, 3D scenario and scenario with augmented reality. The differences and the expansion of the spatial visualization were significant in the passage from one stage to another, with emphasis on the virtual environment as a facilitator of the process of abstraction and image formation and pattern recognition.

**Keywords:** Geometric thinking; Spatial visualization; 3D GeoGebra Calculator.

### **Abstracción y formación de imágenes en visualización espacial: espacio 3D y realidad aumentada**

#### **RESUMEN**

Elementos de percepción y virtualización constituyen el experimento realizado utilizando la función de realidad aumentada de la aplicación GeoGebra Calculator 3D, con el objetivo de investigar cómo las actividades enfocadas a la abstracción y formación de imágenes inciden en la construcción de la visualización espacial en estudiantes de licenciatura en matemáticas. Luego de meses de investigación en el grupo de investigación, se concretó un taller, con el fin de observar el desempeño de los estudiantes en la construcción del conocimiento geométrico espacial, consecuentemente en la formación del pensamiento matemático y geométrico. Se discutió el modelo teórico del pensamiento visoespacial. En cuanto al método, se optó por un enfoque cualitativo y cuantitativo, con observación participante, análisis de contenido y análisis estadístico. Los resultados de la investigación demostraron la ampliación de la percepción de los estudiantes cuando fueron sometidos al experimento con foco en escenario de imágenes, escenario 3D y escenario con realidad aumentada. Las diferencias y la expansión de la visualización espacial fueron significativas en el paso de una etapa a otra, con énfasis en el entorno virtual como facilitador del proceso de abstracción y formación de imágenes y reconocimiento de patrones.

**Palabras clave:** Pensamiento geométrico; Visión espacial; Calculadora GeoGebra 3D.

## **INTRODUÇÃO**

A visualização espacial, segundo Fernández, Cajaraville e Godino (2007), envolve processos e capacidades para realizar tarefas que exigem visualizar ou imaginar mentalmente objetos geométricos espaciais, assim como relacionar ou realizar determinadas operações,

ou transformações geométricas com esses mesmos objetos. Joly *et al.* (2011) consideram a visualização espacial a habilidade cognitiva mais importante das aptidões espaciais, capaz de prever o desempenho acadêmico. De forma correlata, Settimy e Bairral (2020) apontam que a visualização é uma habilidade do pensamento matemático que precisa ser ensinada, pois não é inata.

Os estudos de Settimy e Bairral (2020) evidenciaram diferentes situações do ensino de matemática que foram destacadas em subcategorias de dificuldades, dentre elas: reconhecer e representar figuras geométricas planas e espaciais, identificar e comparar o tamanho das faces de objetos tridimensionais, escrever ideias e/ou conceitos matemáticos, representar vistas, movimentar objetos mentalmente e visualizar partes não visíveis de figuras.

Nesse contexto, destaca-se a problemática relativa ao ensino e aprendizagem de conceitos geométricos, inclusive de visualizar formas tridimensionais e define-se o objetivo de investigar como atividades com foco na abstração e formação de imagens afetam a construção da visualização espacial em estudantes de matemática-licenciatura.

Parzysz (1988) sinaliza para as dificuldades dos estudantes no reconhecimento e caracterização de objetos representados pelos professores. Segundo esse autor, quando ocorre uma representação bidimensional, que se realiza em aula, sempre há perda de alguma informação ao se passar de um nível de representação para outro mais elevado. Por exemplo, no caso da representação de um quadrado e suas diagonais (nível 1) ou a vista superior de uma pirâmide de base quadrada (nível 2), na visualização, ambos os objetos se confundem e somente são reconhecidos com o auxílio de informações complementares.

Em torno da percepção visual espacial, Settimy e Bairral (2020, p.183) expõem a construção de uma rede que pressupõe a coordenação entre a representação mental e a representação de um objeto, no sentido de desmembrar o todo e suas partes e, que essa construção exige dos estudantes a capacidade de efetuar traduções de objetos 3D para planificações 2D e vice-versa. A visualização é um processo mental de formação de imagens em representações de duas e três dimensões, sem qualquer relação de prioridade entre elas.

Dito isso, atividades com foco em abstrações e formação de imagens que transitem em representações de 2D e 3D, como atividades com o uso do *GeoGebra* Calculadora 3D, podem favorecer o desempenho dos estudantes na construção do conhecimento geométrico espacial, conseqüentemente na formação e evolução do pensamento matemático. No entanto,

acredita-se que para isso seja preciso sair da visão restrita de manipulações rotineiras de imagens em *softwares*, de modo a permitir que a ferramenta tecnológica seja de fato um instrumento de investigação matemática. Na sequência, apresentam-se aspectos da Realidade Aumentada (RA) como campo de abstração e visualização espacial no contexto educacional.

## **REALIDADE AUMENTADA NO CONTEXTO EDUCACIONAL**

A RA no contexto educacional, de acordo com Azuma (1997), possui características que combinam real e virtual, interagem em tempo real com projeções de objetos em 3D, e os objetos virtuais compartilham do mesmo local e espaço que o usuário. Nessa direção, Cheng e Tsai (2013) descrevem duas maneiras de recriar os objetos 3D através da RA; a RA baseada em imagem e a RA baseada em localização.

A RA mantém referências ao entorno real, pois transporta elementos virtuais para o espaço real do usuário. Nesse sentido difere completamente da realidade virtual (RV) que conecta o usuário com um ambiente virtual com o objetivo de total abstração do ambiente físico e local (HOUNSELL; TORI, 2018) e objetiva a interação do usuário com o mundo e com elementos virtuais, de forma natural e intuitiva.

As aplicações da RA variam nas diferentes áreas do conhecimento. Ao considerar o âmbito educacional, Mekni e Lemieux (2014) relatam que novas possibilidades de ensino e aprendizagem através da RA têm sido cada vez mais utilizadas, sobre as quais destacam que o fato da coexistência de objetos virtuais em ambientes reais permite que os alunos visualizem relações espaciais complexas coligadas a conceitos abstratos.

