



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO UNIVERSIDADE VIRTUAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EDUCACIONAL

CAROLINE GOMES FERREIRA

A CONTRIBUIÇÃO DA REALIDADE VIRTUAL PARA O
ENSINO E A APRENDIZAGEM DE GEOMETRIA ESPACIAL

FORTALEZA

2023

CAROLINE GOMES FERREIRA

A CONTRIBUIÇÃO DA REALIDADE VIRTUAL PARA O ENSINO
E A APRENDIZAGEM DE GEOMETRIA ESPACIAL

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Educacional da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre. Área de concentração: Inovações e Práticas em Tecnologia Educacional.

Orientadora: Profa. Dra. Luciana de Lima

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- F44c Ferreira, Caroline Gomes.
A contribuição da realidade virtual para o ensino e a aprendizagem de geometria espacial / Caroline Gomes Ferreira. – 2023.
138 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto UFC Virtual, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Educacional, Fortaleza, 2023.
Orientação: Profa. Dra. Luciana de Lima.
1. Ensino Médio. 2. Sólido geométrico. 3. Prisma. 4. Construcionismo. 5. Google Cardboard. I. Título.
CDD 371.33
-

CAROLINE GOMES FERREIRA

A CONTRIBUIÇÃO DA REALIDADE VIRTUAL PARA O ENSINO
E A APRENDIZAGEM DE GEOMETRIA ESPACIAL

Dissertação apresentada ao Mestrado
Profissional em Tecnologia Educacional, como
requisito parcial à obtenção do título de Mestre.
Área de concentração: Tecnologia Educacional.

Aprovada em 24 de outubro de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Profª. Dra. Luciana de Lima (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Robson Carlos Loureiro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Francisco Kelsen de Oliveira
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE)

A Deus.

Aos meus pais, José Ferreira e Verônica.

Aos meus irmãos, Arthur e Letícia.

Ao meu esposo Felipe.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser minha fortaleza e meu sustento em todos os instantes.

Aos meus pais José Ferreira Mesquita e Verônica de Sousa Gomes Ferreira por sonharem comigo e me destinarem toda compreensão, apoio e incentivo necessários em todos os momentos.

Aos meus irmãos Letícia Gomes Ferreira e Arthur Gomes Ferreira por se fazerem sempre presentes e contribuírem positivamente para minhas conquistas.

Ao meu esposo Felipe da Silva Sousa pelo companheirismo, bem como pelo amor, carinho e compreensão tão necessários e reconfortantes.

Aos meus avós maternos José de Castro Gomes (*In Memoriam*) e Teresa Neuma de Castro e meus avós paternos João Ferreira da Silva (*In Memoriam*) e Raimunda Pinto de Mesquita (*In Memoriam*) que sempre me incentivaram a evoluir.

À minha orientadora, Professora Dra. Luciana de Lima, pela disponibilidade, paciência e, principalmente, por contribuir indescritivelmente em minha aprendizagem.

Ao Coordenador do PPGTE, Professor Dr. Edgar Marçal pela motivação e por buscar o crescimento do nosso Curso de Mestrado.

À Professora Dra. Ana Paula Medeiros por todo o conhecimento e atenção dispensados a todos os mestrandos do PPGTE, regados de afeto e ternura.

Aos amigos Ms. Glauber Oliveira Benjamim e Dra. Francisca Maria que apoiaram e colaboraram no início desta pesquisa, além de me motivarem com seus exemplos de vida.

Aos professores Dr. Daniel Brandão Menezes (UFC) e Dra. Maria José Araújo Sousa (UVA) que, por meio do projeto “Pós-graduação, um sonho possível!”, me auxiliaram a construir o anteprojeto que motivou esta pesquisa.

Aos alunos voluntários e toda a equipe da escola participante desta pesquisa, pela forma relevante com a qual contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

A todos os colegas do Curso Mestrado em Tecnologia Educacional pela parceria e por todos os momentos vivenciados.

RESUMO

As avaliações externas demonstram que alunos do EM concluem essa etapa da Educação Básica com baixa proficiência no objeto de conhecimento Geometria Espacial. A dificuldade de visualização dos sólidos geométricos e a falta de aprofundamento no assunto são as causas mais apontadas pelos pesquisadores como justificativa para esta deficiência na aprendizagem dos estudantes. O objetivo desta pesquisa consiste em analisar como ocorre a aprendizagem em Geometria Espacial dos alunos de EM mediante a aplicação de uma proposta metodológica pautada na construção de vídeos 3D voltada para o uso da Realidade Virtual. Optou-se, portanto, pelo estudo dos Prismas. A pesquisa caracteriza-se como um Estudo de Caso. O estudo foi estruturado em três (3) etapas: planejamento, coleta de dados e análise de dados. Em virtude da pandemia causada pelo vírus COVID-19, foi selecionada uma amostra estatisticamente pequena, constituída por quatro estudantes de turmas distintas do 1º ano do EM de uma Escola Estadual Pública do município de Cariré, sendo um do sexo feminino e três do sexo masculino, todos com a faixa etária de 15 a 16 anos. A coleta de dados ocorreu em duas etapas. A 1ª etapa consistiu na organização dos instrumentos e materiais necessários para a realização do estudo. Na 2ª etapa, foram coletados os dados para a pesquisa em três (3) fases. Na 1ª fase foram verificados os conhecimentos prévios que os estudantes apresentaram sobre Prismas por meio da aplicação de um Questionário de Sondagem. A 2ª fase consistiu na aplicação de uma Sequência Didática que contemplou 8 aulas com 2h de duração cada e ficou subdividida em 3 fases distintas: Conceitual, Estudo sobre o *Blender* e Uso da Realidade Virtual. Na 3ª fase foram verificados os conhecimentos que os estudantes apresentaram sobre os Prismas, posterior à aplicação desta metodologia de ensino. A análise de dados ocorreu por meio de triangulação metodológica, com o auxílio dos procedimentos propostos pela Análise Textual Discursiva. Constatou-se que houve um salto qualitativo na aprendizagem dos indivíduos, quando analisou-se o conhecimento de cada sujeito durante os três processos avaliativos (Aplicação do Questionário de Sondagem, Sequência Didática e Questionário de Avaliação). Destaca-se que ao serem avaliados pela última vez, os indivíduos que afirmaram no Questionário de Sondagem não conhecer os conceitos inerentes aos Prismas, demonstraram capacidade de desenvolver ideias coerentes e os estudantes que já estabeleciam conceitos passaram a trazê-los mais impregnados de sentido, assemelhando ao que é conceituado pelos autores. Os resultados obtidos podem contribuir para a realização de outras pesquisas relacionadas aos ensino de Geometria Espacial, bem como em estudos referentes à aplicação da Realidade Virtual na educação, além da implementação do Construcionismo como

metodologia do ensino e aprendizagem, expressa na Sequência Didática como produto educacional. Pretende-se apresentar os resultados desta pesquisa em formações regionais, assim como realizar a publicação dos resultados em periódicos específicos da área. Aspira-se ainda pela ampliação desta pesquisa através da preparação de um projeto de doutorado.

Palavras-chave: ensino médio; sólido geométrico; prisma; construcionismo; *Google Cardboard*.

ABSTRACT

External evaluations demonstrate that high school students complete this stage of Basic Education with low proficiency in the knowledge object Spatial Geometry. The difficulty of visualizing geometric solids and the lack of depth in the subject are the causes most pointed out by the researchers as justification for this deficiency in student learning. The objective of this research is to analyze how the learning in Spatial Geometry of high school students occurs through the application of a proposal based on the construction of 3D videos focused on the use of Virtual Reality. Therefore, we opted for the study of the Prisms. The research is characterized as a Case Study. The study was structured in three (3) stages: planning, data collection and data analysis. The subjects are characterized by four students from different classes of the 1st grade of high school at a Public State School in the municipality of Cariré, one female and three males, all aged between 15 and 16 years. Data collection occurred in two stages. The first stage consisted of organizing the instruments and materials needed to carry out the study. In the second stage, data were collected for the research in three (3) phases. In the 1st phase, the previous knowledge that the students had about Prisms was verified through the application of a Survey Questionnaire. In the 1st phase, the previous knowledge that the students presented about Prisms were verified through the application of a Survey Questionnaire. The 2nd phase consisted of the application of a Didactic Sequence that contemplated 8 classes with 2h duration each and was subdivided into 3 distinct phases: Conceptual, *Blender* study and Virtual Reality use. In the 3rd phase, the knowledge that the students presented about Prisms was verified, after the application of this teaching methodology. Data analysis occurred through methodological triangulation, with the aid of the procedures proposed by Discursive Textual Analysis. It was found that there was a qualitative leap in the learning of the individuals, when the knowledge of each subject was analyzed during the three evaluation processes (Application of the Survey Questionnaire, Didactic Sequence and Evaluation Questionnaire). It is noteworthy that when they were evaluated for the last time, the individuals who stated in the Survey Questionnaire did not know the concepts inherent to the Prisms, demonstrated the ability to develop coherent ideas later and students who had already established concepts began to bring them more impregnated with meaning, like what is conceptualized by the authors. The results obtained may contribute to the accomplishment of other researches related to the teaching of Spatial Geometry, as well as in studies related to the application of Virtual Reality in education, in addition to the implementation of Constructionism as a methodology of teaching and learning, expressed in the Didactic Sequence as an educational product. It is intended to present the

results of this research in regional formations, as well as to publish the results in specific journals of the area. It is also aspired to expand this research through the preparation of a doctoral project.

Keywords: high school; geometrical solids; prisms; constructionism; Google Cardboard.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Prisma	29
Figura 2 – Tipos de prismas	29
Figura 3 – Sensorama	30
Figura 4 – Ferramentas utilizadas na aplicação de RV à Geometria Espacial	36
Figura 5 – Caixa d'água	64
Figura 6 – Caixa d'água	67
Figura 7 – Resolução da Questão 20 pelo indivíduo A1	68
Figura 8 – Resolução da Questão 20 pelo indivíduo A2	69
Figura 9 – Resolução da Questão 20 pelo indivíduo A3	69
Figura 10 – Resolução da Questão 21 pelo indivíduo A1	70
Figura 11 – Resolução da Questão 21 pelo indivíduo A2	71
Figura 12 – Resolução da questão de perímetro aplicada no questionário de avaliação pelo indivíduo A3	75
Figura 13 – Resolução da questão de perímetro aplicada no questionário de avaliação pelo indivíduo A4	75
Figura 14 – Resolução da questão de área aplicada no questionário de avaliação pelo indivíduo A1.....	75
Figura 15 – Resolução da questão de área aplicada no questionário de avaliação pelo indivíduo A2	76
Figura 16 – Resolução da questão de área aplicada no questionário de avaliação pelo indivíduo A3	76
Figura 17 – Resolução da questão de área aplicada no questionário de avaliação pelo indivíduo A4	77
Figura 18 – Resolução da questão de volume aplicada no questionário de avaliação pelo indivíduo A1	77
Figura 19 – Resolução da questão de volume aplicada no questionário de avaliação pelo indivíduo A2	77
Figura 20 – Resolução da questão de volume aplicada no questionário de avaliação pelo indivíduo A3	78
Figura 21 – Resolução da questão de perímetro aplicada no questionário de avaliação pelo indivíduo A4	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	<i>String</i>	35
Quadro 2 –	Trabalhos selecionados	35
Quadro 3 –	Vantagens e desvantagens do uso de RV	38
Quadro 4 –	Desenho da Coleta de Dados	38
Quadro 5 –	Conceito sobre Geometria Espacial	48
Quadro 6 –	Ideias sobre o conceito de Geometria Espacial	55
Quadro 7 –	Comparativo sobre o conceito dos estudantes sobre Geometria Espacial	56
Quadro 8 –	Conceito dos elementos da Geometria Espacial de acordo com o Questionário de Sondagem	57
Quadro 9 –	Comparativo sobre o conceito de <i>face</i>	59
Quadro 10 –	Comparativo sobre o conceito de <i>aresta</i>	60
Quadro 11 –	Comparativo sobre o conceito de <i>vértice</i>	61
Quadro 12 –	Conceito de Prisma de acordo com o Questionário de Sondagem	63
Quadro 13 –	Tipos de Prisma	63
Quadro 14 –	Construção do Conceito de Prisma	65
Quadro 15 –	Comparativo sobre o Conceito de Prisma	66
Quadro 16 –	Procedimentos de cálculos dos prismas realizados pelos estudantes no Questionário de Sondagem	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado do IDEB 2019	25
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
EM	Ensino Médio
FUNDEB	Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
NASA	Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais como Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PIBID	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Estudantes
PNE	Plano Nacional para a Educação
RA	Realidade Aumentada
REDs	Recursos Educacionais Digitais
RSL	Revisão Sistemática de Literatura
RV	Realidade Virtual
SAEB	Sistema de Avaliação da Educação Básica
SEDUC	Secretaria de Educação do Estado
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFC	Universidade Federal do Ceará

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	JUSTIFICATIVA	19
3	OBJETIVOS	23
3.1	Objetivo Geral	23
3.2	Objetivos Específicos	23
4	A MATEMÁTICA NO ENSINO MÉDIO: DESAFIOS PEDAGÓGICOS PARA O ENSINO DA GEOMETRIA ESPACIAL	24
4.1	Histórico do Ensino de Matemática na Educação Formal	24
4.2	Histórico do Ensino de Geometria Espacial na Educação Formal	27
4.3	Aspectos Gerais sobre Geometria Espacial	29
5	REALIDADE VIRTUAL: APLICAÇÕES NO ENSINO E APRENDIZAGEM	31
5.1	Histórico e Aspectos Gerais sobre Realidade Virtual	31
5.2	A Realidade Virtual no contexto do ensino e aprendizagem	33
5.3	A utilização da Realidade Virtual no contexto da Geometria Espacial	34
6	O CONSTRUCIONISMO COMO PROPOSTA METODOLÓGICA PARA A APRENDIZAGEM DE GEOMETRIA ESPACIAL NO CONTEXTO DA REALIDADE VIRTUAL	40
6.1	Aspectos Gerais sobre o Construcionismo	40
6.2	O Construcionismo no Contexto da Realidade Virtual	42
6.3	O Construcionismo no Contexto da Geometria Espacial	42
7	METODOLOGIA	43
7.1	Delineamento e Tipo de Pesquisa	46
7.2	Caracterização dos sujeitos da pesquisa	46
7.3	Caracterização do <i>locus</i> da pesquisa	47
7.4	Coleta de Dados	47
7.5	Análise de Dados	49
7.6	Aspectos Éticos e Legais da Pesquisa	50
8	RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
8.1	Perfil dos sujeitos	52
8.2	Apresentação dos Resultados a partir das Categorias	54

8.2.1	<i>Categoria Geometria Espacial</i>	55
8.2.2	<i>Categoria Elementos da Geometria Espacial</i>	58
8.2.3	<i>Categoria Prisma</i>	63
8.2.4	<i>Categoria Cálculos</i>	68
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
	REFERÊNCIAS	84
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE SONDAAGEM	92
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO FINAL	98
	APÊNDICE C – MODELO DE PROTOCOLO	100
	APÊNDICE D – PROTOCOLO 1	101
	APÊNDICE E – PROTOCOLO 2	103
	APÊNDICE F – PROTOCOLO 3	105
	APÊNDICE G – PROTOCOLO 4	107
	APÊNDICE H – PROTOCOLO 5	109
	APÊNDICE I – PROTOCOLO 6	111
	APÊNDICE J – PROTOCOLO 7	113
	APÊNDICE K – PROTOCOLO 8	115
	APÊNDICE L – PROTOCOLO 9	117
	APÊNDICE M – MODELO DE RELATÓRIO DE OBSERVAÇÃO	118
	APÊNDICE N – RELATÓRIOS DE OBSERVAÇÃO	120
	APÊNDICE O – TALE	130
	APÊNDICE P – TCLE	131
	ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA	136

1 INTRODUÇÃO

A Realidade Virtual (RV) oferece uma experiência imersiva onde o usuário explora a sensação de estar inserido em um ambiente diferente do real, de modo a usufruir de novas vivências. Por permitir simulações realistas, a RV apresenta-se como uma possibilidade de metodologia para uma aprendizagem prática por meio de estímulos a observação, experimentação e resolução de problemas de maneira envolvente, especialmente quando aliada ao ensino construcionista, onde os estudantes participam ativamente da construção de seus próprios conhecimentos.

A presente dissertação apresenta uma proposta para o ensino de Geometria Espacial aos alunos do Ensino Médio (EM), por meio da utilização da RV, mediante uma aprendizagem construcionista. Esta pesquisa tem como propósito demonstrar uma metodologia inovadora para o ensino de Geometria Espacial que propulsione o estudante a construir o seu próprio conhecimento. A princípio, são expostos relatos que ilustram o itinerário percorrido pela pesquisadora, assim como a sua vivência com o tema abordado. Em seguida, são expostas informações acadêmicas que validam a importância da inserção de tecnologias digitais na aprendizagem dos estudantes, possibilitando novas formas de ensinar e de aprender.

A trajetória da pesquisadora como professora de Matemática teve início no ano de 2009, quando ainda estava nos primeiros anos da Licenciatura. Logo nas primeiras experiências em sala de aula e depois como bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), a pesquisadora relata que percebeu o quão difícil era construir e adaptar metodologias que pudessem transformar todo os conhecimentos adquiridos na Universidade em algo mais palpável e possível para os alunos.

Assim como muitos professores de matemática, a pesquisadora descreve ter tido uma formação muito “conteudista”, onde o mais importante era a obtenção de conhecimento sem maior preocupação sobre como este chegaria aos estudantes. Poucas foram as disciplinas em que houve uma orientação nesse sentido. Felizmente, a pesquisadora obteve a oportunidade de vivenciar as experiências advindas do PIBID e dessa forma, descreve que pode evoluir enquanto profissional da educação.

A pesquisadora discorre uma situação em especial que marcou sua formação. Como bolsista, relata ter participado de muitas oficinas com os orientadores do projeto. Em uma delas a temática abordada eram os sólidos geométricos. Foi realizado um trabalho de construção desses sólidos utilizando materiais recicláveis, como papelão e canudos, algo bem trivial do

ensino de matemática. Sempre após as oficinas, havia a reprodução para os alunos que eram atendidos pelos bolsistas. Ao aplicar as oficinas, a pesquisadora informa ter constatado que os alunos chegavam ao Ensino Médio com um conhecimento mínimo sobre Geometria Espacial. A oficina embora rápida, conseguiu despertar em muitos o desejo de aprender mais sobre este conteúdo, já para outros ainda não era suficientemente eficaz.

Essa experiência despertou na pesquisadora, ainda cedo, um desejo de buscar algo que pudesse ser ainda mais atrativo para os estudantes durante o estudo de Geometria Espacial. Segundo a pesquisadora, o tempo passou e esse desejo ficou “guardado”. No ano de 2020 houve novamente, por parte da pesquisadora, o desejo de pesquisar sobre o assunto e encontrar possibilidades para compreender melhor os processos de ensino e aprendizagem desses conteúdos. A pesquisadora relata ter se deparado com uma notícia aleatória sobre a gratuidade de uso do molde do óculos de Realidade Virtual da *Google*, o *CardBoard*. Instantaneamente, sentiu-se motivada a pesquisar sobre a ideia de aliar a Realidade Virtual à Geometria Espacial. Posteriormente, surgiu o edital para o Programa de Pós-graduação em Tecnologia Educacional da Universidade Federal do Ceará (PPGTE – UFC) e a pesquisa sobre os assuntos culminou no anteprojeto, o qual a pesquisadora submeteu à seleção e obteve êxito.

Na disciplina de Matemática alguns assuntos requerem uma abordagem mais concreta, necessitando da visualização do que está sendo trabalhado em sala de aula. Segundo Settimy e Bairral (2020, p. 177), “a visualização é considerada uma habilidade importante do pensamento matemático, é um processo individual que não é inato e, portanto, precisa ser ensinado”. Entre os assuntos matemáticos que mais solicitam a visualização, destaca-se a Geometria Espacial, que para ser compreendida com mais profundidade necessita de menos abstração e de mais exemplos reais e visuais, que possibilitem melhor compreensão sobre como aplicar o conhecimento de sólidos geométricos nas situações cotidianas.

A falta de familiaridade com a Geometria Espacial em algumas situações é decorrente da exclusão ou do estudo “raso” deste conteúdo nos currículos de séries anteriores, prejudicando o processo de aprendizagem necessário para o estudo deste assunto no Ensino Médio, conforme afirma Pavanello (2004, p. 3) “é evidente que a exclusão da geometria dos currículos escolares ou seu tratamento inadequado podem causar sérios prejuízos à formação dos indivíduos”.

As lacunas de aprendizagem dos estudantes em Geometria Espacial são por vezes levadas até a universidade. Segundo Gravina (1996), em um estudo realizado com os alunos ingressantes no curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, os estudantes apresentam dificuldades em assimilar conceitos básicos de Geometria, de

tal modo que “apresentam pouca compreensão dos objetos geométricos, confundindo propriedades do desenho com propriedades do objeto” (GRAVINA, 1996, p. 2). Estudos como esse, provocam uma reflexão sobre como está sendo a formação do professor de Matemática e se esta fragilidade pode ser uma das causas que dificultam o ensino de Geometria Espacial aos estudantes.