Em relação ao ensino e aprendizagem da matemática, a RA pode permitir a projeção de objetos virtuais em cenários reais, através de marcadores ou direto do próprio aplicativo, como no caso do aplicativo *GeoGebra* Calculadora 3D. Ao fazer a conexão do mundo virtual com o real é possível projetar e visualizar objetos que estavam limitados à abstração. A tecnologia da RA pode ampliar o grau de interesse dos estudantes e facilitar a compreensão dos conceitos estudados, diante da interação direta com os objetos representativos do real.

Em suma, a RA ao permitir interações entre a realidade e a matemática educacional, potencializa o ensino e a aprendizagem de matemática, pois “ao lado dos livros, fotos, ilustrações, vídeos e das aulas expositivas podem contribuir para um ambiente de conexão não só entre tecnologia e matemática, mas com outras áreas de ensino ou ciência” (RESENDE; MULLER, 2018, p.3).

## DO PENSAMENTO MATEMÁTICO AO PENSAMENTO VISUAL-ESPACIAL

A visualização é um processo do pensamento matemático que, como afirmam Zimmermann e Cunningham (1991), está relacionada com os mais diversos ramos da matemática e com aspectos históricos, filosóficos, psicológicos, pedagógicos e tecnológicos importantes. A esse respeito, Costa (2005) relata que nas literaturas existem diferentes significados para “visualização”, ligados a temas como matemática, investigação científica, educação matemática e psicologia. Porém, há o consenso de que a visualização está focada na percepção e na manipulação de imagens visuais. A visualização é a construção mental da representação de objetos em três dimensões, na qual o pensamento visual ocorre quando se reconhece rapidamente e se manipula automaticamente símbolos de qualquer espécie.

Nessa direção, a visualização é uma das mais fortes interferências no estudo da geometria, pois decorre que “Uma componente do pensamento matemático é o pensamento geométrico que envolve trabalhar sobre imagens quer estas sejam pensadas de experiências interiorizadas do mundo ou de construções mentais sobre ele”. (ATM, 1982 apud COSTA, 2002, p. 263). A visualização espacial como tema de pesquisa na área da Educação Matemática é recorrente em diversos estudos (BISHOP, 1989; HERSHKOWITZ, PARZYSZ, VAN DORMOLEN, 1996; PRESMEG, 2006).

A visualização espacial requer que sejam avaliados os processos e capacidades dos estudantes de ver ou imaginar objetos geométricos espaciais. Nesse sentido, Blanco, Cajaraville e Godino (2007) apoiam-se na dualidade da representação interna e externa para descrever os conhecimentos e habilidades matemáticas dos sujeitos quando colocados sob a tarefa de visualização e raciocínio geométrico. De tal modo, questionam sobre quais conhecimentos ou objetos do conhecimento são colocados em jogo em tarefas que requerem a abstração.

Ao pesquisar a respeito da visualização espacial, Costa (2002) esboça um modelo de pensamento visual-espacial por meio do qual distingue três diferentes modos: o pensamento visual-espacial resultante da percepção (PVP); o pensamento visual-espacial resultante da manipulação de imagens e construção de relações entre imagens (PVP-PVR); e o pensamento visual resultante da exteriorização do pensamento (PVE).

O pensamento visual-espacial resultante da percepção pode ser construído pelo sujeito a partir de sensações e com uso da informação adquirida com a experiência. Assim, os processos mentais resultantes do PVP estão associados a intuições primárias, construções

de imagens, representação de imagens, reconhecimentos visuais, interpretação, identificação de objetos, modelos, formação de um “*gestalt*”, apreensão global de uma representação geométrica, memorização de uma exposição lógica, geração de conceitos, interações, primeiras inferências intuitivas.

Já o pensamento visual-espacial resultante da manipulação de imagens e/ou da construção mental de relações entre imagens, segundo Costa (2002), liga-se fundamentalmente a transformar imagens visuais, executar manipulações mentais e espaciais e a construir relações entre imagens visuais. Os sujeitos tentam imaginar a imagem para poder movê-las ou transformá-las. Os processos mentais associados ao (PVMM-PVR) podem ser descritos como abstração reflexiva, intuições secundárias, descoberta de relações entre imagens, propriedades, factos, transformações mentais, planificações mentais, verificação, comparação, criação de modelos, reconstrução mental da visão de um objeto, generalizações, transferência, previsão mental.

O pensamento visual-espacial, resultante da exteriorização do pensamento, está ligado à transmissão, comunicação e disseminação de ideias, à construção de argumentação, à descrição da dinâmica mental. Em aula, por exemplo, o estudante pode construir modelos, desenhos, figuras e usar descrições verbais. Esse modelo de pensamento utiliza fundamentalmente a linguagem. Os processos mentais que podem estar associados ao PVE podem ser descritos como ações, representação, ligações entre representações, modelos (desenhos, esboços, construções), codificação e decodificação, por exemplo: tradução em informação de imagens visuais o que é dado de forma simbólica; descrição da dinâmica mental; construção de argumentação; construção de conjecturas; discussão de argumentação visual; verificação; comparação.

De acordo com Costa (2005) esses três modos de pensamento visual-espacial podem ocorrer por sucessão, ou seja, o modo PVE sucede ao PVMM/PVR que sucedeu PVP, de igual maneira, tais modos de pensamento se configuram como um processo de avançar de um modo de pensamento a outro. Ademais, a autora retrata que o modo de pensamento PVE difere dos demais, pois é uma “espécie de condutor do pensamento visual-espacial, enquanto é por seu intermédio que podemos conhecer o modo PVP e o modo PVMM/PVR.” (COSTA, 2005, p. 112).

Fundamentado nas caracterizações apontadas por Costa (2002, 2005), entende-se que a componente visual do pensamento matemático, representada ao lado do simbólico, capacita os estudantes para algo maior que a simples compreensão mecânica de conceitos,

ideias e processos matemáticos. Por exemplo, em campos algébricos, a visualização pode ser uma importante ferramenta para a resolução de problemas significativos em álgebra, ou processos de visualização espacial contribuem para completar padrões e alcançar generalizações e representações, além de ser uma fonte de ideias para o desenvolvimento da teoria das funções, limites e continuidade.

## **ESCOLHAS METODOLÓGICAS**

A seguir são apresentadas as escolhas teórico-metodológicas que nortearam o caminho da pesquisa.

### **A observação participante na pesquisa qualitativa**

Esta pesquisa, de natureza qualitativa (BOGDAN; BIKLEN, 1994) e quantitativa (KNECHTEL, 2014), tomou forma a partir do objetivo de investigar como atividades com foco na abstração e formação de imagens que afetam a construção da visualização espacial em estudantes de matemática. Desse modo, constitui-se por meio da técnica da observação participante, com análise de conteúdo e análise estatística. Esta investigação considerou as perspectivas dos participantes, de modo a dar sentido a uma busca de estratégias baseadas em interações para resolver uma dada situação-problema.

Para Bogdan e Biklen (1994) a observação pode ser considerada como uma das melhores técnicas de recolhimento de dados quando se estuda o comportamento de um grupo de pessoas e pode ser desenvolvida de várias formas. Nessa direção, Adler e Adler (1994) classificam a observação participante em três diferentes formas de interação do pesquisador com o grupo investigado: o pesquisador-membro-periférico, que não interage com o sujeito de pesquisa, o pesquisador-membro-ativo que interage intensamente com os sujeitos e o pesquisador-membro-completo que é membro do grupo e do ambiente a ser pesquisado.

Dessa forma, assume-se a observação participante com pesquisadores-membros-ativos, já que a interação dos pesquisadores com os sujeitos investigados não se limitou às observações passivas, mas envolveu o planejamento e aplicação de uma oficina e inclusive a mediação das atividades relacionadas.



## Os sujeitos da pesquisa e oficina como instrumentos de produção de dados

Os sujeitos de pesquisa são nove acadêmicos do curso de Matemática-Licenciatura da Universidade Federal do Pampa, campus Bagé, todos matriculados no 6º semestre do curso, identificados por: IS, CA, WI, FE, LE, ST, WA, RO e SA. Para esse grupo foi aplicada a oficina intitulada “Realidade Aumentada: as pirâmides do Egito!”, através de um encontro online, pelo Google Meet, na etapa síncrona, e duas etapas assíncronas, uma anterior a oficina, composta de vídeos com orientações sobre instalação e uso do aplicativo *GeoGebra* Calculadora 3D, e outra ao final da oficina, composta de formulário com questões objetivas sobre as tarefas realizadas e uma avaliação. Durante a oficina foram aplicados três formulários via Google Forms, com o intuito de registrar as observações dos sujeitos investigados. As respostas a esses formulários permaneceram anônimas, assim os nove participantes da pesquisa foram identificados, nessa etapa da análise, por F1 até F9.

No primeiro momento do encontro síncrono, os participantes foram consultados sobre a instalação do aplicativo *GeoGebra* Calculadora 3D. Verificou-se nesta sondagem inicial, que para quatro dos nove participantes não havia a opção da RA ao iniciar o aplicativo, em decorrência das limitações dos aparelhos celulares, e para esse problema, os ministrantes seguiram o planejamento de apresentação paralela em tela da resolução em RA para os participantes privados do recurso tecnológico.

Em seguida, apresentou-se uma sequência de *slides* sobre a arquitetura e história da construção das pirâmides Quéops, Quéfren e Miquerinos, as chamadas “Pirâmides de Gizé”, no Egito. A apresentação continha imagens e uma animação atual desses monumentos, obtida a partir da *Google Earth*. Na sequência, foi compartilhado um *link* do *Google Forms*, com a solicitação: “Observe cuidadosamente a imagem abaixo: “As pirâmides do Egito”. Agora escreva todas as relações que conseguir estabelecer a partir desta imagem.”, com o objetivo de verificar as primeiras percepções e associações que os participantes efetuaram a partir da apresentação inicial.

Os participantes foram instruídos a construir uma pirâmide com uso do recurso 3D do aplicativo e a analisar as estruturas, as relações matemáticas, geométricas e outras percepções. Um segundo formulário do *Google Forms* foi encaminhado e os participantes responderam ao seguinte questionamento: “Refleta sobre as estruturas desenvolvidas durante o seu processo de plotagem no *GeoGebra* Calculadora 3D a partir da imagem: “As pirâmides do Egito”. Quais são todas as relações que você conseguiu estabelecer nesse processo de construção das pirâmides?”.



No terceiro momento os participantes deveriam converter a pirâmide já construída na versão 3D para o recurso RA e compartilhar as construções de pirâmides. As projeções dos ministrantes também foram exibidas em tela, enquanto aspectos relacionados aos elementos geométricos e às percepções do grupo eram compartilhados. Ao final dessa experimentação em RA, novamente os participantes foram convidados a registrar todas as suas observações no terceiro formulário, *Google Forms*, em resposta à ponderação: “Se você chegou até aqui é porque concluiu com êxito cada passo do seu experimento no *GeoGebra RA* e conseguiu projetar a(s) pirâmide(s) construída(s) por você no espaço virtual em realidade aumentada. Para finalizar sua participação nesta oficina, registre todas as relações que você conseguiu estabelecer durante o seu experimento no *GeoGebra RA*.”.

A etapa síncrona da oficina foi finalizada e os participantes solicitados a concluir, de forma assíncrona, o preenchimento de um último formulário de coleta de novos dados e avaliação final da oficina.