Outro ponto que é possível considerar como um entrave para os professores é o currículo proposto para a disciplina de Matemática na Educação Básica, onde a Geometria é geralmente um dos últimos tópicos a serem trabalhados, terminando por não ser estudada por “falta de tempo” ou estudada de forma superficial, abrangendo apenas os primeiros conceitos. Pavanello (2004, p. 2) afirma que em muitos currículos “a geometria é praticamente excluída do currículo escolar ou passa a ser, em alguns casos restritos, desenvolvida de uma forma muito mais formal”.

Para que haja uma compreensão completa da Geometria Espacial faz-se necessário aliar o ato de visualizar e construir ao ensino de conceitos inerentes ao estudo. Dissociar uma dessas práticas trará prejuízos à formação do estudante, principalmente quando as atividades de percepção das formas espaciais não são trabalhadas em sala de aula. Esta ainda é uma prática comum entre alguns professores, causando prejuízo à aprendizagem dos alunos. Barbosa (2003, p. 4) afirma que “mais importante que designar e definir ações meramente repetidoras, é observar, descrever, comparar, tocar, construir”.

O ensino de Geometria Espacial, por vezes, é realizado de forma a não propiciar a abstração necessária para o entendimento do assunto. Segundo Dedé *et al.* (1999) para a compreensão de conceitos abstratos, os estudantes submetem-se à construção de modelos mentais, de modo a organizarem estruturas de conhecimento internas. A abordagem de conteúdos apenas através de palavras ou de figuras presentes nos livros didáticos ou *slides* mostra-se eficiente, no entanto, para os estudantes que não compreendem conteúdos subjetivos, há a necessidade de implementação de ferramentas que possibilitem o raciocínio abstrato.

Vasconcellos (2008, p. 7) explica que os professores, “devido ao desconhecimento do assunto, planejam, iniciam e direcionam suas aulas para a resolução de problemas relacionados à descrição e à nomeação de figuras geométricas”. O método de codificar as informações e aplicá-las às questões como forma de “treinamento” é uma prática que persiste como metodologia única a ser utilizada para a aprendizagem.

A inserção de novos métodos e ferramentas de ensino é necessária para o ensino de Geometria Espacial, mas para que tenham o efeito desejado na aprendizagem faz-se necessária uma relação com o conteúdo previamente abordado em sala de aula, para que desse modo, o

emprego das novas metodologias possa estar relacionado ao conteúdo e não seja apenas uma interação que logo perderá o significado, conforme afirma Tori *et al.* (2018, p. 517) que “mesmo passada a curiosidade inicial, é importante que o emprego daquela mídia faça sentido e que o conteúdo seja contextualizado”.

Uma tecnologia que tem adentrado aos poucos na educação é a Realidade Virtual (RV). Através dela, lacunas do ensino de Geometria Espacial, decorrentes da necessidade de visualização dos sólidos geométricos podem ser sanadas, conforme um estudo realizado por Li *et al.* (2020, p.12), onde o pesquisador afirma que, quando comparado a métodos tradicionais de aprendizagem, os ambientes virtuais proporcionam aos estudantes melhor compreensão das características de espaço. Esta pesquisa busca demonstrar a utilização da Realidade Virtual para a aprendizagem de Geometria Espacial por meio de uma metodologia construcionista, onde o estudante se apresenta como protagonista do seu próprio conhecimento.

2 JUSTIFICATIVA

Os recursos tecnológicos inerentes à RV, tornam-se oportunidades de inserção de novas ferramentas a serem utilizadas para a aprendizagem, principalmente aquelas que necessitam de baixo investimento para serem implementadas, tais como o *Google Cardboard*, que consiste em um óculos de RV, produzido em papelão, desenvolvido pela *Google*, com livre licença para uso e que pode ser instalado em um *smartphone* e promover uma experiência imersiva aos estudantes. Segundo De Marchi e Hashimoto (2018, p. 479), tais tecnologias como os óculos *Google Cardboard*, “têm se tornado cada vez mais acessíveis e presentes no universo digital social”.

Segundo Kirner e Tori (2006, p. 6), a Realidade Virtual é uma “interface avançada do usuário” para acessar aplicações executadas no computador, tendo como características a visualização de, e movimentação em ambientes tridimensionais em tempo real e a interação com elementos desse ambiente. Semelhantemente, Jerald (2015, p.19) define RV como “um ambiente digital gerado computacionalmente que pode ser experienciado de forma interativa como se fosse real”.

Essa tecnologia, já tão difundida em outras áreas como Medicina e Engenharia, passou a ser compreendida também como uma aplicação possível à Educação. Conforme Louis *et al.* (2020), os ambientes virtuais têm sido notados com grande potencial para os campos de aprendizagem. Tal potencial ocorre não pela inovação da tecnologia em si, mas pelas possibilidades que esta tecnologia pode proporcionar ao processo de ensino-aprendizagem. Mas quais ganhos podem ser obtidos com o uso dessa tecnologia? Segundo Tori *et al.* (2018, p. 509), os ganhos se pautam na “utilização de sistemas interativos na educação, de forma geral, é importante devido aos seus aspectos de imersão, interação e envolvimento que possibilitam ao aluno vivenciar o aprendizado, isto é, sair do teórico e ir para prática”.

A aplicação de RV no ensino de Geometria Espacial tem sido realizada através de ferramentas diversas, sendo elas: óculos RV concomitante a aplicativos ou outras ferramentas, aplicativos utilizados isoladamente, vídeos 3D e telas multitoque. Entre todas as possibilidades, as que se destacam são as que fazem o uso imersivo, pois permitem a visualização de aspectos dos sólidos geométricos que o livro não dispõe, possibilitando a melhoria da aprendizagem, conforme destaca Lai *et al.* (2016, p.703) “uma tecnologia que tem potencial para melhorar drasticamente a educação em geometria é a realidade virtual imersiva”.

Entre as ferramentas listadas acima destaca-se como mais utilizados os óculos de RV, que podem oferecer ao aluno uma aprendizagem mais sólida em pouco tempo de uso. Lu, Yu e Liang (2018, p. 9) corroboram em seus estudos que os estudantes participantes da pesquisa se demonstraram “capazes de adquirir conhecimento em ambientes de RV usando um curto período de treinamento”.

A utilização de aplicativos para o ensino de Geometria Espacial, assim como de outros conteúdos matemáticos, é uma estratégia que estimula a aprendizagem por meio da produção manual do conhecimento, onde os estudantes se envolvem na construção da Matemática (FREITAS, 2016).

Uma das principais ferramentas utilizadas para a aplicação de Realidade Virtual em Geometria Espacial é o uso de aplicativos, sejam eles utilizados em computadores ou *smartphones*. Segundo Tori *et al.* (2018), a utilização de programas que promovem simulação em computadores já existe há certo tempo e pode vir a trazer benefícios para a aprendizagem. Outra ferramenta que busca oferecer imersão, envolvimento e interação são os óculos de RV, com o *Cardboard* da *Google*. Por possuir licença livre e baixo custo em sua produção, tem sido utilizado em testes em Geometria Espacial, promovendo experiências inovadoras aos estudantes. De acordo com Lira e Lima (2019), a utilização desta ferramenta permite ao estudante a construção de um método de ensino exequível e de baixo custo, além de ter o aluno como principal agente.

Um estudo realizado por Wu e Chang (2020) com uma amostra de 116 alunos do 8º ano do Ensino Fundamental da cidade de Nova Taipé (New Taipei), localizada em Taiwan, demonstrou que a utilização de vídeos 3D no ensino de Geometria Espacial promove resultados de aprendizagem satisfatórios. A pesquisa foi realizada dividindo os estudantes em dois grupos de 58 alunos (sendo 29 homens e 29 mulheres em cada), onde um deles compõe o grupo experimental e o outro o grupo controle. Os estudantes dos dois grupos foram submetidos a três etapas: pré-teste, aprendizagem e pós-teste, sendo que para o grupo experimental foi aplicada a aprendizagem por meio de vídeos 3D, com ênfase nos erros cometidos no pré-teste e, posteriormente, na consolidação dos conceitos. Na realização do pós-teste, os alunos pertencentes ao grupo experimental demonstraram desempenho significativamente melhor do que os demais participantes do estudo. Desse modo, a utilização de vídeos 3D no ensino de Geometria Espacial tem sido testada por professores e apresenta resultados satisfatórios no quesito aprendizagem.

Um dos maiores benefícios do uso da RV no ensino é proporcionar o conhecimento de modo palpável, promovendo a interação, o engajamento e a motivação dos estudantes.

Laurillard (2002, p. 513-514) corrobora essa perspectiva dizendo que “quanto maior a oportunidade do aluno agir de forma ativa sobre o conhecimento, ou seja, manipulando objetos, testando hipóteses, criando soluções, maior a probabilidade do aluno adquirir, compreender e transferir a aprendizagem para situações diversas”.

Além desta vantagem, outros pontos positivos são apontados, tais como a segurança em utilizar a tecnologia, que não oferece riscos para os alunos; a utilização do recurso em qualquer lugar, sem necessidade de um laboratório e o estímulo ao desenvolvimento de novas habilidades. Adamovich *et al.* (2009, p.3) afirmam que “a Realidade Virtual permite que em tempo real o estudante manipule substâncias ou objetos de formas variadas, sem correr riscos, além da possibilidade de desenvolvimento da coordenação motora para algumas atividades”.

De maneira mais específica, a RV imersiva pode proporcionar maior apropriação de conteúdos em que os estudantes apresentam dificuldades, tais como a Geometria Espacial, aliando a teoria estudada à prática através da imersão em ambientes virtuais. Lai *et al.* (2016, p.712) afirmam que a RV imersiva tem o poder de elevar a aprendizagem de Geometria Espacial, melhorando a compreensão de espaço e proporcionando a interação dos estudantes, através da manipulação dos sólidos, permitindo ao aluno a identificação dos elementos básicos que compõem um sólido geométrico, tais como vértices, arestas e faces, bem como os elementos geométricos que compõem sua estrutura e que podem ser calculadas como as medianas e as alturas que facilitam o cálculo de áreas e volumes dos sólidos.

Diante dessa perspectiva, pergunta-se: de que forma o uso de Realidade Virtual diante de uma proposta construcionista de ensino de conteúdos de Geometria Espacial pode auxiliar na aprendizagem de alunos do Ensino Médio?

Compreende-se que o propósito principal do Construcionismo é instruir de modo a gerar o máximo de conhecimento com o mínimo de instruções (PAPERT, 2008). Ainda, segundo Papert (2008, p. 137), o Construcionismo propõe-se como um “conjunto de peças para construção”. De tal modo, percebe-se o Construcionismo como uma proposta de ensino que coloca o estudante como protagonista de seu conhecimento. Fazendo uma analogia com uma construção, o aluno é agora aquele que coloca a "mão na massa", acompanhado de perto pelo professor que o desafia e instiga com questionamentos e problemas mais complexos no decorrer do processo.

Em pesquisas cujo construcionismo foi utilizado como metodologia de ensino para a aprendizagem de conteúdos de Geometria Espacial, os resultados obtidos revelaram que a influência construcionista favorece o envolvimento e estimula o empenho dos estudantes na realização das atividades (BOITO, 2018). Em consonância com este estudo, Santos e Weber

(2014) propuseram a utilização de micromundos, que funcionam como “um ambiente de aprendizagem interativa baseado no computador onde os pré-requisitos estão embutidos no sistema e onde os aprendizes podem tornar-se ativos, arquitetos construtores de sua própria aprendizagem” (PAPERT, 1985, p. 151), de modo que a abordagem construcionista foi fator decisivo para que ocorresse uma aprendizagem mais alinhada às atitudes dos estudantes (SANTOS; WEBER, 2014).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Analisar como ocorre a aprendizagem em Geometria Espacial dos alunos de Ensino Médio mediante a aplicação de uma proposta metodológica pautada na construção de vídeos 3D voltada para o uso da Realidade Virtual.

3.2 Objetivos Específicos

- Identificar as principais dificuldades dos estudantes de Ensino Médio na compreensão dos conceitos e procedimentos vinculados aos Prismas na Geometria Espacial;
- Desenvolver uma proposta metodológica para o ensino de Geometria Espacial pautada na construção de vídeos 3D voltada para o uso da Realidade Virtual;
- Comparar os resultados obtidos sobre a compreensão de conceitos e procedimentos vinculados aos Prismas na Geometria Espacial por estudantes do 1º Ano do Ensino Médio, antes da aplicação metodológica proposta e após essa aplicação.

4 A MATEMÁTICA NO ENSINO MÉDIO: DESAFIOS PEDAGÓGICOS PARA O ENSINO DA GEOMETRIA ESPACIAL

Este capítulo apresenta um apanhado histórico sobre os caminhos da Geometria Espacial desde o seu aparecimento na Matemática até os tempos atuais. Serão exploradas as formas como esse assunto vem sendo explorado ao longo dos anos, bem como os principais conceitos inerentes ao tema. O capítulo organiza-se em três partes. A primeira traz o resumo histórico sobre a Matemática, a segunda trata a respeito da trajetória da Geometria Espacial e, finalmente, a terceira expõe as principais definições que compõem a base para este estudo.

4.1 Histórico do Ensino de Matemática na Educação Formal

A Matemática surgiu mediante a necessidade diária do homem de utilizar técnicas de contagem inerentes ao seu cotidiano. O conhecimento de conceitos matemáticos é visto como um dos possíveis requisitos de sobrevivência dos mais aptos indivíduos da raça humana. A necessidade de contagem, seja para a coleta ou seja para a caça por alimentos, foi um privilégio daqueles que observaram e perceberam que essa forma de organização garantia maior tempo de saciedade da fome. Porém, somente a partir do século XIX, a Matemática passou a ir além de análises superficiais da natureza (BOYER, 1974).

Para que fosse possível o seu desenvolvimento, a Matemática primitiva necessitava de um embasamento minimamente prático, o que ocorreu de acordo com a evolução da sociedade. A necessidade de criação de técnicas de contagem deu origem respectivamente aos sistemas numéricos: binário, ternário, quinário e decimal; sendo os dois últimos os mais utilizados, pelo simples fato de representarem os cinco dedos de uma mão ou os dez das duas, o que representava praticidade para a contagem (BOYER, 1974).

De acordo com Eves (2004), o ensino de Matemática originou-se no Oriente Antigo e teve destaque inicial na aritmética, essencialmente por meio de aplicações práticas ligadas à agricultura e à engenharia. O conhecimento matemático existente e seu ensino entre egípcios e babilônicos era privilégio de poucas classes sociais, entre as quais destacam-se os sacerdotes, que dedicavam-se ao estudo, especialmente da álgebra e geometria e mantinham tal sapiência em monopólio, visando garantir a superioridade da classe eclesiástica, até então dominante. Este ensino constituía-se na solução de problemas, com a repetição mecânica de técnicas de resolução, de modo a treinar o algoritmo (MIORIM, 1995).

Um grande marco da história da Matemática ocorreu por meio de Euclides de

Alexandria, por volta de 300 a.C., com a publicação da obra “Elementos”, composta de onze volumes (ou capítulos), onde um compilado dos conhecimentos matemáticos existentes na época é organizado e apresentado à comunidade científica. O reconhecimento da relevância deste estudo é mantido até os tempos atuais. Desde a sua primeira edição em 1482, mais de mil outras foram realizadas, sendo o trabalho científico mais estudado até hoje (EVES, 2004).

No Brasil, a Reforma Francisco Campos, iniciada em 1930, buscava organizar o sistema educacional do país. Fruto de intensas discussões já fomentadas na década de 20, a reforma foi instituída pelo decreto 19.890, de 18 de abril de 1931, e consolidada por meio do decreto 21.241, de 4 de abril de 1932. Teve como principal líder o então Ministro da Educação e Saúde, Francisco Campos, indicado por Getúlio Vargas, Presidente do Brasil na época. No que se refere a Matemática, a reforma buscou inserir no ensino o que havia de modernização no currículo a nível mundial no contexto da época, com algumas alterações que permanecem vigentes até os dias atuais, nas quais destacam-se: a disciplina de Matemática ser parte integrante do currículo de todas as séries e a unificação dos ramos da Matemática Elementar (Geometria, Trigonometria, Álgebra e Aritmética) (SOARES; DASSIE; ROCHA, 2004).

Posteriormente, outras reformas fizeram parte do cenário educacional brasileiro, tais como a Reforma Gustavo Campanema; iniciada em 1939 e perdurada até 1961, possuindo como destaque o retorno da fragmentação da Matemática (Álgebra, Geometria e Aritmética) e o Movimento da Matemática Moderna, adotada em vários países, com destaque para a ênfase no ensino de Conjuntos. A reforma esteve em vigor até o final da década de 1970. (SOARES; DASSIE; ROCHA, 2004).

Com a elaboração da Constituição Federal de 1988, o dever do Estado passou a ser mais claro: oferecer educação a todos (BRASIL, 1988), tal premissa tornou-se obrigação. Posteriormente, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), Lei nº 9.394/1996 consolidou esta garantia, propondo uma base nacional comum, composta por uma base diversificada, porém contendo um currículo com disciplinas obrigatórias, tais como a Matemática.

Em 1998, foram instituídos os Parâmetros Curriculares Nacionais como Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), onde a Matemática é considerada uma disciplina com bastante aplicabilidade, que deve estimular o raciocínio dedutivo, bem como deve ser apoio para outras áreas do conhecimento. Apesar da importância dos PCNEM, havia a necessidade de uma base comum que oferecesse, a nível nacional, um currículo norteador. Mediante tal anseio, iniciou-se uma caminhada para uma proposta curricular nacional, onde redes de ensino municipais e estaduais passaram a criar suas próprias diretrizes curriculares.

A necessidade de unificar e orientar o currículo da Educação Básica brasileira passou a ser pauta de debates de diversos encontros com profissionais da educação. Outros documentos foram criados para que a educação brasileira conseguisse avançar. Por meio da Lei n. 13.005, de 25 de junho de 2014, é criado, para vigência de 10 anos, o Plano Nacional para a Educação (PNE), contendo 20 metas, entre as quais 4 tratam sobre a criação de uma base nacional comum. De acordo com a Base Nacional Comum Curricular, “é um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo a que tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento” .

Mesmo com políticas públicas educacionais importantes como o FUNDEB (Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação), e suas transformações ao longo dos seus anos de existência, tais como a implementação de uma nova forma de distribuição dos recursos, o Brasil ainda ocupa as piores posições em avaliações externas, como o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA). Em sua última edição realizada em 2018 com adolescentes de 15 anos, o Brasil obteve resultados pouco satisfatórios entre os 79 países participantes, ocupando as posições 69º e 72º na disciplina de Matemática, considerando as margens de erro (INEP/MEC, 2019); assim como nas avaliações internas, mediante o último resultado do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB), realizado no ano de 2019, onde o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) demonstra que apenas nos anos iniciais do Ensino Fundamental o Brasil conseguiu cumprir a meta estabelecida, inclusive ultrapassando-a, causando assim uma disparidade nas demais etapas da Educação Básica, que não apresentam o mesmo êxito, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Resultado do IDEB 2019

IDEB 2019		
ETAPA	META	IDEB
Ensino Fundamental - Anos Iniciais	5,7	5,9
Ensino Fundamental - Anos Finais	5,2	4,9
Ensino Médio	5,0	4,2

Fonte: SAEB (2020)

Como consequência de possíveis lacunas ocasionadas por não conhecer e/ou não compreender os conceitos fundamentais, os estudantes passam a adquirir certo distanciamento, gerando até o ponto máximo de aversão à Matemática. O desconhecimento da Matemática gera um desafeto pela disciplina, conforme questiona Lorenzato (2006, p. 34) “se for verdadeiro que ‘ninguém ama o que não conhece’, então fica explicado porque tantos alunos não gostam de matemática, pois, se a eles não for dado conhecer a Matemática, como podem vir a admirá-la?”

4.2 Histórico do Ensino de Geometria Espacial na Educação Formal

A história da Matemática traz relatos sobre estudiosos que dedicaram-se à descoberta e compreensão da Geometria. De acordo com Eves (2004, p. 129), “os primeiros três séculos da matemática grega, começando com os esforços iniciais de Tales por uma Geometria demonstrativa (por volta de 600 a.C.) e culminando com os notáveis Elementos de Euclides (por volta de 300 a.C.) constituem um período de realizações extraordinárias”. Euclides, trata de diversos conhecimentos matemáticos, sendo boa parte deles voltados para a Geometria.

De acordo com Pavanello (1989), até o século XI o ensino de Geometria não era visto como necessário aos currículos escolares, sendo aplicado apenas quando conveniente à formação profissional de alguns estudantes. Com a expansão do comércio no ano 1100, mais pessoas, principalmente filhos de comerciantes, passaram a frequentar escolas. Um grande passo foi dado a partir do século XII, quando universidades passaram a ser criadas e o ensino de Geometria tornou-se parte integrante do currículo. Porém, foi no período do Renascimento que pessoas de variadas classes sociais passaram a ter acesso ao estudo da Geometria.

O ensino de Geometria no Brasil passou a ser difundido em 1930 por meio da Reforma Francisco Campos que tornou a Matemática uma disciplina unificada, já que outrora se apresentava de forma fragmentada em Aritmética, Álgebra, Geometria e Trigonometria, de modo que o estudo de Geometria era destinado a cursos técnicos e a profissionais, tais como lançadores de bomba, artilheiros e navegadores (GOERGEN; NEHRING, 2006).

Segundo Borsoi (2016), ao ser implantada no currículo escolar, a Geometria passou a ser abordada fazendo forte uso da Álgebra e de elementos intrínsecos à Teoria dos Conjuntos, além de utilizar métodos que recorriam à abstração e ao profundo rigor. Ademais, o professor apresentava-se como o detentor do conhecimento e o fazia de modo excessivamente formal, modelo a ser reiterado pelos estudantes.

De acordo com Amaral-Schio (2018), no interstício das décadas de 1980 e 1990, o conteúdo de Geometria Espacial ocupava as últimas páginas dos livros didáticos, de maneira

que, quando os professores não conseguiam cumprir todo o conteúdo programático, os estudantes eram prejudicados. Ainda de acordo com Costa (2008), uma boa parcela dos alunos ao saírem da Educação Básica, especialmente da Educação Pública, não possuem os conhecimentos mínimos de Geometria necessários para este nível de ensino.

O ensino de Geometria Espacial consolidou-se no currículo escolar brasileiro, porém, apesar de sua importância, ainda são observadas algumas dificuldades durante seu processo de ensino e aprendizagem, ocorrendo tanto para estudantes quanto para professores (LECRER; BAZUCH, 2020).

A utilização da Álgebra como principal método de ensino da Geometria Espacial ainda faz parte da rotina de muitos professores de Matemática. Embora muitas mudanças tenham sido realizadas no currículo escolar da Educação Básica, há professores que obtiveram formação por meio da Matemática Moderna e dela trazem características que por vezes são aplicadas em sala de aula nos dias atuais (VERONA; LOPES, 2016).

Espera-se que o ensino de Geometria Espacial faça sentido para o estudante, sendo assim, um conhecimento aplicável, indo além de cálculos algébricos. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) ressalta que “a Geometria não pode ficar reduzida a mera aplicação de fórmulas de cálculo de área e de volume nem a aplicações numéricas imediatas de teoremas sobre relações de proporcionalidade” (BRASIL, 2018, p. 272).

Apesar dos resquícios deixados pelo uso do algebrismo, o modo como a Geometria Espacial tem sido ensinada nas salas de aula do Ensino Médio tem sido modificada pela inserção das tecnologias digitais nas metodologias aplicadas pelos professores. Em uma Revisão Sistemática de Literatura realizada por Monzon e Basso (2018), entre os nove (9) trabalhos selecionados, foram identificadas as seguintes tecnologias aplicadas ao ensino de Geometria Espacial: impressora 3D; *Google Sketchup*; Realidade Virtual e Aumentada; softwares de Geometria Dinâmica, sendo o Geogebra o mais utilizado em todos os trabalhos; softwares de modelagem 3D e aplicativos projetados pelos próprios pesquisadores. Todas as tecnologias identificadas foram utilizadas com o objetivo de visualização de objetos tridimensionais.

A relevância do ensino de Geometria Espacial é inestimável, visto que sua aplicação pode ser observada em diversos setores da sociedade, tais como engenharia, arquitetura, agricultura e na área da saúde. Marçal *et al.* (2005, p. 4), discorre que “através de cenários tridimensionais, é possível representar uma grande variedade de situações voltadas para diversas áreas de aplicação”.

4.3 Aspectos Gerais sobre Geometria Espacial

De maneira geral, a Geometria se divide em três: Plana, Espacial e Analítica. Para esta pesquisa pretende-se analisar a Geometria Espacial, onde estuda-se especificamente objetos com três dimensões: altura, largura e comprimento. A Geometria Espacial é o ramo da Matemática responsável pelo estudo dos sólidos geométricos, também denominados como figuras geométricas espaciais. Esta parte específica da Geometria surge a partir de elementos primitivos. Conforme Carvalho, (2005, p. 14) “a Geometria Espacial examina as propriedades de figuras que são construídas, a partir de certos elementos básicos do espaço: pontos, retas e planos”.

Os sólidos geométricos, embora possuam formas diversas, podem ser classificados em: Poliedros, Corpos Esféricos e outros (aqueles que não se enquadram na categoria dos Poliedros e nem nos Corpos Esféricos). Em decorrência desta pesquisa, busca-se a apropriação nos Poliedros. A palavra Poliedro provém do idioma grego (junção dos termos *polys* e *hedra*) e significa “muitas faces”. A definição trazida por Souza (2020, p.88) discorre que Poliedro é “toda figura geométrica espacial cuja superfície é formada por uma quantidade finita de polígonos”.

Nos Poliedros são identificados os seguintes elementos:

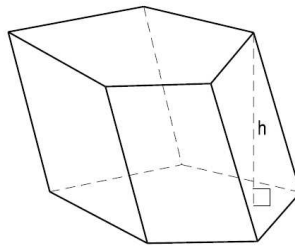
- faces: são os polígonos que compõem a superfície do poliedro;
- arestas: são os segmentos de reta comuns a duas faces do poliedro;
- vértice: são os pontos de interseção dos segmentos de reta que delimitam as faces do poliedro.

Os Poliedros podem ser classificados em convexo ou não convexo. Em um Poliedro convexo, qualquer segmento de reta, não paralela a nenhuma das faces, intersecta suas faces em, no máximo, dois pontos; caso contrário, caracteriza-se como um poliedro não convexo. Para esta pesquisa, será objeto de estudo o prisma, um Poliedro convexo.

Algumas definições fazem-se necessárias para a compreensão das características, e elementos de um prisma. De acordo com Bonjorno, Giovanni Júnior e Câmara (2020, p. 83), o prisma é “a figura geométrica formada pela reunião de todos os segmentos de reta paralelos à reta r , com uma extremidade em um ponto de um polígono convexo e a outra no plano β , é denominada prisma”. Almeida (2018, p. 124) trata o prisma como “o poliedro limitado por uma superfície prismática fechada e por dois planos paralelos entre si e não paralelos às arestas da superfície”. Ainda de acordo com Dolce e Pompeo (1993, p. 137) considerando um polígono plano convexo contido em um plano α e um segmento de reta PQ , cuja reta suporte intercepte esse plano α , denomina-se Prisma “a reunião de todas as retas congruentes e paralelos a PQ

com uma extremidade nos pontos do polígono e situados num mesmo semi-espço dos determinados por a'' . Por questões de simplicidade e objetividade, para este estudo será considerada a definição de Almeida (2018), conforme retrata a Figura 1.

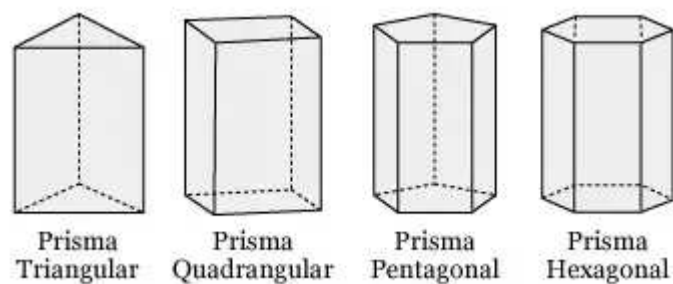
Figura 1 - Prisma



Fonte: Almeida (2018)

Os prismas podem ser denominados de acordo com o polígono de base, sendo nomeados como prisma triangular, quadrangular, pentagonal, hexagonal e assim por diante. Podem ser classificados como: prismas retos, quando as arestas laterais são perpendiculares aos planos em que suas bases estão contidas, ou seja, suas faces laterais são retângulos; ou prismas oblíquos, quando as arestas laterais são oblíquas aos planos em que suas bases estão contidas, ou seja, suas faces laterais são paralelogramos.

Figura 2 - Tipos de prismas



Fonte: <https://www.maisbolsas.com.br/enem/matematica/elementos-e-classificacao-do-prisma>

Acesso em: 26 de abril de 2023.

5 REALIDADE VIRTUAL: APLICAÇÕES NO ENSINO E APRENDIZAGEM

Este capítulo apresenta aspectos históricos sobre a Realidade Virtual (RV) e suas aplicações no contexto do ensino e da aprendizagem. Além disso, será apresentada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) que aborda a aplicação da Realidade Virtual no contexto da Geometria Espacial. O capítulo organiza-se em três partes. A primeira traz o resumo histórico e os aspectos gerais sobre Realidade Virtual, a segunda trata a respeito da Realidade Virtual no contexto do ensino e aprendizagem e, finalmente, a terceira expõe a utilização da Realidade Virtual no contexto da Geometria Espacial.

5.1 Histórico e Aspectos Gerais sobre Realidade Virtual

Apesar de ser uma tecnologia emergente, a RV possui décadas de existência. Porém, por necessitar inicialmente de equipamentos especiais tais como óculos estereoscópicos, *mouses* 3D, capacetes, como também por causar um incômodo inicial em alguns usuários, o desenvolvimento da Realidade Virtual foi limitado. Porém, em 1990 a RV ganhou expansão, mediante os avanços tecnológicos que passaram a ganhar força e possibilitaram condições para que esta tecnologia pudesse ser utilizada e difundida (KIRNER; SISCOOTTO, 2007).

No final da década de 1930, a Realidade Virtual teve seu início, com a criação de simuladores de voo pela Força Aérea dos Estados Unidos, a partir da Segunda Guerra Mundial (JACOBSON, 1994). O Entretenimento e a Engenharia tiveram importante contribuição no desenvolvimento da RV. Em 1964, Morton Heilig criou o Sensorama, uma máquina que promovia uma viagem multisensorial, combinando visualizações 3D, sons, cheiros, ventilação e vibração mecânica (Figura 3).

Figura 3 - Sensorama



Fonte: Pimentel (1994).

Heilig destacou-se como o pioneiro da imersão do usuário em ambiente virtual (RODRIGUES; PORTO, 2013). Já Ivan Sutherland, em 1965, criador de uma caneta ótica, fazia projetos diretamente nas telas de computadores. Após alguns anos, Sutherland tornou-se o precursor do CAD, com a criação do primeiro capacete voltado para a computação gráfica (PIMENTEL, 1995).

A NASA (Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço), em 1986, já possuía um ambiente virtual com diversas possibilidades, entre elas, a manipulação de objetos virtuais com uma luva produzida com fibra ótica. A partir de então, percebeu-se que os objetos produzidos pela NASA poderiam ser comercializados, estimulando assim o início de diversos programas de pesquisa sobre Realidade Virtual em todo o mundo (RODRIGUES; PORTO, 2013).

Algumas definições fazem-se necessárias para a compreensão das características da Realidade Virtual. De acordo com Tori, Hounsell e Kirner (2018, p.18), a RV é uma “interface avançada do usuário” utilizada para “acessar aplicações executadas no computador, tendo como características a visualização de, e movimentação em ambientes tridimensionais em tempo real e a interação com elementos desse ambiente”. Rodrigues e Porto (2013), afirmam que a Realidade Virtual é “um “espelho” da realidade física, na qual o indivíduo existe em três dimensões, tem a sensação do tempo real e a capacidade de interagir com o mundo ao seu redor”.

Para este estudo, considera-se a definição de Jerald (2015, p.12), que discorre que a “Realidade Virtual é definida como um ambiente digital gerado computacionalmente que pode ser experienciado de forma interativa como se fosse real”.

Um sistema de RV dispõe de dois componentes básicos: *hardware* e *software*. O *hardware* contém os dispositivos de entrada, tais como rastreadores, luvas eletrônicas, mouses 3D, teclado, *joystick*, reconhecedores de voz, óculos 3D, assim como displays multisensoriais, processadores e redes. Já o *software* dispõe do banco de dados de objetos virtuais, funções de interação, controladores de simulação/animação e interface de entrada e saída.

De acordo com Espinheira Neto (2004), a Realidade Virtual se divide nas seguintes classificações:

- RV de Simulação - Originada pelos simuladores de voo desenvolvidos pelos militares da força aérea. Consiste em um sistema que assemelha-se ao interior de um carro, jato ou avião, dispondo o usuário em uma cabine com controles.
- RV de Projeção - Conhecida também como Realidade Artificial. Neste tipo de RV, o participante está fora do mundo virtual, mas realiza interações com objetos ou

personagens inseridos nele. Destaca-se na RV de Projeção a tela panorâmica e a mesa virtual, que promovem imersão total ou parcial dos usuários, permitindo o manuseio de cenas virtuais em tamanho real por vários participantes.

- Telepresença - Utiliza câmeras de vídeo e microfones para incluir e projetar o participante intensamente no mundo virtual. Este tipo de RV é utilizada em explorações planetárias, bem como na medicina, em intervenções cirúrgicas, onde se utilizam câmeras de vídeo e fibras ópticas para a visualização de determinadas áreas do paciente.

- Realidade Aumentada (RA) - Possui dois tipos: *see-through* (ver através) e *non see-through* (não ver através). Mistura entre RV de Projeção e Telepresença, é uma mescla entre o ambiente real e virtual. Utiliza displays transparentes que permitem que o usuário visualize animações, gráficos 3D e dados sem deixar de ver o mundo real, obtendo acréscimos de informações.

Embora a RA seja uma tecnologia emergente e com grandes funcionalidades, sua existência não desfez a gama de possibilidades que a RV proporciona, visto que as duas promovem experiências distintas. Enquanto a Realidade Aumentada promove a sensação de “expansão” da realidade. A interação com o mundo real continua, mas também há contato com objetos virtuais. Já a Realidade Virtual leva o usuário a um ambiente irreal, fabricado para que se tenha a sensação de estar em um mundo diferente da realidade. Fialho (2018) realiza uma analogia bastante significativa, onde compara a RA a um aquário e a RV a um mergulho.

5.2 A Realidade Virtual no contexto do ensino e aprendizagem

O que antes parecia apenas entretenimento, atualmente está presente em diversos ambientes de estudo. Segundo Miguel (2018, p.2), “através da realidade virtual podemos proporcionar aos alunos experiências de aprendizagem significativas e memoráveis”. No campo do ensino e aprendizagem, vários produtos educacionais têm sido desenvolvidos e utilizados. “Apesar de um dos entraves a uma utilização mais alargada da tecnologia de RV nas escolas ser o da falta de conteúdos adequados, já se encontram disponíveis inúmeras aplicações com potencial educativo” (MIGUEL, 2018, p. 44).

A aprendizagem tem se mostrado mais atraente aos estudantes, tendo em vista que as disciplinas ganham maior dinamismo quando aliadas à Realidade Virtual. De acordo com Monnerat (2008, *apud* HAGUENAUER; MUSSI; CORDEIRO FILHO, 2012, p. 17) “a utilização dos recursos da Realidade Virtual na criação de Ambientes de Aprendizagem na Internet tem se mostrado uma alternativa eficaz para aproximar crianças e jovens das ciências básicas, por seu aspecto lúdico e visualmente atraente”. Com a utilização da Realidade Virtual,

o professor de História pode, por exemplo, adentrar em prédios históricos e conhecer locais famosos. Já o professor de Arte poderia, juntamente com seus alunos, visitar grandes museus. O professor de Física poderia apresentar aos seus alunos, o sistema solar e como se dispõem os planetas. O que dizer então de aprender sobre o corpo humano e mesmo de outros animais entrando nele? Quão interessante pode ser a visualização de uma pirâmide sendo planificada em uma aula de Matemática e quem sabe até adentrar dentro de uma.

Ainda há muitos entraves na utilização de recursos tecnológicos para o ensino por parte dos professores, como também pelas instituições de ensino. Xavier e Jana (2020) afirmam que, na educação, de modo oposto ao mundo profissional, a Realidade Virtual ainda se apresenta de maneira acanhada. Trindade e Freire (2018, p. 365) corroboram que “apesar de não ser comum associar a investigação em Matemática à utilização de ambientes de RV, estes podem vir a propiciar uma nova ferramenta experimental que propiciem aos matemáticos novas descobertas”.

5.3 A utilização da Realidade Virtual no contexto da Geometria Espacial

A RV continua sendo uma tecnologia emergente, embora existente há décadas. No contexto da Geometria Espacial, ainda que em número reduzido, algumas pesquisas afloram, manifestando que a Realidade Virtual é uma tecnologia que apresenta resultados. Trindade e Freire (2018) discorrem que na década de 1980 o matemático Bill Thurston apresentou um estudo a respeito das Geometrias Tridimensionais e causou grande impacto entre os pesquisadores da época, de modo que após este marco, outros matemáticos passaram a criar animações 3D e simuladores de voo que adentravam a espaços tridimensionais.

Para esclarecer melhor a utilização da RV no contexto da Geometria Espacial foi realizada uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), com o objetivo de conhecer qual o cenário dos estudos existentes na literatura contemporânea, envolvendo a aplicação da Realidade Virtual na Geometria Espacial. Para isto, foi utilizado o modelo de protocolo proposto por Kitchenham *et al.* (2007).

A coleta dos trabalhos para a RSL foi feita a partir da elaboração de uma *string* de busca, por meio da junção de palavras-chave e de seus seus sinônimos, utilizando operadores lógicos “OR” e “OU” entre os sinônimos e os operadores “AND” e “E” entre as palavras-chave (Quadro 1).

Quadro 1 – *String*

ESCOPO	STRING
Tecnologia	("virtual reality")
Assunto	("spatial geometry" OR ("3D geometry") OR ("three-dimensional geometry") OR ("geometric solids"))

Fonte: Própria (2023).

Para atingir o objetivo proposto e nortear a análise dos trabalhos encontrados, foram elaboradas 4 (quatro) questões de pesquisa (QP). São elas: **QP1** - Quais os recursos / ferramentas de RV estão sendo utilizados por alunos e professores na aprendizagem de Geometria Espacial? **QP2** - Qual o tipo de RV utilizado e qual a motivação para tal escolha? **QP3** - Quais os métodos adotados para medir a eficácia da aprendizagem de Geometria Espacial através do uso da RV? **QP4** - Quais são as principais vantagens e desvantagens apontadas na literatura ao adotar a RV para o ensino de Geometria Espacial?

Foram utilizadas na RSL as seguintes bases bibliográficas: *Google Acadêmico*, *ScienceDirect*, Periódicos CAPES, *IEEE Xplore* e *Scopus*, filtrando na busca aqueles que foram publicados entre os anos 2015 e 2020.

Ao aplicar-se a string de busca foram encontrados 512 trabalhos, selecionando aqueles que pertenciam ao intervalo de publicação pré-estabelecido. No 1º filtro, os trabalhos foram elegidos por meio da leitura do título e do resumo, obtendo assim 31 trabalhos. Em sucessão, com a aplicação do 2º filtro, foram selecionados 20 trabalhos, mediante a leitura integral dos artigos e a exclusão daqueles que trabalhavam outras temáticas, que embora semelhantes, fugiam do objetivo deste estudo. Para o 3º e último filtro foram retirados da pesquisa, os trabalhos que consistiam em revisões bibliográficas sobre a temática, abordando a aplicação da Realidade Virtual na Educação de maneira geral. De tal forma, restaram para esta análise 12 trabalhos (Quadro 2).

Quadro 2 - Trabalhos selecionados

AUTOR	TÍTULO	ANO DA PUBLICAÇÃO
Bertolo <i>et al.</i>	Exploratory Experimentation of Three Techniques for Rotating a 3D Scene by Primary School Students	2015
Nunes <i>et al.</i>	An approach to assessment of knowledge acquisition	2015

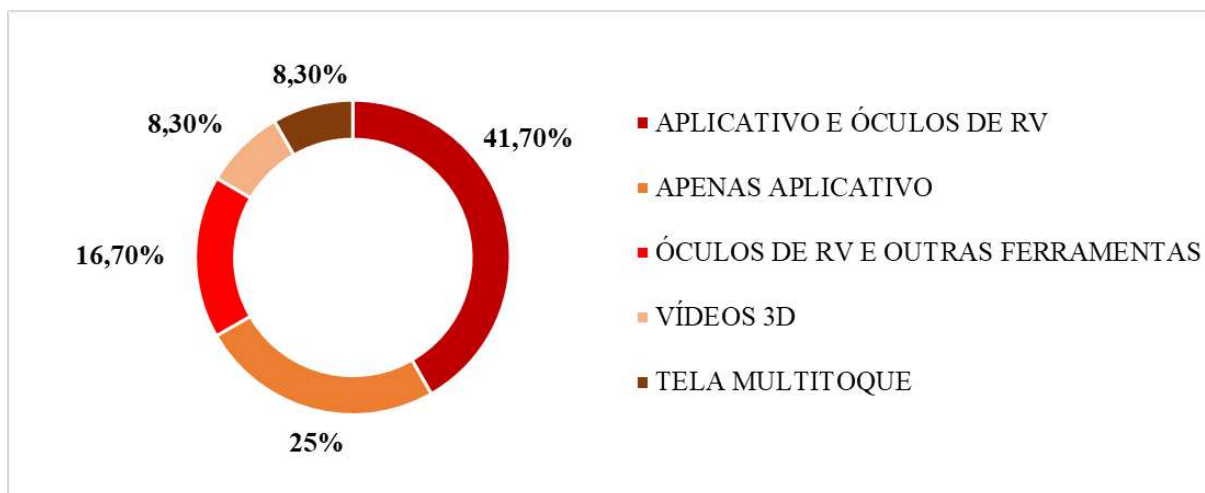
	by using three-dimensional virtual learning environment	
Sung <i>et al.</i>	The effects of 3D-representation instruction on composite-solid surface-area learning for elementary school students	2015
Lai <i>et al.</i>	Geometry Explorer: Facilitating Geometry Education	2016
Kuen <i>et al.</i>	Evaluating the Effect of Tangible Virtual Reality on Spatial Perspective Taking Ability	2017
Yeh	Mathematics, Virtual Reality, and Programming	2018
Molina-Carmona <i>et al.</i>	Virtual Reality Learning Activities for Multimedia Students to Enhance Spatial Ability	2018
Xavier & Jana	A virtual environment dedicated to spatial geometry to help students to see better in space	2020
Wu & Chang	Effect of embedding a cognitive diagnosis into the adaptive dynamic assessment of spatial geometry learning	2020
Dimmel <i>et al.</i>	The Geometry of Movement: Encounters with Spatial Inscriptions for Making and Exploring Mathematical Figures	2020
Li <i>et al.</i>	Virtual 3D environment for exploring the spatial	2020
Thibault <i>et al.</i>	When High Fidelity Matters: AR and VR Improve the Learning of a 3D Object	2020

Fonte: Própria (2023).