### **A análise qualitativa e quantitativa dos dados**

Como a pesquisa se concretizou em dois âmbitos, o qualitativo e o quantitativo, os caminhos de análise foram embasados na análise de conteúdo de Bardin (1997) e na análise estatística com o uso do software Jamovi<sup>7</sup>. A técnica desenvolvida por Bardin (1977) consiste em verificar as “comunicações visando a obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens” (BARDIN, 1977, p.47). Essa autora propõe que a análise seja estruturada em três etapas: Pré-análise; Exploração do material; Tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

Na pré-análise foi realizada uma leitura flutuante do material produzido por meio da transcrição do vídeo e das respostas aos formulários aplicados. Durante a fase de exploração do material, os dados passaram por um processo de categorização e de construção de indicadores e categorias de análise, elencadas conforme os critérios de Bardin (1977) de exclusão mútua, homogeneidade, pertinência, objetividade, fidelidade e produtividade e de forma a assumir a dimensão teórica apresentada por Costa (2005).

---

<sup>7</sup> (The jamovi project (2020). *jamovi*. (Version 1.2) [Computer Software]. Retrieved from (<https://www.jamovi.org>).

Por fim, a etapa de tratamento dos resultados, inferência e interpretação tomaram forma sob o aporte teórico mencionado, com a finalidade de significar e direcionar os resultados através de um processo intencional e dialógico.

A abordagem quantitativa, segundo Knechtel (2014), baseia-se no teste de uma teoria composta por variáveis quantificáveis em números, as quais foram analisadas de modo a determinar se as generalizações previstas se sustentam ou não. Esta categoria de pesquisa tem por base a quantificação dos dados e busca medir opiniões e informações com o uso de recursos da estatística, como a média, o desvio-padrão, por exemplo. Os dados quantitativos são valores observados de um conjunto de variáveis, que podem representar alguns elementos ou todos os elementos, por exemplo, de uma sociedade, de uma determinada população, podendo ser apresentados em forma de tabelas, gráficos ou textos, fazendo uma relação entre as variáveis, de causa e efeito entre os diferentes fenômenos (KNECHTEL, 2014).

A pesquisa quantitativa está embasada nas análises realizadas com o *software* Jamovi. Os dados foram agrupados em conhecimento da ferramenta, aprendizagem na oficina, formação e profissão docente. Para tanto, foram realizadas análises envolvendo medidas de tendência central (média, mediana e moda), medidas de dispersão estatística descritiva (desvio padrão, variância, mínimo e máximo) e teste não paramétrico de Friedman para verificar se há ou não diferenças sobre os cenários estudados (usado nas questões 10, 11 e 12 do questionário) (FIELD, 2009). O teste não paramétrico foi escolhido conforme o tamanho da amostra que, segundo Leotti *et al.* (2012, pg. 8), “Para amostras de tamanho menor ou igual a 10, recomenda-se não proceder ao teste de normalidade e partir diretamente para uma estratégia não-paramétrica de análise”. O Quadro 1 apresenta algumas questões que precederam a análise estatística.

**Quadro 1** - Questões da análise quantitativa

Construtos	Questões
Conhecimento sobre a ferramenta	Q6) Qual foi o seu grau de dificuldade ao utilizar o <i>software GeoGebra</i> calculadora 3D-RA durante a oficina? (Atribua uma nota de 1 a 10).
Aprendizagem na Oficina	Q7) Qual o seu grau de satisfação em relação ao conteúdo da oficina? (Atribua uma nota de 1 a 10).
	Q8) O <i>software GeoGebra</i> Calculadora 3D, com a função RA, auxiliou no aprendizado do estudo das pirâmides? (Atribua uma nota de 1 a 10).
	Q9) Você se sentiu motivado a aprender ao utilizar o <i>software GeoGebra</i> calculadora 3D (RA)? (Atribua uma nota de 1 a 10).

	Q10) Na primeira investigação, via imagem das pirâmides, como você avalia sua capacidade de visualização e abstração no que se refere a percepção de entes matemáticos relacionados ao estudo das pirâmides? (Atribua uma nota de 1 a 10).
	Q11) Na segunda investigação, via manipulação com o <i>software GeoGebra</i> calculadora 3D, como você avalia sua capacidade de visualização e abstração no que se refere a percepção de entes matemáticos relacionados ao estudo das pirâmides? (Atribua uma nota de 1 a 10).
	Q12) Na terceira investigação, via manipulação com a Realidade Aumentada, como você avalia sua capacidade de visualização e de abstração no que se refere a percepção de entes matemáticos relacionados ao estudo das pirâmides? (Atribua uma nota de 1 a 10).
	Q13) Em que medida você considera que sua compreensão acerca de cada uma das etapas da oficina foi atingida? (Atribua uma nota de 1 a 10).
Formação e profissão docente	Q14) Como você avalia a contribuição da Oficina para a SUA qualificação profissional? (Atribua uma nota de 1 a 10).
	Q16) Como você avalia a SUA capacidade de colocar em prática uma oficina com o tema da Realidade Aumentada? (Atribua uma nota de 1 a 10).

Fonte: Autores (2021)

Os dados do Quadro 1 possuem três grupos de questões, classificadas nos construtos, conhecimento sobre a ferramenta, aprendizagem na oficina e formação profissional docente.

## DIMENSÃO QUALITATIVA DA ANÁLISE

No âmbito qualitativo da pesquisa, destacam-se duas categorias de análise concebidas à priori: percepção e virtualização. Toma-se para a idealização dessas categorias o modelo teórico de Costa (2005) acerca dos modos do pensamento visual-espacial. A aproximação teórica aqui apresentada não é, todavia, integral, pois limita-se ao contexto desta pesquisa.

A categoria Percepção inclui elementos decorrentes do processo de visualização que transforma objetos da percepção em concepções. Com base em Costa (2005), nesta categoria foram consideradas as experiências de interpretação, memória, motivação, emoções, atenção e conhecimento prévio. Essa experiência de visualização também é afetada por fatores socioculturais.

Na categoria Percepção, a resposta de uma acadêmica mostra a transformação de objetos da percepção em concepções:

**IS:** *“Vocês explicaram ali da parte da apótema, a gente apresentou um trabalho de Geometria Espacial e a gente usou o GeoGebra também, mas não usamos o 3D faltou esta parte da apótema”.*

A fala da acadêmica apresenta relação de memória, com processos estudados em momentos anteriores do curso. Revisitar um conhecimento prévio pode fortalecer relações matemáticas e dar significado à aprendizagem. A visualização contribuiu, portanto, para o processo de abstração e formação de imagens em conexão com a transformação anteriormente realizada na disciplina de Geometria Espacial. A acadêmica demonstrou também aspectos de emoção e ressignificação de sua prática, quando mencionou que:

**IS:** *“na apresentação aprendemos coisas que não tínhamos entendido como ensinar”* (IS).

Nessa linha, as experiências de visualização-espacial são experiências de observação, que dependem, segundo Costa (2005, p.91), “da experiência passada, da memória, da motivação, das emoções, da atenção, de mecanismos neuronais individuais, do conhecimento prévio, das verbalizações [...]”.

Essa percepção se estabelece como uma concepção, quando a estudante faz relação direta entre o objeto de conhecimento e sua futura prática como professora de matemática.

No fragmento, resposta de um acadêmico à cena 1:

**WI:** *“para mim foi um misto, 50% peguei as relações que vocês colocaram ali, do teorema de Pitágoras, o número de ouro, e das minhas percepções que eu fiz, relações com a geometria, com elementos geométricos”.*

Há, nessa fala, a descrição de imagens mentais reveladas pela linguagem oral do sujeito. Como na sucessão dos modos do pensamento visual-espacial, (COSTA, 2005), houve a interpretação da linguagem relacionada a uma figura geométrica, a manipulação de imagens mentais associada a experiências anteriores e traduzida na informação verbal.

A categoria Virtualização refere-se ao cenário virtual de investigação, no qual não há espaço para manipulação real de objetos físicos. Toda manipulação é realizada através de abstrações, ou seja, são visualizações mentais, porém com suporte da ferramenta virtual, o aplicativo *GeoGebra* Calculadora 3D e RA. Esta categoria inclui as transformações observadas ou identificadas que foram decorrentes ou afetadas pela presença da manipulação do software.

É possível perceber a presença do ambiente virtual como facilitador do processo de abstração e de formação de imagens, “A abstração que caracteriza este modo de pensamento é do tipo reflexivo, processo essencialmente construtivo onde são construídos objetos mentais e ações sobre esses objetos” (COSTA, 2005, p. 99). Na fala da acadêmica:

**IS:** *“A gente estuda tudo tão no papel, na teoria, quando você põe projetar algo assim parece que faz um “plim” que estrala algo na cabeça, a gente vê tudo ali se formando”.*

A visualização potencializada pela ferramenta virtual permitiu à estudante reconhecer seu processo de formação mental, de forma a “compreender, tratar e organizar uma situação problemática ou a conhecer um conceito matemático” (p. 99).

Nota-se que as relações registradas para a fase *GeoGebra* 3D são ampliadas em relação à fase anterior, que envolveu apenas a visualização das imagens na tela de apresentação do *Google Meet*. A manipulação mesmo que virtual das imagens foi promissora para o reconhecimento de efeitos de aprendizagem, como pode ser expresso pelo acadêmico:

**FE:** *“No geral é bem interessante, vamos cada vez mais ampliando nosso conhecimento em geometria com a tecnologia” [...] “Eu queria comentar que acho o GeoGebra legal por construir as figuras, e o desenho ajuda a gente a ver como funciona a geometria no geral”.*

Nessa direção, uma acadêmica fala da possibilidade de ver a pirâmide por dentro:

**CA:** *“[...] foi legal de ver a pirâmide ali por dentro também”.*

A conexão permitida pela ferramenta, entre o mundo real e o virtual, permite projetar e visualizar o objeto antes limitado à abstração, as ideias matemáticas são incorporadas em sistemas interativos que as tornam concretas e manipuláveis (COSTA, 2005). A projeção em RA ao permitir entrar na imagem projetada potencializa o processo de visualização espacial.

Elementos da percepção e virtualização também representam achados nos argumentos dos participantes em respostas aos questionamentos propostos, destacados em categorias resultantes, propostas como: cenário 1- imagético; cenário 2- 3D e cenário 3 - RA. Como síntese desses argumentos, foram organizadas nuvens de palavras representativas das respostas da turma aos formulários propostos na etapa síncrona da oficina, visto que nessa etapa os participantes não foram identificados individualmente. Na formação das nuvens,

expressões com significados similares foram ajustadas, quando representavam o mesmo argumento nas respostas, foram contadas como uma mesma palavra, exemplo, ângulos e ângulo.

**Figura 1** – Nuvem de palavras representativa do cenário 1



Fonte: Autores (2021)

No cenário 1, os participantes em sua maioria, associaram a imagem das pirâmides de Gizé a argumentos que remetem à geometria, tanto espacial como plana, mostraram identificação de retângulos, quadrados, triângulos, a pirâmide como ente geométrico e seus elementos, como, por exemplo, citaram o apótema, a altura, os vértices, a geratriz. Identificaram os ângulos que constituem as pirâmides e suas faces. Enxergaram na imagem retas, arestas, funções e o número de ouro, explicando que as pirâmides apresentadas teriam áreas diferentes e, que a partir delas, seria possível recorrer ao Teorema de Pitágoras e determinar a semelhança de triângulos.

A apresentação realizada pelos ministrantes contou com argumentos da história e apresentou aspectos do contexto matemático e geométrico que envolveu a criação desses monumentos, no entanto, no campo da investigação, acredita-se que a forte presença da geometria nas respostas ao primeiro cenário foi influenciada na formação profissional dos sujeitos, como acadêmicos de um curso de matemática. Não há nesse primeiro momento reconhecimento da virtualização, embora durante a apresentação, uma imagem dinâmica e atual das pirâmides tenha sido exibida, com o recurso *Google Earth*. A percepção relativa ao cenário 1, diferentemente dos demais cenários, trouxe também argumentos fora da matemática, com aspectos relativos à história por trás da construção das pirâmides, e ao

mistério que atualmente ainda envolve os monumentos, o que se entende como estar diretamente associado à apresentação realizada pelos ministrantes.