Após a seleção dos trabalhos, sucedem-se as investigações de dados que forneçam respostas às questões de pesquisa, por meio da leitura aprofundada dos artigos. Apresenta-se a seguir os *feedbacks* obtidos:

QP1: Quais os recursos / ferramentas de RV estão sendo utilizados por alunos e professores na aprendizagem de Geometria Espacial? A predominância está na utilização do Óculos de RV como ferramenta para a aprendizagem de Geometria Espacial, seja por meio do uso de aplicativos inseridos em dispositivos móveis (5 trabalhos) ou condicionado a outras ferramentas, como o controlador de mão e a esfera interativa. Nos trabalhos em que houve um comparativo de ferramentas (2 trabalhos), aquelas que mais se destacam são as que recorrem à utilização do Óculos de RV conectado a um aplicativo (Figura 4).

Figura 4 - Ferramentas utilizadas na aplicação de RV à Geometria Espacial



Fonte: Própria (2023).

QP2: Qual O Tipo De RV Utilizado E Qual A Motivação Para Tal Escolha? A opção mais empregada é a Realidade Virtual Imersiva (75%), seguida da Semi-imersiva (25%). Essa escolha pode ter sido motivada pelo fato de a RV Imersiva promover maior interação em comparação à Semi-imersiva, de modo a promover uma visualização eficiente (LU, 2018, p.1). Segundo Lai *et al.* (2016, p.704), a RV Imersiva tem o poder de elevar a aprendizagem de Geometria Espacial.

QP3: Quais os métodos adotados para medir a eficácia da aprendizagem de Geometria Espacial através do uso da RV?

- Pré-teste e pós-teste: é o principal método utilizado para aferir a eficácia da aprendizagem de Geometria Espacial através do uso de ferramentas de RV, sendo aplicados respectivamente antes e depois do uso das ferramentas;
- Testagem única: a ferramenta é utilizada e os participantes da pesquisa discorrem suas opiniões após o uso;
- Grupo de controle e grupo experimental: são realizadas duas abordagens de ensino, sendo que nos dois grupos são estudados os conteúdos de Geometria Espacial, porém para o grupo experimental, além das aulas, os estudantes também recebem aulas experimentais utilizando a ferramenta que está sendo testada. O pré e o pós-teste são aplicados tanto para o grupo de controle e grupo experimental;
- Questionário de engajamento: além do pré-teste e pós-teste, algumas pesquisas aplicaram um questionário de engajamento;

- Questionário durante o uso: são realizadas aplicações de questionários durante o uso da ferramenta, sucedido de um pós-teste;

- Sem método de testagem, apenas apresentou a ferramenta e os métodos de uso.

Dos 12 trabalhos, 11 selecionados apresentam métodos de testagem, o que é possível inferir que as ferramentas são aplicáveis e possuem resultados válidos.

QP4: Quais são as principais vantagens e desvantagens apontadas na literatura ao adotar a RV para o ensino de Geometria Espacial? Aprendizagem mais ampla e motivada são as vantagens que mais se destacam nos estudos selecionados para esta RSL. No Quadro 4, são retratadas as vantagens e desvantagens do uso da RV no ensino de Geometria Espacial. Percebe-se que 41,67% dos estudos não apontam nenhuma desvantagem quanto ao uso dessa metodologia para a aprendizagem, o que é considerado bastante positivo e sugere a continuidade dos estudos e de mais aplicações. As desvantagens apresentadas sugerem que adaptações devem ser feitas em novas ferramentas que venham a ser criadas.

Quadro 3 - Vantagens e desvantagens do uso de RV

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Compreensão total dos sólidos com perspectiva realista	Não apresentou desvantagens
Mais eficiência na aprendizagem	Não apresentou desvantagens
Aprendizagem em curto tempo de estudo	Cansaço
Facilita a aprendizagem	Desgaste após deixar de ser novidade
Aprendizagem mais efetiva	Não apresentou desvantagens
Estimula o interesse do aluno	Demora na adaptação
Melhores resultados ao comparar com alunos que não utilizaram	Não apresentou desvantagens
Aprendizagem de modo divertido	Alguns alunos sentiram náuseas
A pesquisa não apresenta resultados, ainda está em fase de testes	A pesquisa não apresenta resultados, ainda está em fase de testes
Estimula a compreensão	Necessidade de mais estudos
Motivação para a aprendizagem	Não apresentou desvantagens

Fonte: Própria (2023).

Em setores distintos, a Realidade Virtual tem emergido com aplicações promissoras. Na Educação este processo tem sido mais lento. Ainda assim, novos estudos têm sido realizados e com eles bons resultados têm sido observados após a aplicação da RV à Geometria Espacial. As desvantagens apontadas no quadro anterior passam a se tornar possibilidades de melhorias para as próximas ferramentas.

6 O CONSTRUCIONISMO COMO PROPOSTA METODOLÓGICA PARA A APRENDIZAGEM DE GEOMETRIA ESPACIAL NO CONTEXTO DA REALIDADE VIRTUAL

Este capítulo apresenta uma visão geral sobre a filosofia educacional proposta pelo Construcionismo. Serão tratados os conceitos que fundamentam esse assunto e como é explorado no contexto educacional, bem como suas aplicações na aprendizagem. O capítulo organiza-se em três partes. A primeira traz os aspectos gerais sobre o Construcionismo, a segunda trata a respeito da aplicação do Construcionismo no contexto da Realidade Virtual e, finalmente, a terceira expõe a eficiência do Construcionismo quando aplicado ao cenário da Geometria Espacial.

6.1 Aspectos Gerais sobre o Construcionismo

Na década de 1960, o matemático Seymour Papert desenvolveu uma linguagem de programação denominada “Logo” e embasada no Construtivismo, de Jean Piaget, porém, sem dar destaque à Psicologia do Desenvolvimento, mas com ênfase na intervenção pedagógica. Tal feito foi cunhado por Papert como Construcionismo.

Antes que seja tratado sobre a abordagem construcionista, é importante que seja destacada a concepção de outro termo, também com o cunho de Papert: o Instrucionismo. Tal modelo de aprendizagem, fundamentado em ideias behavioristas, busca o aperfeiçoamento da instrução, de maneira que o professor ou o computador transmitam o conhecimento ao aluno. Em linhas gerais, compreende-se que há alguém que ensina e há alguém que aprende. O Construcionismo nega o Instrucionismo, mas não coloca em dúvida o seu valor. O objetivo da aprendizagem construcionista é ensinar de forma a produzir a maior aprendizagem possível, a partir do mínimo de ensino. A ideia não é reduzir a quantidade de ensino, mas de produzir desafios e instigar novas descobertas dos alunos como seres protagonistas de seus processos de aprendizagem (PAPERT, 2008).

Ao realizar uma comparação entre Construcionismo e Instrucionismo, percebe-se que há abordagens bastante distintas entre as duas teorias de aprendizagem. O Construcionismo propõe que o aluno ensine o computador, de maneira que o estudante determine como irá desenvolver as atividades; já o Instrucionismo intenciona o inverso, colocando o computador como repassador de informações. Nas metodologias de ensino construcionista, o professor prepara atividades e questionamentos, fazendo previamente uma análise de todas as possíveis

respostas. Estas questões deverão instigar o estudante a desenvolver o conhecimento, de modo que o professor passa a realizar um papel de mediador da aprendizagem, por meio das indagações que serão realizadas.

Na abordagem instrucionista, o professor pré estabelece instruções e questionamentos que serão lançados aos estudantes, esperando respostas prontas que pode ou não conhecer, avaliando a devolutiva dos estudantes. Em suma, a aprendizagem construcionista ocorre por meio da reflexão e a instrucionista pela repetição. Esta última pode levar à aprendizagem, à abstração. O aluno pode, ao invés de refletir, ser levado a um sistema automático, onde não há uma contextualização do que se aprende.

O ensino abstrato mantém-se ainda como uma forte influência em todos os segmentos da educação, sendo o professor a base para a sustentação desta forma de ensino, atrelado à necessidade de atender a currículos de ensino voltados basicamente para o “treinamento” dos estudantes que pretendem adentrar nas universidades, o que significa dizer que tampouco importa se essa aprendizagem possui aplicabilidade ou se faz sentido para o aluno. De acordo com Papert (2008, p. 142) “a supervalorização do abstrato bloqueia o progresso na educação, sob formas que se reforçam mutuamente na prática e na teoria”. Esse modelo de ensino ainda é muito apreciado, o que impede por vezes o crescimento intelectual do aluno, que foi acostumado a receber o conhecimento selecionado pelo (a) professor/instituição. Esse modo de aprender possui raízes profundas, e nele, mesmo quando se pensa em aulas práticas, a abstração é conservada.

O modelo tradicional de ensino propõe entregar ao aluno um conhecimento pronto e acabado, o que culmina em uma forma de aprendizagem restrita e que não estimula o estudante a fazer descobertas. Já a aprendizagem construcionista propõe que o professor direcione o estudante a refletir, para que conseqüentemente, consiga aprender a partir de suas próprias vivências e descobertas. O Construcionismo conduz o estudante a produzir sua própria aprendizagem, por meio de “ferramentas previamente escolhidas” e que ofereçam capacidade de o aluno resolver problemas e encontrar soluções para as atividades propostas. De acordo com Papert (2008), o objetivo da aprendizagem construcionista é promover a aprendizagem por meio de um mínimo de ensino, onde o estudante dispõe de um “conjunto de peças para construção” do conhecimento (PAPERT, 2008). Esse conjunto é composto pelos conhecimentos básicos trazidos pelo aluno, de modo que o professor não realizará a construção do conhecimento, mas ensinará ao estudante como fazê-lo.

A grande proposta do Construcionismo gira em torno do estudante ensinar o computador a aprender, e não o inverso, conforme prega o Instrucionismo. Valente (1993)

discorre que a utilização do computador solicita do aprendiz determinadas ações mais eficazes para o desenvolvimento do conhecimento. Sendo assim, colocar o aluno como instrutor daquilo que será realizado pelo computador, promove um ambiente propício para a aprendizagem.

Uma analogia realizada por Papert (2008) torna o conceito de Construcionismo ainda mais compreensível. O ensino é comparado a alguém faminto, e ao invés de dar-lhe o alimento em mãos, no caso, um peixe, é mais vantajoso ensinar-lhe a pescar. Diferentemente do ensino tradicional que seleciona aquilo que o indivíduo deve aprender, a aprendizagem pautada na proposta construcionista propõe que o estudante encontre os meios necessários para obter o conhecimento desejado.

Por meio dos estudos realizados com o ambiente virtual Logo, Papert elaborou as cinco dimensões que formam a base do Construcionismo. A criação de ambientes de aprendizagem a partir de então, passaram a ter o suporte dessas dimensões (NUNES, 2016; SANTOS; LIMA, 2018). São elas:

- Pragmática: propõe que aquilo que será criado, será para o estudante algo útil e de uso imediato; novos conceitos deverão ser aprendidos para a construção do artefato, provocando assim, incentivos para a investigação de novos conhecimentos;
- Sintônica: denota uma sintonia entre o aluno e o que está sendo aprendido; nesta dimensão, o estudante participa ativamente das escolhas inerentes ao que será desenvolvido, de modo a facilitar a compreensão do conteúdo abordado;
- Sintática: associa a facilidade que os estudantes possuem em interagir com os ambientes de aprendizagem e os elementos que os constituem, de modo a seguir na construção de conhecimentos, sem a necessidade de recorrer a pré-requisitos;
- Semântica: permite a descoberta de novos significados, de acordo com a interação com os ambientes de aprendizagem. Estes novos conceitos aprendidos farão sentido para o estudante, sem que ocorra um ensino formal;
- Social: relaciona os significados presentes nos ambientes de aprendizagem que foram manipulados pelo estudante, com o meio social e o cotidiano em que está inserido.

O processo de aprendizagem construcionista necessita da participação fundamental do professor por meio da estruturação de debates, instigando desafios, reflexões e trocas de ideias (MALTEMPI, 2000). Destaca-se, que em todo esse procedimento a existência de erros deverá ser normalizada, compreendendo que os erros trazem benefícios e promovem o estímulo ao estudo sobre suas possíveis causas, levando o aluno ao entendimento e posteriormente à correção (PAPERT, 1985).

6. 2 O Construcionismo no Contexto da Realidade Virtual

A aprendizagem construcionista propõe que o estudante ensine o computador e que dessa forma também aprenda. De acordo com Almeida (2000), esta abordagem ocorre através de um *software* que deverá ser utilizado para a resolução de situações-problema ou para a aplicação de um projeto. Nesse sentido, a utilização de programas/aplicativos que utilizam Realidade Virtual podem contribuir para uma boa aplicação do Construcionismo como metodologia de ensino.

Um estudo realizado por Gonçalves e descrito por Silveira (2012) intitulado “Brinquedoteca virtual escolar: possível aproximação da criança ao brincar e à aprendizagem” relata a experiência da professora na inserção de uma brinquedoteca virtual como apoio ao desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes. Tal ferramenta oferece, entre seus recursos, a oportunidade de adentrar em um momento totalmente virtual, utilizando a RV em uma abordagem construcionista. Marise concluiu que o estudante ao imergir em um ambiente virtual, perde a motivação para aprender com aulas expositivas. Discorre ainda que a RV proporciona “um novo encantamento pelo aprender” (SILVEIRA, 2012).

O trabalho de Dede, Jacobson e Richards (2017) retrata a ilustração de Schneider ao propor uma atividade onde cada estudante deverá projetar um “caminhão monstro” de maneira que cada um desses artefatos deverá realizar um percurso em um planeta do Sistema Solar. Para alcançar os seus objetivos, os alunos deverão conhecer aspectos importantes de cada planeta, tais como: gravidade e temperatura. De acordo com Dede, Jacobson e Richards (2017), esta experiência é bastante significativa para os estudantes, pois além de ensinar a operacionalizar um ambiente imersivo, propõe vínculos emocionais ao propor que ele mesmo crie seus artefatos. Destaca-se que o professor permanece, nesse contexto, como gerenciador de todo o processo de ensino e aprendizagem (DEDE; JACOBSON; RICHARDS, 2017), buscando inteirar-se da tecnologia inserida e criar novas estratégias.

O Construcionismo infere que o estudante não deve reprimir-se pelo erro. Na Realidade Virtual, o erro também não deve ser censurado e sim oportunizado, de modo a promover a experimentação de possibilidades. De acordo com De Souza e Moura (2018), os Ambientes Virtuais de Aprendizagem permitem que os alunos testem ideias, visando implementá-las em possíveis projetos.

6. 3 O Construcionismo no Contexto da Geometria Espacial

A Geometria Espacial constitui-se como um dos assuntos menos compreendidos pelos estudantes do Ensino Médio, de acordo com o que foi exposto anteriormente nesta

pesquisa. Nesse sentido, entende-se que a abstração e a falta de profundidade no ensino deste assunto são possíveis causadores da falta de aprendizagem dos estudantes, conforme também já foi abordado neste estudo. Essa realidade provoca a necessidade de mudança na forma de abordar a Geometria Espacial junto aos estudantes, de modo que a postura do professor e o modo como é realizado o processo de ensino precisam ser repensadas. O estudante precisa participar do processo de construção do conhecimento, e não apenas como um mero ouvinte e receptor do que se ensina, de maneira que o aluno possa desenvolver a capacidade de buscar as informações, assimilá-las e torná-las útil para a solução de problemas (VALENTE, 1995).

Um estudo realizado por Nunes (2016) investigou se a aplicação de Recursos Educacionais Digitais (REDs), criados em Realidade Aumentada (RA) na construção de sólidos geométricos, poderia ser utilizada como metodologia de aprendizagem no conteúdo de Geometria Espacial, através de uma abordagem construcionista. Tal pesquisa foi realizada com 11 estudantes do 7º semestre do curso de Licenciatura em Matemática do Instituto Federal Farroupilha, Campus Júlio de Castilho.

Esta pesquisa foi desenvolvida utilizando os aplicativos *Autodesk 3ds Max* para a criação dos REDs e *Aumentaty* para a visualização em RA, onde previamente os alunos receberam instruções para a utilização desses *softwares*. Os estudantes possuíam o desafio de construir individualmente sólidos geométricos tais como pirâmide, esfera, cone, cilindro e cubo, ao passo que se familiarizavam com o aplicativo *Autodesk 3ds Max*. Em seguida, precisavam desenvolver os REDs em 3D, no aplicativo *Aumentaty*.

Para a análise dos dados, utilizou-se a técnica de análise de conteúdo de Bardin (2011), fazendo uso de questionários. Por meio das respostas dos participantes, percebeu-se a utilização de “palavras-chave” (NUNES, 2016) que identificavam a abordagem construcionista na aprendizagem, considerando as dimensões criadas por Papert (Pragmática, Sintática, Sintônica, Semântica e Social). Foi concluído pelo autor que o Construcionismo de Papert pode contribuir para a aprendizagem de Geometria Espacial por meio do desenvolvimento de REDs feitos em RA.

Outro estudo realizado por Barros (2013) consiste em analisar o processo de aprendizagem dos estudantes por meio de micromundos, de modo a promover o estudo de volume de pirâmides em uma abordagem construcionista. Em um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) foram hospedados o *software* GeoGebra e a coleção de vídeos M³. Foram escolhidos alunos do 2º ano do Ensino Médio da Rede Estadual da cidade de São Paulo.

O estudo foi realizado em duplas e cada uma delas participou de três encontros. Os dois primeiros funcionaram como uma preparação para o terceiro encontro, de modo que os

estudantes interagiram com os programas, revisaram conceitos fundamentais da Geometria Espacial e se familiarizaram com os micromundos. No terceiro encontro foi explorado o conceito de volume de pirâmides.

Algumas conclusões foram obtidas com esta pesquisa, entre as quais destacam-se: as dimensões construcionistas presentes no micromundo instigaram o engajamento, a dedicação e a participação dos estudantes; a criação dos micromundos como facilitadores da aprendizagem em pares e a integração de todos os recursos em um AVA, facilitando a organização do professor e a dinamização de conteúdos mais complexos. Barros (2013) relata ainda uma visão geral sobre os micromundos:

Diante dos resultados desta pesquisa, na qual atuei como professora e pesquisadora, considero como promissora a utilização de ambientes de aprendizagem como o micromundo, uma vez que estes criaram condições para que os alunos buscassem construir o seu próprio conhecimento. Os resultados mostram que cada dupla seguiu um caminho nesse processo de aprendizagem, o que foi facilitado pelas características do micromundo. (BARROS, 2013, p. 136).

A abordagem construcionista, mediante os estudos acima tratados, mostra-se como uma alternativa para a aprendizagem de Geometria Espacial. As principais dificuldades dos estudantes estão aliadas ao ato de construção (BARBOSA, 2003) e o Construcionismo possui uma proposta metodológica que valoriza esse processo de ensino.

7 METODOLOGIA

São apresentadas neste capítulo as etapas de desenvolvimento da pesquisa e sua organização. Ademais, são explanadas as informações e os recursos utilizados para a otimização da pesquisa, demonstrando o tipo utilizado, a abordagem, os sujeitos e o lócus, além de expor os procedimentos adotados na coleta e na análise dos dados. Destaca-se a exposição de considerações significativas que foram constatadas ao longo da pesquisa.

7.1 Delineamento e Tipo de Pesquisa

A pesquisa utiliza como metodologia o Estudo de Caso e apresenta caráter qualitativo. Tal escolha justifica-se pela necessidade da investigação empírica de uma estratégia de aprendizagem contemporânea, considerando o contexto real e atual dos estudantes do Ensino Médio. Destaca-se a motivação para a escolha deste método mediante as ponderações de Yin (2003), que enfatiza a importância da investigação por meio Estudo de Caso, pois:

- a) encara-se uma condição praticamente singular em que são percebidas bem mais variáveis de interesse do que pontos de dados;
- b) fundamenta-se em diversas fontes de evidências, pelo menos três;
- c) favorece-se da precedente especificação de afirmações teóricas que direcionam a coleta e a análise dos dados.