No cenário 2, os alunos foram convidados a responder ao segundo formulário referente à prática de desenvolvimento de uma pirâmide com o uso do aplicativo *GeoGebra* Calculadora 3D e para isso, precisaram antes construir a pirâmide. Os participantes poderiam seguir as sugestões apresentadas pelo ministrante ou procurar por outras ferramentas disponíveis no *Geogebra*, enquanto cumpriam a tarefa de plotagem da pirâmide.

**Figura 2** – Nuvem de palavras representativa do cenário 2



Fonte: Autores (2021)

Em suas respostas, em relação ao objeto observado, mencionaram altura, vértices, faces, arestas, e outros conteúdos da geometria, como o Teorema de Pitágoras. Um dos participantes notou a base quadrada da pirâmide, como sendo formada pelas coordenadas  $x$ ,  $y$  e  $z$ , embora tenha tratado a imagem por polígono, equivocadamente:

**F1:** *Pude observar na pirâmide construída alguns detalhes que não tinha pensado antes como a base quadrada, ela é formada através das coordenadas  $x$ ,  $y$  e  $z$ , possui segmentos de reta e a pirâmide em si se trata de um polígono”.*

Outro sujeito citou as pirâmides do Egito e a comparou com a pirâmide desenvolvida no espaço 3D, com o GeoGebra:

**F5:** *Seguindo a ideia das pirâmides do Egito, colocar os valores dentro do padrão nos faz observar que chegamos numa bem parecida com as pirâmides de Gizé.*



Também comentaram sobre as manipulações que modificaram as características da figura geométrica, como a mudança do sinal no valor da altura, que acarretou a projeção da pirâmide de forma invertida:

**F6:** *Primeiramente trabalhamos com a construção de pontos no plano a partir de coordenadas, posteriormente construímos um polígono, em seguida as faces da pirâmide, nesta etapa passamos de polígono para poliedro, pois o objeto já ocupava o espaço, interessante a relação com a altura, pois no meu caso coloquei um valor positivo, mas sem querer alterei o valor para negativo ao manipular o objeto, feito isso a pirâmide ficou invertida.*

Enfim, explicaram os métodos utilizados, bem como as relações matemáticas que fizeram sobre o objeto construído. Evidencia-se, assim, a ampliação da abstração decorrente da inserção do aplicativo *GeoGebra* Calculadora 3D. As respostas foram mais específicas, os processos de raciocínio na visualização espacial demonstraram o reconhecimento de padrões, como destacado na inversão da pirâmide com a mudança de sinal, desse modo, confirma-se, como visto em Costa (2005), que a visualização pode ser um importante recurso também para a resolução de problemas algébricos.

Na aplicação do formulário referente ao cenário 3 foi solicitado aos participantes que registrassem todas as relações que conseguiram estabelecer durante o experimento com o *GeoGebra* Calculadora 3D, agora, no entanto, com a inclusão da extensão RA.

**Figura 3** – Nuvem de palavras representativa do cenário 3



Fonte: Autores (2021)

Nessa etapa, os participantes visualizaram a pirâmide construída no *GeoGebra* através da RA. Um dos investigadores comentou sobre sua experiência:

**F6:** [...] fiquei fascinado com este recurso digital, enquanto observava a pirâmide no espaço fiquei imaginando o quanto de ferro tinha nas estruturas das pirâmides do Egito, para que pusesse suportar todo o peso das pedras, também muitas são as possibilidades para trabalhar com este recurso em sala de aula [...].

A visualização parece ganhar contornos capazes de transcender a abstração. Outro participante afirmou:

**F5:** [...] deu para enxergar os vértices, a altura, os apótemas, as bases, o volume que o GeoGebra nos disponibiliza.

De tal modo, permitiu ampliar o nível de compreensão em relação ao apresentado nos dois primeiros cenários, acerca da percepção dos elementos que constituem o objeto observado. “As componentes do pensamento matemático, quer ele incida ou não sobre geometria, envolvem por vezes um pensar que é simultaneamente visual e espacial.” (COSTA, 2005, p. 88). Nesse sentido, a percepção que incorpora descrições e relações entre os elementos das imagens pode fazer emergir regras e representações que contribuem na construção de aprendizagens relacionadas à estrutura espacial. A esse respeito, Costa (2005) menciona que “O pensamento visual-espacial está na base de criações significativas da mente humana, é fulcral para a educação em geometria a todos os níveis”, e nessa perspectiva, cabe mencionar que o argumento remete à formação do futuro professor de matemática, ou seja, essa percepção externalizada demonstra a compreensão de processos constitutivos da prática do futuro educador.

## DIMENSÃO QUANTITATIVA DA ANÁLISE

A Tabela 1 representa os dados da estatística descritiva e de tendência central para às oito questões já apresentadas na Tabela 1, referentes aos dados quantitativos, ou seja, número de respondentes (N), média (M), mediana (Me), moda (Mo), desvio padrão (DP), variância (Var), mínimo (Mín) e máximo (Máx).

**Tabela 1** – Dados gerais da descrição estatística para cada questão

Tema da questão	N	M	Me	Mo	DP	Var	Mín	Máx
Q6-Dificuldade	9	6,8	6,0	6,0	2,9	8,7	1,0	10,0
Q7-Satisfação	9	9,2	10,0	10,0	1,1	1,2	7,0	10,0
Q8-Aprendizado	9	9,7	10,0	10,0	0,7	0,5	8,0	10,0

Q9-Motivação	9	9,6	10,0	10,0	1,0	1,0	7,0	10,0
Q13-Compreensão	9	9,2	9,0	10,0	0,8	0,7	8,0	10,0
Q14-Contribuição	9	9,7	10,0	10,0	0,7	0,5	8,0	10,0
Q16-Prática	9	9,2	9,0	10,0	0,8	0,7	8,0	10,0

Fonte: Autores (2021)

Conforme a Tabela 1, o questionário teve nove respondentes. A menor média está concentrada no tópico dificuldade. Como pode ser observada também, a maior variação nas medidas de desvio padrão e variância está concentrada nesse item, indicando aos pesquisadores que para futuras ofertas da oficina devam ser abordadas novas estratégias que busquem corrigir possíveis dificuldades na instalação e uso do aplicativo *GeoGebra* calculadora 3D - RA. A variação maior desse resultado está relacionada ao valor um atribuído em resposta ao questionário de avaliação.