Leva-se em consideração ainda as considerações de Cozby (2003), caracterizando a necessidade de o Estudo de Caso ao se tratar de situações insólitas, que, de outro modo, não poderiam ser estudadas com facilidade. Desta forma, considera-se que o Estudo de Caso é a estratégia de pesquisa que mais se adequa aos objetivos da pesquisa, tendo em vista que este método é bastante abrangente, permitindo assim uma abordagem profunda da coleta e análise dos dados.

7.2 Caracterização dos sujeitos da pesquisa

Os sujeitos da pesquisa são caracterizados por quatro estudantes de diferentes turmas do 1º ano da E.E.E.P. Guiomar Belchior Aguiar, sendo um do sexo feminino e três do sexo masculino, todos com a faixa etária de 15 a 16 anos. Um dos estudantes faz parte da turma do Curso Técnico em Administração, outro do Curso Técnico em Agroindústria e dois do Curso Técnico em Redes de Computadores.

7.3 Caracterização do *locus* da pesquisa

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Informática da própria escola. Esta instituição localiza-se na cidade de Cariré, porém recebe alunos de cinco municípios: Cariré, Groáiras, Varjota, Sobral (Distrito de Jaibaras) e Reriutaba. A escola foi inaugurada em 2013 e desde então está em funcionamento. Por questão de facilidade no acesso à escola, todos os estudantes escolhidos são da cidade de Cariré.

A escola escolhida possui Ensino Médio integrado ao Ensino Técnico, dispondo dos Cursos Técnicos em Administração, Agroindústria, Finanças e Redes de Computadores. Em virtude disso, os estudantes ficam na escola em regime de tempo integral no horário de 7h às 16h40min, realizando nesse ínterim três refeições por dia.

7.4 Coleta de Dados

A coleta de dados está organizada em três (3) fases: coleta dos conhecimentos prévios que os alunos apresentam sobre Prismas; observação do processo de aprendizagem em relação à compreensão sobre Prismas, por meio do uso da tecnologia de Realidade Virtual aplicada em contexto construcionista; e, coleta dos conhecimentos *a posteriori* que os estudantes apresentam sobre Prismas.

Na primeira fase, aplica-se o questionário inicial elaborado no *Google Forms*, composto por 25 questões, com 14 questões subjetivas e 11 objetivas, subdivididas da seguinte maneira: 10 personográficos, 12 perguntas conceituais e 3 perguntas procedimentais (Apêndice A).

Na segunda fase é aplicada uma Sequência Didática e os dados da pesquisa são coletados em um Relatório de Observação (Apêndice M). Esta fase está subdividida em três (3) subfases, apresentadas a seguir:

a) Fase Conceitual: trata-se do impacto que a construção dos conceitos trouxe para a aprendizagem dos estudantes;

b) Fase de Estudo sobre o *Blender*: trata-se sobre a influência que o *software Blender* trouxe na aprendizagem dos estudantes;

c) Fase do Uso da Realidade Virtual: trata-se sobre a intervenção que a implementação da metodologia de ensino que utiliza a Realidade Virtual trouxe para os estudantes;

A terceira fase ocorreu no último dia da coleta de dados, com a captação dos conhecimentos dos sujeitos participantes da pesquisa após a Observação. Aplicou-se o questionário final, também elaborado no *Google Forms*, composto por 15 questões,

semelhantes às aquelas apresentadas no Questionário de Sondagem, subdivididas em: 12 perguntas conceituais e 3 perguntas procedimentais (Apêndice C).

Durante a coleta foram utilizados a partir de um modelo (Apêndice C) protocolos de coleta de dados (Apêndices D a L), contendo os seguintes elementos: objetivo geral do projeto, objetivo da coleta de dados vigente, descrição das atividades da coleta de dados, questões que o pesquisador deve manter em mente, guia para o desenvolvimento do relatório final (Apêndices D, E e F).

Portanto, para atender ao objetivo geral da pesquisa que se trata de “Analisar como ocorre a aprendizagem em Geometria Espacial dos alunos de Ensino Médio mediante a aplicação de uma proposta metodológica pautada na construção de vídeos 3D voltada para o uso da Realidade Virtual”, é traçado o seguinte desenho (Quadro 4).

Quadro 4 – Desenho da Coleta de Dados

OBJETIVO ESPECÍFICO	COLETA DE DADOS E INSTRUMENTO
Identificar as principais dificuldades dos estudantes de Ensino Médio na compreensão dos conceitos e procedimentos vinculados aos Prismas na Geometria Espacial.	Aplicação de Questionário de Sondagem, composto por 15 questões (12 questões subjetivas e 3 objetivas) com alunos de Ensino Médio sobre os conceitos de Geometria Espacial, Prismas e Realidade Virtual.
Desenvolver uma proposta metodológica para o ensino de Geometria Espacial pautada na construção de vídeos 3D voltada para o uso da Realidade Virtual.	Aplicação de sequência didática com nove (9) intervenções com alunos do Ensino Médio sobre os conceitos de Geometria Espacial, especificamente sobre Prismas fazendo uso de Realidade Virtual, com coleta de dados realizada por meio de relatórios de observação.
Comparar os resultados obtidos sobre a compreensão de conceitos e procedimentos vinculados aos Prismas na Geometria Espacial por estudantes do 1º Ano do Ensino Médio, antes da aplicação metodológica proposta e após	Aplicação de Questionário de Avaliação, composto por 15 questões (12 questões subjetivas e 3 objetivas) com estudantes de Ensino Médio sobre os conceitos de Geometria Espacial, Prismas e Realidade Virtual.

essa aplicação.	
-----------------	--

Fonte: Própria (2022).

Dessa forma, todos os objetivos da pesquisa são atendidos, mediante a utilização de instrumentos de coleta de dados específicos. Os dados coletados são armazenados em pastas determinadas, separadas por instrumentos e data de coleta, facilitando o acesso para posterior organização da análise de dados.

7.5 Análise de Dados

A análise de dados ocorreu pela interpretação direta dos textos escritos coletados por meio de uma triangulação metodológica de dados, possibilitando a utilização de três fontes para a aquisição de evidências: Questionário de Sondagem, Relatórios de Observação e Questionário a *Posteriori* (YIN, 2014).

A análise de dados estava subdividida *a priori* em duas (2) categorias, considerando-se a transformação da compreensão sobre Prismas como base fundamental: influência da Realidade Virtual; e, influência do Construcionismo. Posteriormente, outras categorias emergiram durante o processo de análise, sendo assim, passou-se a ter um total seis (5) categorias analisadas. sendo elas: a influência da Geometria Espacial, a influência dos Elementos da Geometria Espacial; a influência do Prisma; a influência dos Cálculos de Geometria Espacial e a influência da Realidade Virtual.

Com o intuito de auxiliar o processo de análise de dados, foram utilizados os procedimentos propostos pela Análise Textual Discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2006). Por efeito de um processo organizado para a compreensão do fenômeno estudado e a busca dos elementos provenientes da pesquisa, foi utilizada uma sequência recursiva concebida em cinco (5) etapas: unitarização, categorização, descrição, interpretação e argumentação.

Na etapa da unitarização ocorreu a separação dos textos em unidades de significado, onde primeiramente é selecionado o *corpus* utilizado, para que de tal modo, seja possível a desmontagem dos textos e sua partição. Em seguida, as unidades de significado são codificadas por meio de leituras e releituras, realizadas com profundidade. Por fim, as unidades foram reescritas, tendo como objetivo a clareza dos dados e receberam um título que represente a sua ideia principal.

Na etapa da categorização foram reunidas as unidades de significado, por meio de semelhanças. Utilizou-se um método indutivo para a criação das categorias, de acordo com os

aspectos observados no *corpus* que mais se destacaram. Posteriormente, as categorias foram criadas, definidas e nomeadas. Em seguida, foram produzidos argumentos aglutinadores para cada categoria, por intermédio das relações e hierarquizações das categorias.

Ainda na etapa de categorização foi realizada a avaliação das categorias, verificadas por: validação, onde são avaliadas se as informações categorizadas atendem aos objetivos e ao objeto da análise; homogeneidade, onde foram constatadas que as categorias estão vinculadas ao corpo teórico e que são independentes; e foco, onde são averiguadas se houve foco na pesquisa como um todo, por meio das partes selecionadas. Todo o processo de categorização foi submetido a outro pesquisador, que estava alheio à pesquisa para propor ajustes às possíveis inconsistências inerentes ao processo.

Na etapa da descrição foram apresentados elementos importantes dos textos, caracterizados pelas categorias criadas. Recortes dos textos originais produzidos pelos sujeitos da pesquisa foram utilizados, a fim de dar maior credibilidade à pesquisa.

Na etapa da interpretação foi realizada uma leitura teórica dos fatos empíricos com maior profundidade. O referencial teórico foi utilizado para embasar os dados coletados. Por último foi realizada uma relação entre as descrições empíricas e o referencial teórico, por meio da escrita do texto.

Na etapa da argumentação foram apresentadas informações teóricas emergentes da análise. Foi realizada a comparação dos resultados obtidos nas três fases de cada coleta de dados (conhecimentos prévios, desenvolvimento dos vídeos 3D e conhecimentos *a posteriori*) tendo como objetivo o desenvolvimento dos argumentos básicos. Argumentos e compreensões súbitas despontaram durante o processo de escrita e são descritos nos resultados. Ademais, foi construído um metatexto descritivo trazendo uma argumentação centralizadora. Foi realizado um fechamento de ideias para que o texto fique claro e preciso.

Destarte, o nível de generalização foi atingido pelo próprio leitor ao se colocar no processo de imersão no contexto e no processo metodológico e analítico dos dados (STAKE, 2010).

7.6 Aspectos Éticos e Legais da Pesquisa

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFC com o código CAAE 61249122.0.0000.5054, na data de 18 de agosto de 2022 (Anexo A). A submissão teve como proposta os requisitos primordiais para a realização da pesquisa, análise de dados e divulgação dos resultados, obedecendo aos aspectos éticos e legais em concordância com a

Resolução nº 510, de 07 de abril de 2016 do Conselho Nacional de Saúde (CNS) do Ministério da Saúde (MS), que apresenta como objetivo a proteção e o respeito pelos participantes da pesquisa.

Foram apresentados e assinados, junto aos sujeitos da pesquisa e de seus responsáveis o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) (Apêndice O) e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice P), de tal modo que os dados coletados dizem respeito apenas àqueles que consentiram participação na pesquisa. O TALE e o TCLE evidenciaram a justificativa, a finalidade e as etapas da pesquisa considerando os resultados dos estudantes no decorrer do processo.

Para a análise de dados são utilizados codinomes garantindo, dessa forma, o anonimato dos participantes. Aos sujeitos, atribuem-se os códigos formados por uma letra e um número: A1, A2, A3 e A4, conforme a ordem de respostas do questionário inicial, seguindo as ordens em todas as etapas, estruturando os resultados.

8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

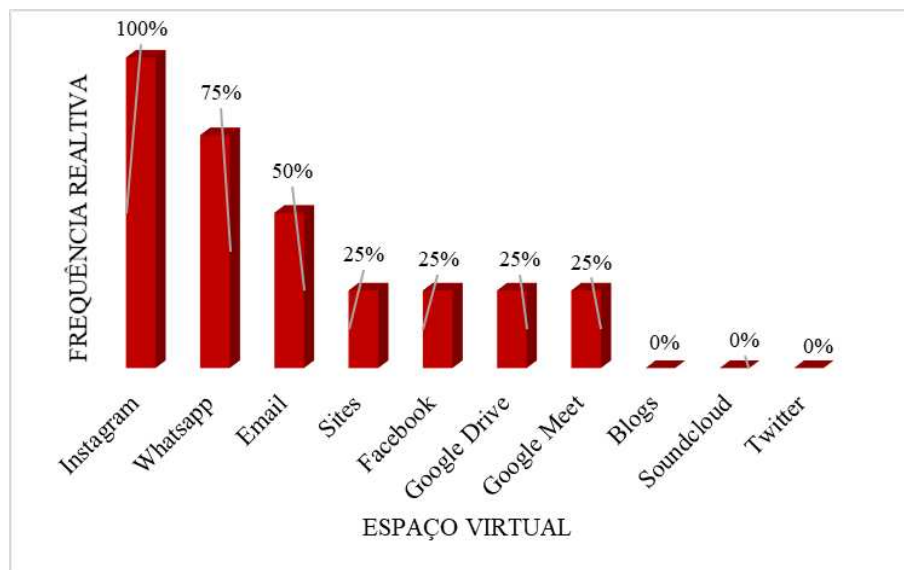
Levando-se em consideração os dados coletados ao longo da pesquisa, pode-se obter as informações que são tratadas nas discussões a seguir. Cada participante da pesquisa estudou e desenvolveu vídeos 3D sobre Prismas que foram hospedados em uma página do *Google Sites*. Os Prismas foram estudados pelos quatro indivíduos (A1, A2, A3 e A4), concomitantemente, com criação de vídeos realizada em duplas e posteriormente hospedados na página supracitada.

8.1 Perfil dos sujeitos

A pesquisa foi iniciada com 5 estudantes, porém nos primeiros encontros, um dos indivíduos desistiu de participar, totalizando, portanto, 4 sujeitos. Os sujeitos da pesquisa apresentam-se em sua maioria (75%) com 17 anos, os demais possuem 16 anos (25%). O gênero masculino é predominante (75%). Nenhum indivíduo está desprovido de acesso à internet, sendo que 75% possuem celular e 25% possuem tablet.

Constatou-se que 75% dos indivíduos utilizam a internet 4 vezes ao dia ou mais e 25% acessam 2 vezes ao dia, sendo que o Instagram é o espaço virtual que todos indivíduos utilizam (Gráfico 1).

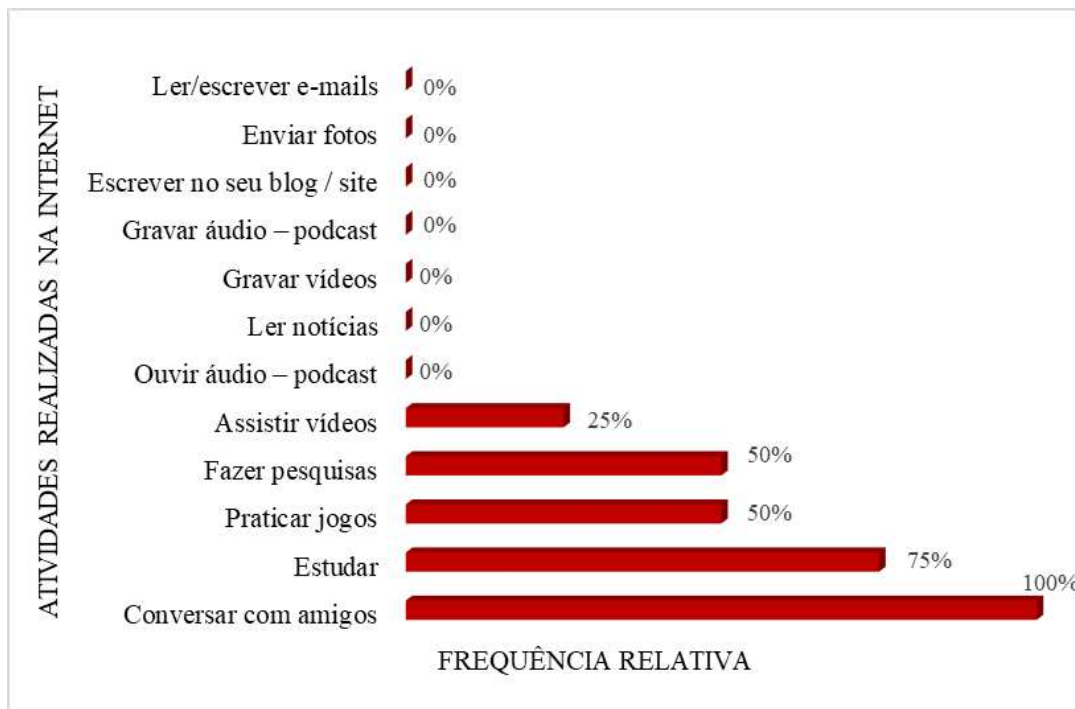
Gráfico 1 - Espaços Virtuais utilizados pelos estudantes.



Fonte: Própria (2022).

Verificou-se que a atividade mais realizada pelos estudantes ao utilizar a internet é “conversar com os amigos” (100%), de modo que o ato de “estudar” ficou na segunda posição (75%), seguido de “praticar jogos” (50%), “fazer pesquisas” (50%) e “assistir vídeos” (25%) (Gráfico 2).

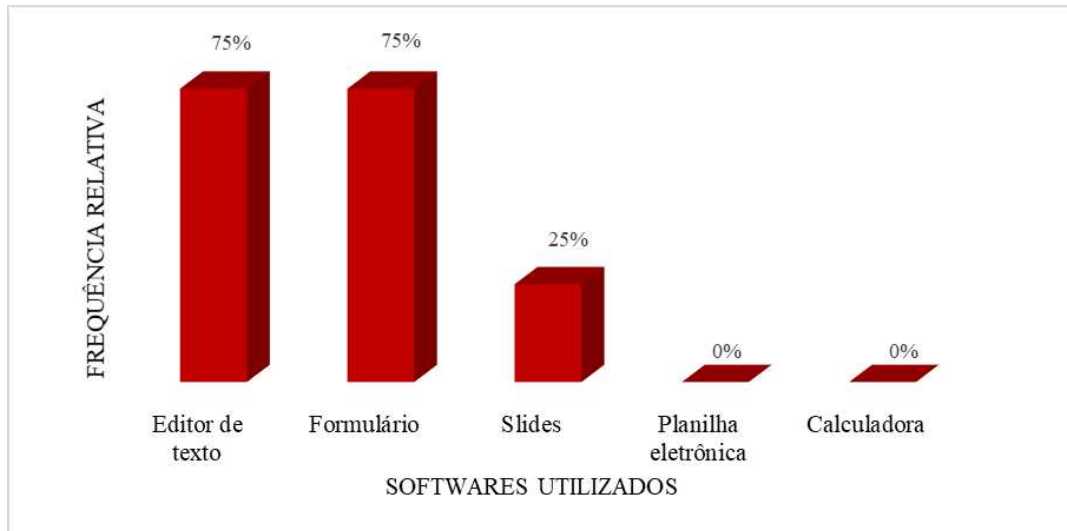
Gráfico 2 - Atividades realizadas pelos estudantes ao acessar a internet.



Fonte: Própria (2022).

Nota-se ainda que a maior parte dos estudantes realiza suas atividades escolares em softwares de editores de texto (75%) e em formulários (75%), sendo que o último tornou-se uma ferramenta utilizada com frequência para a realização de tarefas e avaliações escolares. Tal fato ocorreu por conta do isolamento social ocasionado pelo vírus causador da doença COVID-19. Desse modo, aderiu-se ao ensino remoto que propunha o uso de ferramentas computacionais de aprendizagem a distância, tais como os formulários (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Softwares utilizados para o desenvolvimento de atividades escolares.



Fonte: Própria (2022).

Depreende-se, desse modo, que os indivíduos da pesquisa são adolescentes, em composição em relação ao gênero. Utilizam equipamentos digitais, softwares e internet, diariamente, sendo que, em maior parte do tempo para entretenimento, seguida da utilização para fins de estudo.

8.2 Apresentação dos Resultados a partir das Categorias

Os resultados são apresentados por meio de categorias criadas após a coleta de dados de acordo com os aspectos observados no *corpus* da pesquisa que mais se destacaram. Faz-se uso dos Relatórios de Observação (Apêndice N) e dos Protocolos de coleta de dados (Apêndices D a L). É realizada a comparação dos resultados obtidos nas seguintes etapas:

- a) Fase de Aplicação do Questionário de Sondagem;
- b) Fase Conceitual;
- c) Fase de Estudo sobre o *Blender*;
- d) Fase do Uso da Realidade Virtual;
- e) Fase do Questionário de Avaliação.

8.2.1 Categoria Geometria Espacial

A categoria *Geometria Espacial* define-se como a forma como os estudantes caracterizam Geometria Espacial do ponto de vista conceitual e dos recursos didáticos utilizados nas aulas que contemplam esse conceito.

Ao serem questionados sobre o conceito de Geometria Espacial, *Fase de Aplicação do Questionário de Sondagem*, três, dos quatro estudantes envolvidos, não conseguiram formalizar uma resposta (Quadro 5).

Quadro 5 - Conceito sobre Geometria Espacial

CÓDIGO DO ESTUDANTE	CONCEITO SOBRE GEOMETRIA ESPACIAL
A1	“Não sei...”
A2	“Análise de objetos em uma visão mais dinâmica”
A3	“Não sei”
A4	“Não sei”

Fonte: Própria (2022).

De acordo com Xavier (2016, p.2), “a Geometria Espacial é composta por três dimensões” e que “quando trabalhamos com Geometria Espacial nos preocupamos em calcular as áreas e volumes dos sólidos”. Silva (2019) afirma que a Geometria Espacial é o campo da matemática que estuda os objetos que possuem três dimensões: altura, largura e profundidade. Dziadzio e Van Kan (2016, p.7) discorrem que a Geometria Espacial estuda a “nomenclatura, estrutura e dimensão dos sólidos geométricos e cálculos de medidas de arestas, área das faces, área total e volume de prismas retangulares (paralelepípedo e cubo) e prismas triangulares (base triângulo retângulo), incluindo conversões”. Fetissov (1994) afirma que a Geometria Espacial instrui a respeito das propriedades espaciais presentes no mundo real.

Supõe-se que A2 ao utilizar a palavra “dinâmica” quis referir-se ao termo “total”, expressando assim que a Geometria Espacial contempla a percepção dos objetos em sua totalidade. Apesar de fazer sentido, a definição apresentada pelo aluno não vai ao encontro dos conceitos a respeito de Geometria Espacial apresentados.

Na *Fase de Aplicação do Questionário de Sondagem* notou-se que os estudantes não conhecem e/ou não conseguem formalizar uma definição sobre Geometria Espacial.

Na *Fase Conceitual* foi realizada a demonstração de imagens de alguns sólidos, a fim de que os conceitos fossem construídos através de perguntas norteadoras a respeito desses sólidos. As situações-problemas contidas no Questionário de Sondagem também foram exploradas para estimular a construção dessas compreensões. Após esse momento de estruturação de definições, percebeu-se que algumas ideias que não foram trazidas no

Questionário de Sondagem, passaram a ser utilizados por alguns estudantes, como no caso do aluno A1 que no questionário respondeu que não sabia a definição de Geometria Espacial e ao final da Fase Conceitual trouxe afirmações como “Geometria Espacial calcula três dimensões” (A1).

Notou-se que os estudantes ainda possuem dificuldade em formalizar conceitos, esperando sempre que a pesquisadora assim o fizesse, porém essa não é a intenção da pesquisa e sim de promover ao estudante a oportunidade de construir seu conhecimento, conforme corrobora Renóbio (2020) ao afirmar que a Geometria Espacial possibilita aos estudantes a oportunidade de questionar e de buscar pensamentos lógicos e espaciais, fazendo com que o aluno não se limite ao uso de fórmulas.

Na *Fase de Estudo sobre o Blender* os estudantes passaram a construir sólidos no software *Blender*. Nessa fase, destaca-se o entusiasmo de alguns estudantes na construção dos sólidos geométricos. Essa reação dos estudantes foi muito significativa para esta pesquisa, e causou entusiasmo e motivação, pois de maneira contrária à Fase Conceitual, onde esperava-se conceitos prontos vindos da pesquisadora, observou-se que os estudantes se sentiam empolgados ao fazerem suas próprias construções, como foi mencionado pelo aluno A2: “essa forma de entender geometria é mais prática, mais legal. Parece que fica mais fácil. Era pra gente ter mais coisas assim nas aulas de Matemática, em outros assuntos também”. Em consonância, recomenda Boaler (2018, p. 14-15) “Incentivem, celebrem e comemorem as abordagens visuais dos estudantes e desmistifiquem a ideia de que bons alunos de matemática são aqueles que memorizam e calculam bem. Todas as ideias ou conceitos matemáticos podem ser ilustrados ou pensados visualmente”.

Na *Fase do Uso da Realidade Virtual* os estudantes criaram uma situação-problema envolvendo cálculos de perímetro, área e volume. Os alunos relataram ter maior compreensão dos conceitos e elementos inerentes à Geometria Espacial devido à visualização dos sólidos. Da Conceição *et al.* (2019, p. 2) tratam que “visualizar um sólido somente através de sua planificação, ou até mesmo, compreender as figuras geométricas espaciais que são expostas no quadro não é tarefa fácil”. São apresentadas algumas falas dos estudantes que denotam que houve uma compreensão maior a respeito da Geometria Espacial (Quadro 6).

Quadro 6 - Ideias sobre o conceito de Geometria Espacial

CÓDIGO DO ESTUDANTE	IDEIAS A RESPEITO DO CONCEITO DE GEOMETRIA ESPACIAL
---------------------	---

A1	“Quando a gente mesmo faz, parece que “aprende” mais. Agora eu consigo entender como são as três dimensões”
A2	“De todo jeito dá certo, só que “brincando” com a figura é “mais top, as dimensões ficam assim mais claras”
A3	“Eu gostei de fazer os prismas, me sinto entendendo mais Matemática e vendo cada dimensão do sólido”
A4	“Fazer “mexendo” com os prismas é mais fácil, dá pra gente ver cada parte”

Fonte: Própria (2022).

De maneira geral, os conceitos que foram construídos pelos estudantes vão ao encontro da definição de Silva (2019), acima supracitada, que trata sobre a Geometria Espacial ser constituída por três dimensões: altura, largura e profundidade.

Na *Fase do Questionário de Avaliação* os estudantes trabalharam com situações-problema semelhantes e algumas iguais aos do Questionário de Sondagem para fins de comparação entre os dois instrumentos de pesquisa. Dessa forma, percebeu-se uma relevante evolução dos indivíduos participantes da pesquisa em relação ao conhecimento de Geometria Espacial. Estudantes que antes informaram no primeiro questionário não saber o conceito de Geometria Espacial transmitiram no segundo instrumento definições satisfatórias a respeito do assunto. Para os demais estudantes, houve um aprimoramento do conceito informado anteriormente. Uma comparação dos resultados obtidos no Questionário de Sondagem e de Avaliação é apresentada (Quadro 7).

Quadro 7 - Comparativo sobre os conceitos dos estudantes sobre Geometria Espacial

CÓDIGO DO ESTUDANTE	CONCEITO SOBRE GEOMETRIA ESPACIAL	
	QUESTIONÁRIO DE SONDAAGEM	QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO
A1	“Não sei...”	“Estuda as três dimensões de um sólido”
A2	“Análise de objetos em uma visão mais dinâmica”	“Ramo da Matemática que visa conhecer a fundo os objetos com

		três dimensões”
A3	“Não sei”	“Estuda as figuras tridimensionais, ou seja, com três dimensões.”
A4	“Não sei”	“Calcula volume, área e perímetro de figuras com três dimensões”

Fonte: Própria (2022).

Mediante os resultados obtidos antes, durante e posteriormente à aplicação da pesquisa, destaca-se a importância da visualização de sólidos geométricos para a formalização do conceito de Geometria Espacial dos estudantes. A ideia de visualização como maneira de compreender a Geometria Espacial sempre esteve presente nas falas dos alunos. Settimy (2018) descreve que a visualização promove um conhecimento detalhado, impregnando sentido aos sólidos e às propriedades matemáticas.

8.2.2 Categoria Elementos da Geometria Espacial

A categoria *Elementos da Geometria Espacial* define-se como a forma que os estudantes caracterizam os elementos que constituem a Geometria Espacial, sendo eles: face, aresta e vértice.

No Questionário de Sondagem os estudantes demonstraram, de maneira geral, conhecer os elementos da Geometria Espacial. Nota-se que as definições trazidas pelos estudantes se referem ao que possivelmente foi aprendido no estudo sobre polígonos. Mesmo que utilizando termos de senso comum, conseguiram formular uma definição para os elementos (Quadro 8).

Quadro 8 - Conceito dos elementos da Geometria Espacial de acordo com o Questionário de Sondagem.

CÓDIGO DO ESTUDANTE	CONCEITO DE FACE	CONCEITO DE ARESTA	CONCEITO DE VÉRTICE
A1	“O "lado" de cada figura geométrica.”	“A linha da figura geométrica.”	“Cada ponta de uma figura geométrica.”
A2	“Como se fosse o lado de um sólido	“É o que liga os vértices do sólido, ou	“É um "ponto" que liga as arestas umas nas

	geométrico, aquilo que pode ficar apoiado horizontalmente em uma superfície.”	também, as faces do objeto.”	outras, formando vértices.”
A3	“São os lados de um objeto.”	“São as linhas de um objeto.”	“São os pontos de determinado objeto.”
A4	“São as laterais.”	“São as linhas.”	“São os cantinhos.”

Fonte: Própria (2022).

De acordo com Caiusca (2018), entende-se que *faces* são as superfícies planas que formam o sólido; *arestas* se referem às linhas resultantes do encontro de duas faces; e *vértices* são os pontos de encontro das arestas. Em relação a um poliedro, Dante (2016) discorre que *face* é um polígono, *aresta* é um lado comum a duas faces e *vértice* é um lado comum a três ou mais arestas. Para este estudo, é escolhido como referencial os conceitos trazidos por Caiusca (2018).

Em relação ao conceito de *face*, os estudantes trouxeram, de maneira geral, o conceito de “lado” de um sólido, o que apesar de ser uma definição compreensível, vai de encontro ao que é trazido por Caiusca (2018) e Dante (2016). Compreende-se, portanto, que os alunos associam a ideia de “lado” ao de *face*.

Em relação ao conceito de *aresta*, os alunos descreveram como “linha” de um objeto, corroborando a definição trazida por Caiusca (2018). Entende-se, desse modo, que os estudantes vinculam a ideia de “linha” ao de *aresta*.

Em relação ao conceito de *vértice*, os estudantes trouxeram definições como “ponta de uma figura”, “cantinhos”, “ponto que liga arestas” e “pontos de um objeto”. Os dois últimos vão ao encontro do que é tratado por Caiusca (2018). Os conceitos de vértice trazidos pelos estudantes, apesar de distintos, promovem entendimento a respeito da ideia de *vértice*. Depreende-se, por conseguinte, que os alunos relacionam a ideia de “ponta/ponto de um objeto” ao de *vértice*.

Na *Fase de Aplicação do Questionário de Sondagem* os estudantes demonstraram um conhecimento minimamente satisfatório a respeito dos elementos da Geometria Espacial. Nota-se que os conhecimentos demonstrados pelos alunos quanto aos elementos da Geometria Espacial foram adquiridos no estudo de Geometria Plana, ainda no Ensino Fundamental.

Na *Fase Conceitual* foram apresentadas aos estudantes algumas situações-problema contidas no questionário de sondagem como forma de instigar a reflexão sobre sólidos geométricos, assim como de seus elementos. Após estas demonstrações, foi proposto que os estudantes citassem palavras que representassem o sentido e o significado de sólidos geométricos, faces, arestas e vértices. Essas cinco palavras foram escritas pela pesquisadora na lousa com um pincel e foram dispostas em colunas. Foi solicitado, em seguida, que os estudantes citassem palavras, termos ou frases que trouxessem uma definição para faces, arestas e vértices.

Quadro 9 - Ideias a respeito dos elementos da Geometria Espacial

CÓDIGO DO ESTUDANTE	CONCEITO DE FACE	CONCEITO DE ARESTA	CONCEITO DE VÉRTICE
A1	“algo reto”	“vai de um canto a outro”	“quando duas linhas se encontram”
A2	“uma coisa que é plana” “algo reto.” “uma superfície”	“uma reta”	“ponto”
A3	“um lado plano”	“a dobra que fica quando duas faces estão juntas”	“o ponto que fica quando duas linhas passam uma pela outra”
A4	“lado”	“linha”	“cantinhos das coisas”

Fonte: Própria (2022).

Mediante os conceitos supracitados, foi realizada pela pesquisadora junto aos estudantes a construção das definições de face, aresta e vértice, de maneira que foram utilizados os conceitos pelos estudantes que mais se aproximam da definição tratada por Caiúsca (2018).

Na *Fase de Estudo sobre o Blender* os alunos descobriram novas ferramentas, tais como: colocar as arestas em destaque, colocar os vértices em destaque, colocar as faces em destaque e mudar a cor do sólido. Essa atividade permitiu aos estudantes obter maior clareza quanto à diferenciação entre os elementos, comprovada no relato de A3 que afirma que “fazendo esse prisma dá pra gente entender melhor o que é aresta, face e vértice”.

Na *Fase do Uso da Realidade Virtual* os estudantes realizaram um vídeo em que os elementos vértices, faces e arestas aparecem em destaque. A motivação está em promover para os espectadores maior clareza quanto à distinção dos elementos.

Na *Fase do Questionário de Avaliação* constatou-se que houve progresso em relação ao embasamento teórico dos estudantes sobre os elementos da Geometria Espacial. Segue comparativo entre as definições de face, aresta e vértice apresentadas pelos estudantes no Questionário de Sondagem e posteriormente no Questionário de Avaliação (Quadros 9, 10 e 11):

Quadro 10 - Comparativo sobre o conceito de *face*

CÓDIGO DO ESTUDANTE	CONCEITO SOBRE <i>FACE</i>	
	QUESTIONÁRIO DE SONDAAGEM	QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO
A1	“O "lado" de cada figura geométrica.”	“Polígonos que formam um sólido geométrico”
A2	“Como se fosse o lado de um sólido geométrico, aquilo que pode ficar apoiado horizontalmente em uma superfície.”	“Uma figura, como o lado, de um objeto espacial”
A3	“São os lados de um objeto.”	“Figuras planas que se juntam e podem formar um figura de três dimensões”
A4	“São as laterais.”	“São os lados”

Fonte: Própria (2022).

Em relação ao conceito de *face*, nota-se que os estudantes deixaram de usar apenas a definição “lado” e passaram a apresentar outros termos, corroborando o conceito de Caiúsca (2018), presente na fala de A1 que definiu *face* como “polígonos que formam um sólido geométrico”.

Quadro 10 - Comparativo sobre o conceito de *aresta*

CÓDIGO DO ESTUDANTE	CONCEITO SOBRE <i>ARESTA</i>	
	QUESTIONÁRIO DE SONDAAGEM	QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO
A1	“A linha da figura geométrica.”	“É quando se encontram duas faces, aí vira uma aresta.”
A2	“É o que liga os vértices do sólido, ou também, as faces do objeto.”	“Contorno, perímetro da figura e/ou objeto”
A3	“São as linhas de um objeto.”	“Encontro de duas faces”
A4	“São as linhas.”	“São as linhas”

Fonte: Própria (2022).

Em relação ao conceito de *aresta*, percebe-se que os estudantes deixaram de utilizar apenas a definição “linha” e passaram a usar outros termos que concordam com os conceitos de Caiúsc (2018), tal como a fala de A3 que conceituou *aresta* como “encontro de duas faces”.

Quadro 11 - Comparativo sobre o conceito de *vértice*

CÓDIGO DO ESTUDANTE	CONCEITO SOBRE <i>VÉRTICE</i>	
	QUESTIONÁRIO DE SONDAAGEM	QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO
A1	“Cada ponta de uma figura geométrica.”	“Quando duas arestas se encontram em suas pontas”
A2	“É um "ponto" que liga as arestas umas nas outras, formando vértices.”	“Encontro de extremidades de arestas”
A3	“São os pontos de determinado objeto.”	“Encontro de arestas”
A4	“São os cantinhos.”	“São pontos de ligação”

Fonte: Própria (2022).

Em relação ao conceito de *vértice*, percebe-se que os estudantes deixaram de utilizar apenas a definição “ponta” ou “ponto” e citaram outros termos conforme trata Caiúsca (2018), exemplificado na fala de A3 “encontro de arestas”.

De acordo com Renóbio (2020, p. 64), “para que haja sucesso nas aulas de Geometria Espacial, é preciso desenvolver no aluno o entendimento para visualização e a intuição ao examinar objetos bidimensionais ou tridimensionais”. Por meio dessa pesquisa, os alunos tiveram a oportunidade de visualizar os elementos face, aresta e vértice, o que favoreceu a construção de conceitos. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) (BRASIL, 2019), destinados às áreas de Ciências da Natureza e Matemática e suas Tecnologias, o ensino de Geometria no Ensino Médio deve ter sentido científico e cultural, de maneira que além de uma abordagem clara, deve superar o ensino tradicional. A experiência prática e diferente do cotidiano abordada nesta pesquisa facilitou o entendimento a respeito dos elementos que constituem um sólido geométrico, por meio da visualização. Este conteúdo então passou a impregnar sentido ao que estava sendo estudado, e isto ocorreu mediante a construção dos vídeos 3D.

Os indivíduos da pesquisa apresentaram facilidade na aprendizagem dos conceitos inerentes aos elementos da Geometria Espacial durante a realização da pesquisa. Não foram percebidas dificuldades na assimilação dos conceitos. Os estudantes demonstraram, durante a aplicação da pesquisa e no Questionário Final, compreender adequadamente as definições de face, aresta e vértice.

8.2.3 Categoria Prisma

A categoria *Prisma* define-se como a forma que os estudantes compreendem o conceito de Prisma, além disso, discorre a respeito dos recursos didáticos que são utilizados nas aulas que oportunizam o entendimento dessa definição.

Ao serem questionados sobre o conceito de Prisma, no Questionário de Sondagem, dois estudantes relataram não saber a respeito e dois estudantes apresentaram definições explícitas (Quadro 12).

Quadro 12 - Conceito de Prisma de acordo com o Questionário de Sondagem

CÓDIGO DO ESTUDANTE	CONCEITO SOBRE PRISMA
---------------------	-----------------------

A1	“Não sei...”
A2	“Figura geométrica que apresenta vértice, face, e aresta”
A3	“Não sei”
A4	“Sólido geométrico”

Fonte: Própria (2022).

De acordo com a definição de Almeida (2018, p. 124), o Prisma é definido como “poliedro limitado por uma superfície prismática fechada e por dois planos paralelos entre si e não paralelos às arestas da superfície”. Silva (2022) trata que os Prismas são formados no espaço tridimensional e são constituídos a partir de um polígono e uma reta. Ao reunir segmentos de retas paralelos a uma reta r cujas extremidades são o referido polígono e um plano que não contenha esse polígono denomina-se Prisma. As definições pelos estudantes A2 e A3 não correspondem às definições tratadas por Almeida (2018) e Silva (2022).

Ainda no Questionário de Sondagem foi indagado aos estudantes quais os tipos de Prismas que estes conheciam, sendo que dois estudantes (A2 e A4) apresentaram ideias a respeito, os demais não responderam (A1) ou disseram que não lembravam (A3) (Quadro 13).

Quadro 13 - Tipos de Prisma

CÓDIGO DO ESTUDANTE	TIPOS DE PRISMA
A1	...
A2	“Prisma de base hexagonal, Prisma de base triangular, Prisma de base pentagonal, Prisma de base quadrangular, Prisma de base heptagonal, Pirâmide, Paralelepípedo, esfera, cubo”
A3	“não lembro”
A4	“Prisma quadrangular”

Fonte: Própria (2022)

Almeida (2018) apresenta diversas características a respeito dos Prismas que são tratadas a seguir:

a) considera-se que um Prisma pode ser triangular, quadrangular, pentagonal, hexagonal, e assim por diante, de modo que suas bases sejam, respectivamente, triângulos,

quadriláteros, pentágonos, hexágonos e assim sucessivamente;

b) um Prisma pode ser reto ou oblíquo, ao passo que, respectivamente, suas arestas laterais sejam perpendiculares ou oblíquas aos planos das bases. Ao analisar um Prisma considera-se que, quando as arestas laterais são iguais à altura, tem-se um Prisma reto e quando as arestas laterais, iguais entre si, são maiores que a altura, tem-se um Prisma oblíquo.

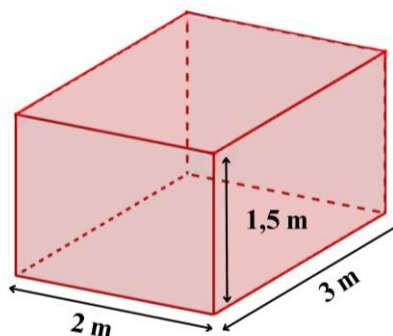
Verifica-se que A2 trouxe algumas características do Prisma em relação a sua base, tais como “Prisma de base hexagonal, Prisma de base triangular, Prisma de base pentagonal, Prisma de base quadrangular, Prisma de base heptagonal”, que corroboram as características tratadas por Almeida (2018), quando afirma que um Prisma pode ser classificado de acordo com o polígono que forma sua base. Desse modo, conjectura-se que A2 compreende essa classificação. Porém, A2 também cita “Pirâmide” e “Esfera” como tipos de Prisma, quando, na verdade, os conceitos de Pirâmide e de Esfera se tratam de outros tipos de Poliedros, assim como o Prisma. Por outro lado, A4 demonstra conhecer apenas o Prisma Quadrangular.

Na *Fase de Aplicação do Questionário de Sondagem*, verificou-se que A1 e A3 não conhecem os tipos de Prismas e que os demais conseguiram formalizar um conceito parcialmente correto sobre os tipos de Prismas.