Os dados demonstram que os itens aprendizado e contribuição foram mais bem avaliados em comparação aos demais (com menor desvio padrão, menor variância e maior média), embora os demais itens também tenham obtido escores elevados. A motivação ao realizar a oficina foi bem avaliada, conforme valor da média, no entanto, o valor mínimo 7,0 faz com que o desvio padrão e a variância tenham valores significativos igual a um, nota-se que cerca de 78% dos participantes atribuíram nota 10 e os demais indicaram escores menores. Em relação a esse aspecto, cabe ressaltar que, o mesmo respondente que atribuiu a nota um para o construto dificuldade, atribuiu o valor sete para a motivação, o que leva a questionamentos sobre que fatores podem ter influenciado a relação entre dificuldade e a motivação.

Para a análise das questões: Q10 - cenário 1, Q11 - cenário 2, Q12 - cenário 3, foi usado o teste não paramétrico de Friedman (FIELD, 2009). O teste investigou as seguintes hipóteses:  $H_0$ : não há diferença estatística entre as avaliações dos cenários 1, 2 e 3 ou;  $H_1$ : há diferença estatística entre as avaliações dos cenários 1, 2 e 3. Essa comparação é feita em relação às diferentes maneiras de estudar a pirâmide. Ao considerar 95% de significância no teste, o resultado das comparações foi significativo, conforme o valor-p, ou seja,  $[\chi^2(2) = 12,0; \text{valor-p} < 0,05]$ . Dessa forma, aceita-se a hipótese que há diferença entre as avaliações. O teste de *post hoc* de *Pairwise*<sup>8</sup> (também realizado pelo *software* Jamovi) das comparações múltiplas se mostrou significativo, ou seja, com valor-p < 0,05 para a combinação de todos

<sup>8</sup> POHLERT, T. (2018). *PMCMR: Calculate Pairwise Multiple Comparisons of Mean Rank Sums*. [R package]. Retrieved from <https://cran.r-project.org/package=PMCMR>.

os cenários, confirmando que existiram diferenças entre as avaliações dos cenários. A Tabela 2 apresenta alguns resultados de medidas de tendência central e de dispersão.

**Tabela 2** – Dados gerais da descrição estatística para os cenários

Tema da questão	N	M	Mo	DP	Var	Mín	Máx
Q10- cenário 1	9	7,5	8,0	1,7	3,0	4,0	10,0
Q11- cenário 2	9	8,5	9,0	0,9	0,7	7,0	10,0
Q12- cenário 3	9	9,1	10,0	0,9	0,8	8,0	10,0

Fonte: Autores (2021)

Através da Tabela 2, pode-se notar que existem diferentes avaliações entre os cenários 1, 2 e 3, conforme a média. Para o cenário 1, tem-se um valor mínimo igual a 4,0; além de apresentar a maior variância e desvio padrão, isso devido a não homogeneidade dos dados.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apontaram incremento da abstração e visualização espacial dos investigados em decorrência da oficina realizada. As relações matemáticas e geométricas foram percebidas desde a etapa inicial, no cenário 1, de visualização sem o apoio do *GeoGebra* Calculadora 3D, restrita à observação da imagem das pirâmides do Egito, fase imagética do experimento, até a etapa final cenário 3, com o uso da RA. No entanto, notou-se maior efetividade e significância quando as comparações incorporaram os cenários com 3D (cenário 2) e RA (cenário 3), sendo essa diferença ratificada por meio do teste estatístico realizado. Essas constatações correspondem às respostas dos participantes, ou seja, Figuras 1, 2 e 3.

Os argumentos dos participantes foram expressivamente ampliados para aspectos da percepção matemática e geométrica quando os sujeitos foram inseridos nos ambientes de aprendizagem com o suporte da representação 3D. O incremento também foi verificado nas respostas dos sujeitos quando submetidos ao experimento no uso da RA, com isso, as relações registradas para a fase imagética foram ampliadas para a fase 3D e novamente ampliadas para a fase RA. A análise quantitativa comprovou essa diferença de percepção qualitativa na mudança de cenários.

A virtualização contribuiu como facilitadora do processo de abstração e formação de imagens, sendo assim, outros elementos foram destacados no texto diante do processo de visualização, tais como: diferentes interpretações, memória, motivação e conhecimento prévio. As relações registradas para a fase da RA trouxeram indicativos que podem refletir também na prática do futuro professor de matemática, com a percepção da criatividade proporcionada pelo uso da ferramenta, que pode influenciar na abordagem teórica de conceitos.

Destaca-se, como aspecto limitante para a oficina, que alguns participantes encontraram restrições para baixar e instalar a extensão RA do *GeoGebra* Calculadora 3D, pois o aplicativo restringe essa função apenas para versões mais atuais de dispositivos móveis, contudo, conforme planejado pelo grupo ministrante, o problema foi superado com a visualização em tela do *Google Meet* para o grupo com a restrição. Embora tenha ocorrido tal limitação, houve participação efetiva de todos os participantes em todas as etapas da oficina.