Na *Fase Conceitual* foi apresentada novamente aos alunos uma das situações-problema contidas no Questionário de Sondagem, como forma de instigar a construção de conceitos sobre Prismas, assim como de suas características. A situação-problema possuía o seguinte enunciado:

“Os moradores de alguns bairros da cidade de Cariré, vez por outra, enfrentam escassez de água em suas residências. Mediante esta situação, Ana juntamente com dois vizinhos decidiram construir, juntos, uma caixa d'água, como forma de armazenar água para circunstâncias emergenciais. Ana e os vizinhos aproveitaram um dia de forte fluxo de água e deixaram sua caixa quase cheia. A caixa d'água está representada pela imagem a seguir:” (Figura 5)

Figura 5 - Caixa d'água



Fonte: Própria (2022)

Mediante a exposição da situação-problema acima, a pesquisadora escreveu no quadro a palavra “Prisma” e pediu que os estudantes definissem o que compreendiam a respeito desse termo. Em seguida, foram trazidos pelos estudantes as seguintes definições (Quadro 14):

Quadro 14 - Construção do Conceito de Prisma

CÓDIGO DO ESTUDANTE	CONCEITO SOBRE PRISMA
A1	“Um sólido”, “Cubo”
A2	“Figura geométrica”, “Tem vértice, aresta e face”, “Um tipo de poliedro”
A3	Não quis participar
A4	“Poliedro”

Fonte: Própria (2022).

A partir do que foi citado pelos estudantes, foi feita a construção do conceito de Prisma e do entendimento de que em um Prisma os dois planos não paralelos entre si são dois polígonos iguais, que formam as suas bases. Tal compreensão foi estimulada por meio do questionamento realizado pela pesquisadora “Um prisma possui partes comuns, ou seja, iguais?”.

Destaca-se que A3 questionou “prisma triangular é uma pirâmide?” após a construção da definição e os colegas afirmaram que não, pois uma pirâmide não possui bases iguais, e em seguida, A3 informou que compreendeu a definição.

Na *Fase de Estudo sobre o Blender*, foi solicitado que os estudantes criassem no software *Blender*, Prismas de distintas bases, a fim de que os estudantes conseguissem visualizar e diferenciar os tipos de Prismas, quanto à base. Nesse momento, os estudantes demonstraram facilidade na compreensão do que foi solicitado, exceto A4 que citou “eu não sei mais como é esse prisma pentagonal”, “quantas arestas tem a base desse prisma?”. A4 informou que não conhece os prefixos tri, penta, hexa, hepta e octa que constituem os nomes dados aos Prismas quanto às suas bases.

Na *Fase do Uso da Realidade Virtual*, os estudantes criaram vídeos onde são apresentados Prismas de bases distintas, de modo que tais bases aparecem em destaque, visando que os espectadores percebam a diferença entre os Prismas. A proposta seguinte foi que os estudantes realizassem a inserção dos vídeos no aplicativo *Cardboard*. Nesse momento de criação dos vídeos, os estudantes A1 e A2 não demonstraram dificuldade na inserção dos vídeos do aplicativo *Cardboard*. Já A3 e A4 apresentaram dificuldade no manuseio das ferramentas do app e foram auxiliados por A1 e A2. Destaca-se que os estudantes A3 e A4, ao visualizarem os vídeos no óculos 3D, relataram maior entendimento do Prisma. A4 ainda demonstrou dificuldade em identificar os Prismas pela sua classificação quanto à base mas conseguiu diferenciar, descrevendo-os como “Prisma de base com 3 arestas, 4 arestas, 5 arestas e assim por diante”.

Na *Fase do Questionário de Avaliação*, os estudantes demonstraram uma importante evolução quanto ao conceito de Prisma (Quadro 15).

Quadro 15 - Comparativo sobre o Conceito de Prisma

CÓDIGO DO ESTUDANTE	CONCEITO SOBRE <i>PRISMA</i>	
	QUESTIONÁRIO DE SONDAGEM	QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO
A1	“Não sei...”	“Sólidos geométricos que possuem bases iguais”
A2	“Figura geométrica que apresenta vértice, face, e aresta”	“Objetos com três dimensões que possuem bases congruentes”
A3	“Não sei”	“Um objeto que tem na suas bases dois polígonos iguais”
A4	“Sólido geométrico”	“União de segmentos com bases iguais”

Fonte: Própria (2022).

Nota-se que os estudantes conseguiram assimilar a definição de Prisma, de modo que suas definições mostraram-se satisfatórias quando comparadas ao conceito exposto por Almeida (2018). Considera-se que os estudantes A2 e A4 conseguiram formalizar com mais precisão os conceitos a respeito dos Prismas. Em relação aos estudantes A1 e A3 percebe-se

que houve construção do conhecimento por meio da visualização dos Prismas desenvolvidos do aplicativo *Blender*. Mediante tais constatações, afirma-se que a aprendizagem de Geometria Espacial ocorre de maneira satisfatória com a implementação de recursos tecnológicos que permitam a visualização dos sólidos geométricos e é intensificada perante a construção desses objetos tridimensionais em aplicativos, *softwares* e afins.

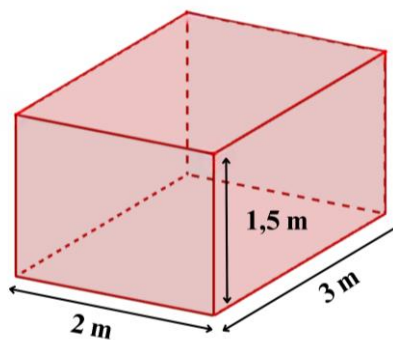
8.2.4 Categoria Cálculos

A categoria *Cálculos* define-se como a forma como os estudantes realizam os cálculos de perímetro, área e volume dos Prismas.

Na *Fase de Aplicação do Questionário de Sondagem*, os sujeitos da pesquisa realizaram os cálculos de perímetro, área e volume dos Prismas. Foi proposta a seguinte situação-problema:

“Os moradores de alguns bairros da cidade de Cariré, vez por outra, enfrentam escassez de água em suas residências. Mediante esta situação, Ana juntamente com dois vizinhos decidiram construir, juntos, uma caixa d'água, como forma de armazenar água para circunstâncias emergenciais. Ana e os vizinhos aproveitaram um dia de forte fluxo de água e deixaram sua caixa quase cheia. A caixa d'água está representada pela imagem a seguir:” (Figura 6).

Figura 6 - Caixa d'água



Fonte: Própria (2022)

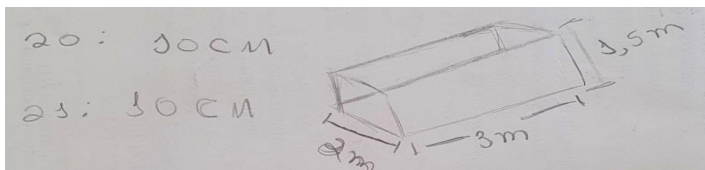
Na sequência, foi apresentado o seguinte questionamento:

“Questão 20 - Para celebrar a compra da caixa d'água e aproveitando as festividades do Natal, foi decidido entre Ana e seus vizinhos que seria comprado um "pisca-pisca" para enfeitar a caixa d'água. O "pisca-pisca" deve passar ao redor da caixa, apenas uma vez, fazendo uma volta pelas suas faces laterais. Quantos cm de "pisca-pisca" deverão ser comprados para enfeitar a caixa d'água?”

A seguir, são demonstradas as percepções da pesquisadora sobre os cálculos realizados pelos estudantes no Questionário de Sondagem quanto ao perímetro de um Prisma:

a) O indivíduo A1 não demonstrou os cálculos de perímetro realizados, apenas informou o resultado do problema em questão. A resposta do estudante estava correta, porém o estudante não realizou a conversão de medidas de “metro” para “centímetro” (Figura 7).

Figura 7 - Resolução da Questão 20 pelo indivíduo A1



Fonte: A1 (2022)

b) O indivíduo A2 demonstrou os cálculos e descreveu seu raciocínio para obter a resolução da situação-problema, de modo claro. A2 realizou a conversão de medidas de “metro” para “centímetro”. O referido estudante demonstra conhecer conceito de perímetro (Figura 8).

Figura 8 - Resolução da Questão 20 pelo indivíduo A2

Questão 20

$2m = 200 \text{ cm} \cdot 2 = 400 \text{ cm}$
 $3m = 300 \text{ cm} \cdot 2 = 600 \text{ cm}$

Vamos que a caixa é feita de um material com seus lados laterais medidos em 2 metros e 3 metros, como possui 4 faces laterais ao total, temos duas faces de 2 metros e duas faces de 3 metros, ou seja, as faces de mesma medida estão paralelas umas as outras.

Depois temos, 10 metros de pizza-pizza que serão afetados pelas faces da caixa.

Como como a questão pede essa medida em cm (centímetros), vamos multiplicar esse valor por 100, foi que um metro possui 100 cm.

$10 \cdot 100 = 1000 \text{ cm}$

Portanto, necessitamos de 1000 cm de pizza-pizza.

Fonte: A2 (2022)

c) O indivíduo A3 realizou corretamente os cálculos para obter o perímetro da caixa, porém realizou a conversão de medidas de “metro” para “centímetro” de maneira errada (Figura 9).

Figura 9 - Resolução da Questão 20 pelo indivíduo A3:

Questão 20.

$$2m + 2m + 3m + 3m = 10m$$

$$10m = 1000m.$$

Fonte: A3 (2022)

d) O indivíduo A4 não realizou cálculos para obter o perímetro da caixa pois informou não saber nada a respeito desse assunto.

Os indivíduos A1 e A3 não conseguiram realizar as conversões de medida. Mediante este fato pode-se obter a premissa de que há falhas na aprendizagem do estudante. Porém, de acordo com Duval (2012), o aluno pode obter a soma de dois números decimais ou fracionários e não pensar em realizar a conversão ou mesmo não saber como fazê-la. O estudante precisa conhecer as diferentes representações para realizar as conversões necessárias. O objetivo desta análise, no entanto, consiste em conhecer o entendimento dos estudantes quanto ao procedimento dos cálculos de volume, área e perímetro.

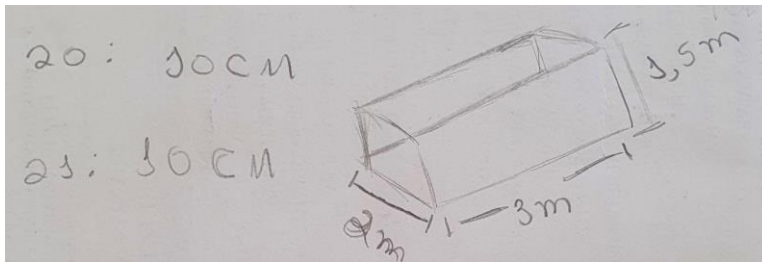
Após a situação-problema envolvendo o cálculo do perímetro da caixa (Figura 5), foi apresentado o seguinte questionamento sobre esse mesmo Prisma:

Questão 21. Ana e seus vizinhos decidiram que seria importante colocar azulejos na caixa d'água. Sendo assim, quantos metros seriam necessários para cobrir toda a área da caixa d'água com os azulejos, exceto o fundo da caixa?

A seguir, são demonstradas as percepções da pesquisadora sobre os cálculos realizados pelos estudantes no questionário de sondagem quanto à área de um Prisma:

a) O indivíduo A1 não apresentou os cálculos, apenas um resultado final errado, sendo o mesmo da questão anterior. Desse modo, pode-se inferir que este estudante compreende que área e perímetro possuem o mesmo conceito (Figura 10).

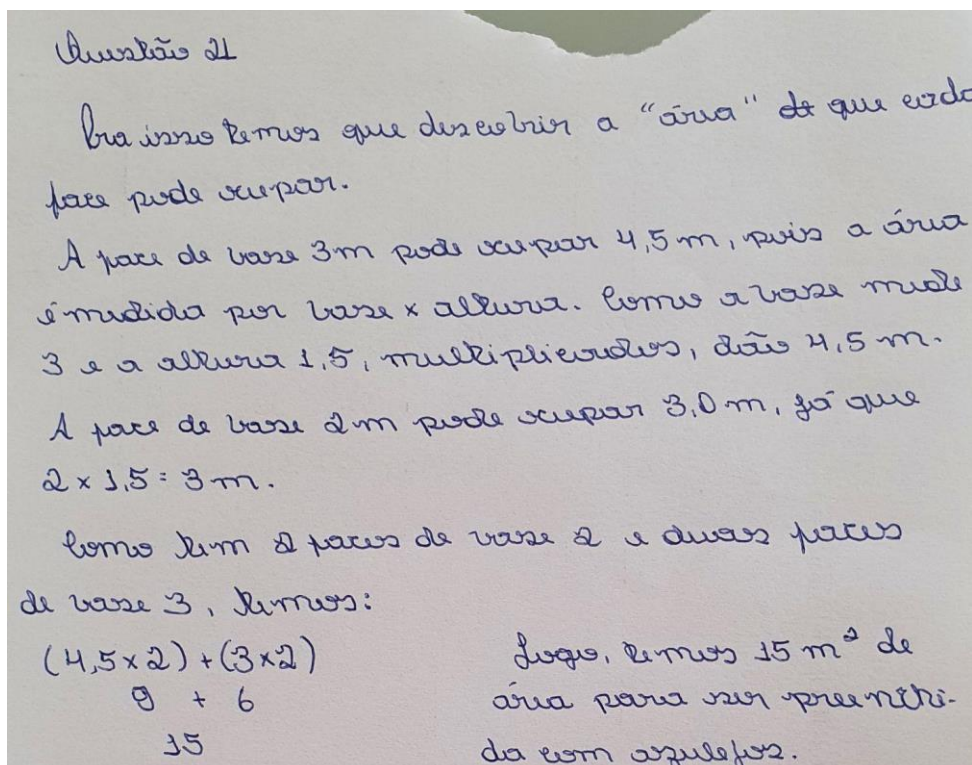
Figura 10 - Resolução da Questão 21 pelo indivíduo A1



Fonte: A1 (2022)

b) O indivíduo A2 demonstrou os cálculos e descreveu o seu raciocínio para obter a resolução da situação-problema, descrevendo o “caminho” percorrido para obter o resultado. Houve um erro na resposta final, pois segundo a questão não deveria ser levado em consideração apenas o fundo, sendo que o estudante deveria ter calculado também a tampa da caixa (Figura 11).

Figura 11 - Resolução da Questão 21 pelo indivíduo A2



Fonte: A2 (2022)

c) O indivíduo A3 realizou cálculos para encontrar a área da caixa, porém não obteve êxito no resultado, assim como não é possível compreender ao certo qual foi o procedimento utilizado pelo estudante (Figura 8).

Figura 8 - Resolução da Questão 21 pelo indivíduo A3:

21.
$$\begin{array}{r} 8 \\ \times 1,5 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,5 \\ \times 8 \\ \hline 120 \end{array}$$
 R = total de 120 metros

Fonte: A3 (2022)

d) O indivíduo A4 não realizou cálculos para obter a área da caixa pois informou não saber nada a respeito desse assunto.

Após a situação-problema envolvendo a área da caixa (Figura 5), foi apresentado o seguinte questionamento sobre esse mesmo Prisma:

Questão 22. Apesar do entusiasmo com a construção da caixa d'água não calcularam a sua capacidade total. Dessa forma, pediram auxílio ao filho de um dos vizinhos que cursava o Ensino Médio e já havia estudado como calcular o volume de sólidos. Determine o valor que representa a capacidade total da caixa:

A seguir, são demonstradas as percepções da pesquisadora sobre os cálculos realizados pelos estudantes no Questionário de Sondagem quanto ao volume de um Prisma:

a) O indivíduo A1 não realizou os cálculos para obter o volume da caixa pois afirma não ter conhecimento sobre esse assunto.

b) O indivíduo A2 realizou procedimentos corretos para calcular o volume do Prisma e descreveu o cálculo realizado. O estudante utilizou a unidade de medida correta (em metros cúbicos, representada pela sigla “m³”) para o cálculo do volume (Figura 9).

Figura 9 - Resolução da Questão 22 pelo indivíduo A2:

Questão 22
O volume de um recipiente pode ser calculado pela multiplicação de suas três dimensões:
base x altura x largura.
Se não assim, o volume da caixa d'água é:
 $2 \times 3 \times 1,5 = 9 \text{ m}^3$.

Fonte: A2 (2022)

c) O indivíduo A3 não realizou os cálculos para obter o volume da caixa pois afirma não ter conhecimento sobre esse assunto.

d) O indivíduo A4 não realizou os cálculos para obter o volume da caixa pois afirma não ter conhecimento sobre esse assunto.

Quanto ao cálculo do perímetro realizado no Questionário de Sondagem, dos 4 (quatro) indivíduos participantes da pesquisa, 1 (um) conseguiu realizar os cálculos corretamente, 2 (dois) realizaram parcialmente, e 1 (um) não conseguiu realizar.

Quanto ao cálculo de área realizado no Questionário de Sondagem, dos 4 (quatro) indivíduos participantes da pesquisa, nenhum dos estudantes realizou os cálculos corretamente, 1 (um) realizou parcialmente, 2 (dois) realizaram de maneira incorreta e 1 (um) não realizou.

Quanto ao cálculo de volume realizado no Questionário de Sondagem, os 4 (quatro) indivíduos participantes da pesquisa, 1 (um) realizou corretamente e 3 (três) não realizaram.

A seguir, apresenta-se um quadro resumo sobre os procedimentos de cálculos dos prismas observados no Questionário de Sondagem (Quadro 16):

Quadro 16 - Procedimentos de cálculos dos prismas realizados pelos estudantes no Questionário de Sondagem

PROCEDIMENTOS DE CÁLCULO DOS PRISMAS OBSERVADOS NO QUESTIONÁRIO DE SONDAJEM			
CÓDIGO DO ESTUDANTE	CÁLCULO DE PERÍMETRO	CÁLCULO DE ÁREA	CÁLCULO DE VOLUME
A1	Parcialmente Correto.	Incorreto.	Não realizou.
A2	Correto.	Parcialmente Correto.	Correto.
A3	Parcialmente Correto.	Incorreto.	Não realizou.
A4	Não realizou.	Não realizou.	Não realizou.

Fonte: Própria (2022)

Na *Fase do Questionário de Avaliação* os sujeitos da pesquisa realizaram os cálculos de perímetro, área e volume dos Prismas. Foi proposta a mesma situação-problema do Questionário de Sondagem, a fim de verificar a influência da sequência didática na aprendizagem dos estudantes. A seguir, são demonstradas as percepções da pesquisadora sobre os cálculos realizados pelos estudantes no questionário de avaliação quanto ao volume de um Prisma:

a) O indivíduo A1 realizou a soma das medidas da caixa sem apresentar o somatório final. Porém, infere-se que houve a compreensão de como realizar o cálculo do perímetro de um Prisma (Figura 10).

Figura 10 - Resolução da questão de perímetro aplicada no questionário de avaliação pelo indivíduo A1.

Handwritten work for Figure 10: $2+2=4$ $3+3=6$ Perimetro

Fonte: A1 (2022)

b) O indivíduo A2 realizou corretamente os cálculos de perímetro no questionário de avaliação, assim como realizou a conversão de unidades de “metros” para “centímetros” (Figura 11).

Figura 11 - Resolução da questão de perímetro aplicada no questionário de avaliação pelo indivíduo A2.

Handwritten work for Figure 11: Perimetro
 $2 \times 2 + 3 \times 2 \Rightarrow 4 + 6 = 10 \text{ m}$
 $\text{m} \rightarrow \text{cm}$
 $10 \text{ m} \rightarrow \text{cm} = 10 \cdot 100 = 1000 \text{ cm}$

Fonte: A2 (2022)

c) O indivíduo A3 realizou corretamente os cálculos de perímetro no questionário de avaliação, assim como realizou a conversão de unidades de “metros” para “centímetros” (Figura 12).

Figura 12 - Resolução da questão de perímetro aplicada no questionário de avaliação pelo indivíduo A3.

Perímetro

$$2 \times 2 = 4$$

$$3 \times 2 = 6$$

$$\hline 10 \text{ m}$$

$10 \text{ m} = 100 \text{ cm}$

$$10 \cdot 100 = 1000 \text{ cm}^2$$

Fonte: A3 (2022).

d) O indivíduo A4 realizou corretamente os cálculos de perímetro no questionário de avaliação, porém após obter o produto da situação-problema, multiplicou o resultado por 2 (dois). Infere-se que A4 tentou realizar a conversão de medida e ao invés de multiplicar por 100 (cem), o fez pelo número 2 (dois) (Figura 13).

Figura 13 - Resolução da questão de perímetro aplicada no questionário de avaliação pelo indivíduo A4.

$$3 + 3 + 2 + 2 = 10 \times 2 = 20 \text{ cm}$$

Fonte: A4 (2022)

Ao analisar a questão que requer o conhecimento de área de um prisma, replicada no questionário de avaliação, a pesquisadora obteve as seguintes percepções:

a) O indivíduo A1 realizou a questão de maneira errada. Infere-se que houve uma inversão ao realizar a multiplicação das medidas dos polígonos que compõem o Prisma (Figura 14).

Figura 14 - Resolução da questão de área aplicada no questionário de avaliação pelo indivíduo A1.

$$3,5 \cdot (2 \cdot 3 + 2 \cdot 3,5 + 3,5 \cdot 3) \quad \text{Área}$$

$$3,2 \cdot (6 + 3 + 4,5) = 82,5$$

Fonte: A1 (2022)

b) O indivíduo A2 realizou de maneira correta o cálculo da área de cada polígono, e posteriormente, a junção das medidas para a composição da área do Prisma (Figura 15).