## REFERÊNCIAS

- ADLER, Patrícia A.; ADLER, Peter. Observational techniques. *In*: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Eds.). **Handbook of qualitative research**. California: Sage Publications, 1994. cap. 23, p. 377-392.
- AZUMA, Ronald. A Survey of Augmented Reality. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, California, v. 6, 4 ed., p. 355-385, ago. 1997. Disponível em: <https://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>. Acesso em: 16 out. 2021.
- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Tradução: Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 1977. Título original: L'Analyse de contenu.
- BISHOP, Alan. Review of research on visualization in Mathematics Education. **Focus on learning problems in Mathematics**, Massachusetts: Center for Teaching/ Learning of Mathematics, v. 11, n.1, p.7-16, 1989.
- BLANCO, Teresa Fernández; CAJARAVILLE, José Antonio; GODINO, Juan D. Configuraciones epistémicas y cognitivas en tareas de visualización y razonamiento espacial. **Investigación en Educación Matemáticas XI**, p. 189-197, 2007. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/28231388\\_Configuraciones\\_epistemicas\\_y\\_cognitivas\\_en\\_tareas\\_de\\_visualizacion\\_y\\_razonamiento\\_espacial](https://www.researchgate.net/publication/28231388_Configuraciones_epistemicas_y_cognitivas_en_tareas_de_visualizacion_y_razonamiento_espacial). Acesso em: 03 nov. 2021.
- BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal: Porto Editora, 1994. Disponível em: [https://www.academia.edu/6674293/Bogdan\\_Biklen\\_investigacao\\_qualitativa\\_em\\_educacao](https://www.academia.edu/6674293/Bogdan_Biklen_investigacao_qualitativa_em_educacao). Acesso em: 04 nov. 2021.

CHENG, Kun-Hung; TSAI, Chin Chung. Affordances of Augmented Reality in Science Learning: Suggestions for Future Research. **Journal of Science Education and Technology**, v. 22, n. 4, p. 449-462, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9405-9>

COSTA, Maria da Conceição M. Processos mentais associados ao pensamento matemático avançado: visualização. **Anais do Encontro da Seção de Educação Matemática da Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação**, Universidade de Coimbra, Portugal, 2002.

COSTA, Maria da Conceição M. **Modelo do pensamento visual-espacial: transformações geométricas no início da escolaridade**. 2005. Dissertação (doutorado em Ciências de Educação) - Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Lisboa, 2005.

FIELD, Andy. **Descobrendo a Estatística Usando o SPSS**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

HERSHKOWITZ, Rina; PARZYSZ, Bernard; DORMOLEN, Joop Van. Space and Shape. In: A. J. Bishop *et al.* (Ed.), **International handbook of mathematics education**, p. 161-166, 1996.

JOLY, Maria Cristina Rodrigues Azevedo; MUNER, Luana Comito; SILVA, Diego Vinícius da; PRIETO, Gerardo. Visualização espacial e desempenho em matemática no ensino médio e profissional. **Revista Avaliação Psicológica**, vol. 10, n. 2, p. 181-191, 2011. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/317463344\\_Visualizacao\\_espacial\\_e\\_desempenho\\_em\\_matematica\\_no\\_ensino\\_medio\\_e\\_profissional/citations](https://www.researchgate.net/publication/317463344_Visualizacao_espacial_e_desempenho_em_matematica_no_ensino_medio_e_profissional/citations). Acesso em: 16 out. 2021.

KNECHTEL, Maria do Rosário. **Metodologia da pesquisa em educação: uma abordagem teórico-prática dialogada**. Curitiba: InterSaberes, 2014. 200p.

MEKNI, Mehdi; LEMIEUX, André. Augmented Reality: Applications, Challenges and Future Trends. In: ZAHARIM, Azami; SOPIAN, Kamaruzzaman; PSARRIS, Kleantis; MARGENSTERN, Maurice (eds). **Applied Computational Science**, Kuala Lumpur: WSEAS Press, 2014. p. 205-214. Disponível em: <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6121/spr2020/readings/Mekni2014.pdf>. Acesso em 04 nov. 2021.

PARZYSZ, Bernard. “Knowing” vs “seeing”. Problems of the plane representation of space geometry figures. **Educational Studies in Mathematics**, Netherlands, v.19, n. 1, p. 79 - 92, fev. 1988.

PRESMEG, Norma C. Research on Visualization in Learning and Teaching Mathematics. In Gutierrez, Angel; Boero, Paolo (eds). **Handbook of Research on the Psychology of Mathematics Education: Past, Present and Future**. Roterdã: Sense Publishers, 2006. p. 205-235.

RESENDE, Bruno; MULLER, Thaís Jacintho. Mobile-learning: aprendizagem matemática por meio de realidade aumentada. **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, Canoas, v. 7, n. 2, 2018. DOI: 10.35819/tear.v7.n2.a3187. Disponível em: <https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/tear/article/view/3187>. Acesso em 29 out. 2021

SETTIMY, Thaís Fernanda de Oliveira; BARRAL, Marcelo Almeida. Dificuldades envolvendo a visualização em geometria espacial. **VIDYA revista eletrônica**, v. 40, n. 1, p. 177-195, jan./jun., 2020 - Santa Maria, 2020. ISSN 2176-4603. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/343556166\\_DIFICULDADES\\_ENVOLVENDO\\_A\\_VISUALIZACAO\\_EM\\_GEOMETRIA\\_ESPACIAL](https://www.researchgate.net/publication/343556166_DIFICULDADES_ENVOLVENDO_A_VISUALIZACAO_EM_GEOMETRIA_ESPACIAL). Acesso em: 04 nov. 2021

TORI, Romero; HOUNSELL, Marcelo da Silva (org.). **Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre: Editora SBC, 2018. Disponível em: [http://www.de.ufpb.br/~labteve/publi/2018\\_livroRVA.pdf](http://www.de.ufpb.br/~labteve/publi/2018_livroRVA.pdf). Acesso em: 08 nov. 2021.

TORMAN, Vanessa Bielefeldt Leotti; COSTER, Rodrigo; RIBOLDI, João. Normalidade de variáveis: métodos de verificação e comparação de alguns testes não-paramétricos por simulação. **Revista HCPA**, Porto Alegre, v. 32, n. 2, 2012. p.227-234. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/hcpa/article/view/29874/19186>. Acesso em 06 nov. 2021.

ZIMMERMANN, Walter; CUNNINGHAM, Steve. (Eds). **Visualization in Teaching and Learning Mathematics: a project**. Washington, DC, Estados Unidos: Mathematical Association of America, 1991.