Figura 15 - Resolução da questão de área aplicada no questionário de avaliação pelo indivíduo A2.

$$\begin{aligned}
 &\text{Área} \\
 &2(2 \cdot 1,5) + 2(3 \cdot 1,5) + 2 \cdot 3 \\
 &2 \cdot 3 + 2 \cdot 4,5 + 6 \\
 &6 + 9 + 6 \\
 &21 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Fonte: A2 (2022)

c) O indivíduo A3 realizou de maneira correta o cálculo da área de cada polígono, e posteriormente, a junção das medidas para a composição da área do Prisma (Figura 16).

Figura 16 - Resolução da questão de área aplicada no questionário de avaliação pelo indivíduo A3.

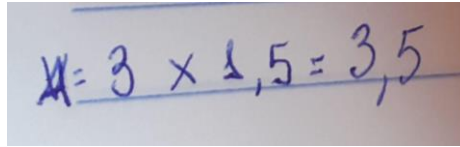
$$\begin{aligned}
 &\text{Área.} \\
 &2,0 \times 1,5 = 3,00 \\
 &2,0 \times 1,5 = 3,00 \\
 &3,0 \times 1,5 = 4,50 \\
 &3,0 \times 1,5 = 4,50 \\
 &\hline
 &15,00 = 15 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Parte superior} \\
 &2,0 \times 3,5 = 6,0 \\
 &3,0 \times 1,5 = 4,5 \\
 &6 + 4,5 = 10,5 \\
 &15 + 10,5 = 25,5 \\
 &\hline
 &21 \text{ m}^2 \text{ Área total}
 \end{aligned}$$

Fonte: A3 (2022)

d) O indivíduo A4 realizou apenas o cálculo de um dos polígonos que compõem o Prisma.

Figura 17 - Resolução da questão de área aplicada no questionário de avaliação pelo indivíduo A4.



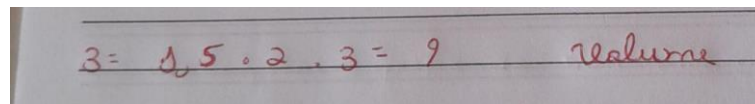
$$A = 3 \times 1,5 = 3,5$$

Fonte: A4 (2022)

Ao analisar a questão que requer o conhecimento de volume de um prisma, replicada no questionário de avaliação, a pesquisadora obteve as seguintes percepções:

a) O indivíduo A1 realizou corretamente os cálculos do volume da caixa porque multiplicou os valores das três arestas relativas à largura, profundidade e altura adequadamente, mas não colocou a unidade de medida ao final (Figura 18).

Figura 18 - Resolução da questão de volume aplicada no questionário de avaliação pelo indivíduo A1.

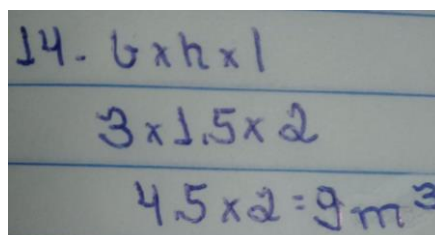


$$V = 1,5 \cdot 2 \cdot 3 = 9 \text{ volume}$$

Fonte: A1 (2022)

b) O indivíduo A2 realizou corretamente os cálculos para obter o volume da caixa, além de mencionar corretamente a unidade de medida (m^3) (Figura 19).

Figura 19 - Resolução da questão de volume aplicada no questionário de avaliação pelo indivíduo A2.

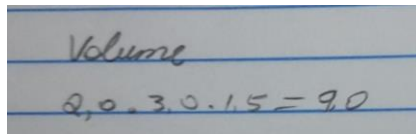


$$V = 3 \times 1,5 \times 2 = 9 m^3$$

Fonte: A2 (2022)

c) O indivíduo A3 realizou corretamente os cálculos para obter o volume da caixa, pois obteve o produto das três dimensões (altura, largura e volume) da caixa, mas ao final, não escreveu a unidade de medida. (Figura 20).

Figura 20 - Resolução da questão de volume aplicada no questionário de avaliação pelo indivíduo A3.

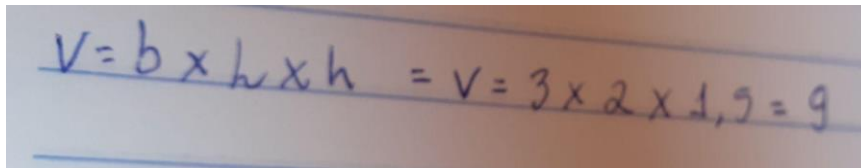


A photograph of a handwritten note on lined paper. The word "Volume" is written in cursive at the top. Below it, the calculation $2,0 \cdot 3,0 \cdot 1,5 = 9,0$ is written in cursive.

Fonte: A3 (2022)

d) O indivíduo A4 realizou corretamente os cálculos para obter o volume da caixa, porém não colocou a unidade de medida do sólido (Figura 21).

Figura 21 - Resolução da questão de perímetro aplicada no questionário de avaliação pelo indivíduo A4.



A photograph of a handwritten note on lined paper. The formula $V = b \times l \times h = V = 3 \times 2 \times 1,5 = 9$ is written in cursive.

Fonte: A4 (2022)

Quanto ao cálculo de perímetro realizado no questionário de avaliação, os 4 (quatro) estudantes participantes da pesquisa conseguiram realizar corretamente, porém A1 não colocou a unidade de medida e não apresentou o somatório final das arestas. Observou-se também que A4 realizou a conversão de medidas de metro (m) para centímetros (cm) de maneira incorreta.

Quanto ao cálculo de área realizado no questionário de avaliação, dos 4 (quatro) estudantes participantes da pesquisa, 2 (dois) realizaram corretamente (A2 e A3) e 2 (dois) incorretamente (A1 e A4), sendo que A1 inverteu as medidas dos polígonos ao realizar a multiplicação para obter a área e A4 calculou a área de apenas um dos polígonos.

Quanto ao cálculo de volume realizado no questionário de avaliação, dos 4 (quatro) estudantes participantes da pesquisa, todos realizaram corretamente, porém apenas A2 colocou a unidade de medida (m^3).

De acordo com a experiência tratada por Schütz, Barbieri e Ferreira (2014), os estudantes da Educação Básica possuem demasiada dificuldade em compreender os conceitos de área, volume e prisma, de maneira que por vezes não conseguem diferenciar área e perímetro, apenas entendem que, para o cálculo de área, deve-se multiplicar as medidas e no caso do perímetro, deve-se somar. Já para o volume, entendem que basta multiplicar as 3 medidas. Schütz, Barbieri e Ferreira (2014) constataram que os estudantes realizam operações “mecânicas”, mas não possuem noções básicas dos conteúdos tratados. Pode-se, desse modo, conjecturar que os estudantes estão “robotizados” a sempre realizar cálculos, de maneira que independentemente do sentido e do contexto, obtenha-se um resultado com valor numérico. O trabalho do professor que enfatiza fórmulas e dados numéricos resulta em problemas para que o aluno possa construir conceitos como as ideias de perímetro, área e volume (CAMARA, 2000).

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Alguns assuntos que pertencem ao componente curricular Matemática demandam uma explanação mais palpável, requerendo a visualização do que está sendo abordado em sala de aula. Entre os assuntos matemáticos que mais carecem de visualização, evidencia-se a Geometria Espacial, que para ser compreendida com maior profundidade necessita de elementos tangíveis e de mais exemplos reais e visuais, para que, desse modo, ocorra a aplicação do conhecimento de sólidos geométricos em situações cotidianas dos indivíduos.

Mediante à falta do entendimento substancial para a compreensão dos conceitos inerentes à Geometria Espacial por parte de alunos do Ensino Médio, nota-se a pouca familiaridade com o assunto que, em algumas situações, é decorrente da exclusão ou do estudo “raso” deste conteúdo nos currículos de séries anteriores, prejudicando o processo de aprendizagem necessário para embasar o assunto no Ensino Médio, o que significa uma perda relevante ao conhecimento do estudante, pois além de ser um assunto presente em seu dia a dia, é um conteúdo requerido nas principais avaliações externas, tais como o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

A partir do presente trabalho foi possível analisar como ocorre o processo de aprendizagem em Geometria Espacial dos alunos de uma escola pública do Ensino Médio, mediante a aplicação de uma proposta metodológica pautada na construção de vídeos 3D voltada para o uso da Realidade Virtual, por meio de encontros presenciais.

A pergunta norteadora desta pesquisa “de que forma o uso de Realidade Virtual diante de uma proposta construcionista de ensino de conteúdos de Geometria Espacial pode auxiliar na aprendizagem de alunos do Ensino Médio?” foi contemplada de maneira satisfatória durante a realização desta pesquisa. A rigor, foi possível verificar, ao longo das três avaliações do projeto (Questionário de Sondagem, Aplicação da Sequência Didática e Questionário de Avaliação), a progressão de uma aprendizagem mais satisfatória, atendo assim às expectativas iniciais da pesquisa. Cada participante estudou e desenvolveu vídeos 3D sobre Prismas que foram hospedados em uma página do *Google Sites*. Embora alguns tenham tido mais habilidade que outros, os Prismas foram estudados pelos quatro indivíduos (A1, A2, A3 e A4), concomitantemente, culminando na criação de vídeos desenvolvidos em duplas e, posteriormente, hospedados na página supracitada. Como consequência dessa abordagem, notou-se uma evolução nos testes realizados. Ao comparar os resultados do Questionário de Sondagem e do Questionário de Avaliação notou-se que houve progresso na aprendizagem em aspectos distintos. No que se refere aos conceitos de Geometria Espacial, notou-se que alunos

que informaram no primeiro questionário não conhecer o conceito de Geometria Espacial demonstraram definições satisfatórias a respeito do assunto e os demais estudantes apresentaram um aprimoramento do conceito informado anteriormente, de modo a assemelhar-se com as definições trazidas pelos autores.

Em relação aos elementos (face, aresta e vértice) percebeu-se que os indivíduos passaram a formalizar com mais precisão os conceitos a respeito dos Prismas, de sorte que os participantes da pesquisa que traziam outras referências (como “cantinho” para vértice) trouxeram os conceitos próprios dos elementos. Para o conceito de Prisma, verificou-se que a visualização dos Prismas desenvolvidos pelos próprios estudantes no aplicativo *Blender* permitiu o entendimento e, posteriormente, a construção dos conceitos. No tocante aos cálculos, destacou-se que os indivíduos conseguiram realizar cálculos de perímetro, volume e área, o que praticamente não se percebia inicialmente. Percebe-se que ainda há dificuldade para o cálculo de área em alguns dos alunos.

É importante ressaltar a importância da aplicação da Realidade Virtual para a evolução da aprendizagem dos estudantes, com destaque para a visualização dos sólidos através dos óculos 3D. O protagonismo dos indivíduos na construção dos sólidos no software *Blender* também demanda destaque, mediante a sua relevância no processo de visualização dos sólidos como um todo.

Destaca-se também como relevante o processo de compreensão dos estudantes quanto à importância de permitir-se construir o próprio conhecimento, para que desse modo, obtenha-se uma aprendizagem efetiva. A princípio, percebeu-se a resistência dos alunos mediante a proposta de buscar o entendimento do assunto e não apenas receber o que é repassado pelo professor, mas conforme ocorriam os encontros, notava-se a adaptação e para alguns, a empolgação em partilhar o que foi aprendido.

Em suma, percebeu-se que os objetivos estabelecidos para esta pesquisa foram alcançados, sendo o objetivo geral “analisar como ocorre a aprendizagem em Geometria Espacial dos alunos de Ensino Médio mediante a aplicação de uma proposta metodológica pautada na construção de vídeos 3D voltada para o uso da Realidade Virtual” e objetivos Específicos “identificar as principais dificuldades dos estudantes de Ensino Médio na compreensão dos conceitos e procedimentos vinculados aos Prismas na Geometria Espacial; desenvolver uma proposta metodológica para o ensino de Geometria Espacial pautada na construção de vídeos 3D voltada para o uso da Realidade Virtual e comparar os resultados obtidos sobre a compreensão de conceitos e procedimentos vinculados aos Prismas na

Geometria Espacial por estudantes do 1º Ano do Ensino Médio, antes da aplicação metodológica proposta e após essa aplicação”.

Embora perceba-se que parte dos indivíduos possuíam dificuldades em utilizar as unidades de medida de maneira correta (algo que não é objeto de estudo desta pesquisa), percebe-se que houve um importante salto qualitativo na aprendizagem dos indivíduos, quando analisa-se o conhecimento de cada um durante os três processos avaliativos.

Destarte, a presente pesquisa pode contribuir para outras pesquisas relacionadas ao ensino de Geometria Espacial, assim como em estudos sobre a aplicação da Realidade Virtual na educação e por fim na prática de implementação do Construcionismo como metodologia de ensino e aprendizagem.

Por conseguinte, supõe-se que as sequências didáticas utilizadas para a aplicação desta pesquisa poderão contribuir para que professores possam inserir novas metodologias para a aprendizagem de Geometria Espacial, tendo em vista que atendem à necessidade do estudante de visualizar para melhor compreender a estrutura dos sólidos, e especificamente para este trabalho, dos Prismas. Desse modo, entende-se que aquilo que obsta a aprendizagem dos estudantes é superado quando uma metodologia que proporciona o entendimento dos aspectos visuais de um sólido é aplicada de maneira que contribui para uma aprendizagem significativa.

Deve-se considerar, contudo, que a presente pesquisa possui limitações, tais como a amostra pequena, em virtude do isolamento social, provocado pelo vírus COVID-19, além do mais houve a desistência de um dos alunos, o que resultou na observação de 4 (quatro) estudantes de turmas distintas, o que supõe a necessidade de outras pesquisas com um número maior de indivíduos para avaliar a possibilidade de replicar as metodologias aplicadas. Outro entrave está no fato de que, ao realizar a revisão sistemática para esta pesquisa, não encontrou-se nenhum trabalho que trate sobre experiências da aplicação da Realidade Virtual no ensino de Geometria Espacial no Brasil, enquanto que há 12 trabalhos envolvendo essa temática em outros países.

Pretende-se apresentar os resultados desta pesquisa nas formações regionais da Secretaria de Educação do Estado (SEDUC), considerando que existem atualmente encontros quinzenais com os professores de Matemática via *Google Meet*. Pretende-se ainda a publicação dos resultados desta pesquisa em periódicos específicos dessa área e posteriormente, a preparação de um projeto de doutorado para a ampliação da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ADAMOVICH, S. V.; GERARD G. F.; EUGENE T.; ALMA S. M. Sensorimotor training in virtual reality: A review. **PubMed**, v. 25, n. 1, p. 29-44, 2009. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19713617>. Acesso em: 26 abr. 2023.
- ALMEIDA, C. P. **Geometria Espacial**. 1. ed. Rio de Janeiro: G. Ermakoff Casa Editorial, 2018
- ALMEIDA, M. E. **Informática e formação de professores**. Secretaria de Educação a Distância. ProInfo - Brasília: Ministério da Educação, SEED, 2000.
- AMARAL-SCHIO, R. B. Livro Didático de Ensino Médio, Geometria e a Presença das Tecnologias. **RENOTE**, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 127–137, 2018. DOI: 10.22456/1679-1916.89217. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/89217>. Acesso em: 9 mai. 2023.
- BARBOSA, P. M. O estudo da Geometria. **Benjamin Constant**, n. 25, 2003. Disponível em: <http://revista.ibc.gov.br/index.php/BC/article/view/546>. Acesso em: 26 abr. 2023.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2011.
- BARROS, A. P. R. M. **Contribuições de um micromundo composto por recursos do geogebra e da coleção m³ para a aprendizagem do conceito de volume de pirâmide**. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2013. Disponível em: http://www1.rc.unesp.br/gpimem/downloads/dissertacoes/barros_aprm_fe_unicamp.pdf. Acesso em: 09 mai. 2023.
- BOALER, J. **Ver para entender: A importância da matemática visual para o cérebro e o aprendizado**. p. 1-22, 2018. Disponível em: <https://www.youcubed.org/pt-br/downloadable/ver-para-entender-pdf/>. Acesso em: 26 abri 2013.
- BOITO, P. **Minecraft: um aliado no processo de ensino e aprendizagem da Geometria Espacial**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Instituto de Ciências Exatas e Geociências, Universidade de Passo Fundo, 2018.
- BONJORNO, J. R.; GIOVANNY JÚNIOR, J. R. DE SOUSA, P. R. C. **Matemática Ensino Médio: Geometria**. 1. ed. São Paulo: Editora FTD, 2020
- BORSOI, C. **Geogebra 3D no Ensino Médio: Uma Possibilidade para a Aprendizagem da Geometria Espacial**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016.
- BOYER, C. B. **História da Matemática**. Tradução de Elza F. Gomide. São Paulo: Edgard Blucher, 1974.

- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wpcontent/uploads/2018/12/BNCC_14dez2018_site.pdf. Acesso em: 18 jul. 2023.
- BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2020]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 09 mai. 2023.
- CAIUSCA, A. **Geometria Espacial**. Educa mais Brasil, 2018. Disponível em: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/matematica/geometria-espacial>
- CAMARA, M. Un dispositif de recherche/formation sur les grandeurs dans le cadre de la coopération franco-brésilienne PRO-MATEMATICA. *In: Séminaire du Laboratoire de Didactique des Mathématiques*. Talk, 2000. Disponível em: http://www.numdam.org/item/?id=PSMIR_1999-2000__3_A9_0. Acesso em: 07 jun. 2023.
-
- CARDOSO, A.; LAUMONIER JÚNIOR, E. A Realidade Virtual na Educação e Treinamento. *In: SYMPOSIUM ON VIRTUAL REALITY*, 8., 2006, Belém. **Livro do Pré-Simpósio do VIII Symposium on Virtual Reality**, Porto Alegre: Editora SBC, 2006, p. 304 - 312. Disponível em: https://pcs.usp.br/interlab/wp-content/uploads/sites/21/2018/01/Fundamentos_e_Tecnologia_de_Realidade_Virtual_e_Aumentada-v22-11-06.pdf. Acesso em: 25 abr. 2023.
- CARVALHO, P. C. P. **Introdução à geometria espacial**. 3. ed. Rio de Janeiro: SBM, 2005.
- COZBY, P. C. **Métodos de pesquisa em ciências do comportamento**. São Paulo: Atlas, 2003.
- DA CONCEIÇÃO, F. D. C., DE ARAÚJO NETO, Z. C., VIANA, L. G. L., DE SANTANA RODRIGUES, L., & COELHO, S. M. L. **Uso de materiais didáticos manipuláveis no ensino e aprendizagem de geometria espacial**. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2019/TRABALHO_EV127_MD1_SA13_ID10797_14082019144725.pdf. Acesso em: 07 jun. 2023.
- DANTE, L. R. **Matemática: contexto & aplicações**. São Paulo: Editora Ática, v.2, 2016.
- DZIADZIO, J. R.; VAN KAN, M. T. **Percepções e relações da geometria espacial com o cotidiano dos alunos**. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2016/2016_artigo_mat_uepg_joseromildodziadzio.pdf. Acesso em: 07 jun. 2023.
- DE MARCHI, P.; HASHIMOTO M. Arquitetura e design. *In: TORI, R.; HOUNSELL, M.S. Introdução à Realidade Virtual e Aumentada*. Porto Alegre, RS: SBC, p. 357-377, 2018. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/livros/index.php/sbc/catalog/view/66/291/540-1>. Acesso em: 23 abr 2023.

DE SOUZA-LEÃO, A. L. M.; MOURA, B. M. Temos que pegar todos! - Discursos identitários sobre o consumo de Pokémon GO no Brasil. **Revista Brasileira de Marketing**, v.17, 2018, p. 895-913.

DEDÉ, C.; SALZMAN, M. C.; LOFTIN, R. B.; SPRAQUE, D. Multisensory immersion as a modeling environment for learning complex scientific concepts. *In*: FEURZEIG, W.; ROBERTS, N. **Modeling and simulation in science and mathematics education**. Springer, New York, 1999, p. 282-319. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4612-1414-4_12. Acesso em: 26 abr. 2023.

DEDÉ, C. J.; JACOBSON, J.; RICHARDS, J. Introduction: Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education. *In*: LIU, D.; DEDÉ, C.; HUANG, R.; RICHARDS, J. (Eds). **Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education**. Springer, p. 1-16, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-10-5490-7>. Acesso em: 26 abr. 2023.

DOLCE, O; POMPEO, J. N. Fundamentos de matemática elementar. **Geometria plana**, São Paulo: Editora Atual, 1993, v.9.

DUVAL, R. Registros de representação semiótica e funcionamento cognitivo do pensamento. **REVEMAT: Revista Eletrônica de Matemática**, 2012. Disponível em: <http://funes.uniandes.edu.co/25344/1/Duval2012Registros.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2023. .

ESPINHEIRA NETO, R. A. A. **Arquitetura Digital: A Realidade Virtual**, suas Aplicações e Possibilidades. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004.

EVES, H. **Introdução à História da Matemática**. Tradução de Hygino H. Domingues. São Paulo: Editora da Unicamp, 2011.

FETISSOV, A. I. **A Demonstração em Geometria**. São Paulo: Atual Editora. Coleção Matemática: Aprendendo e Ensinando, 1994.

FIALHO, A. B. **Realidade Virtual e Aumentada: Tecnologias para aplicações profissionais**. São Paulo: Saraiva, 2018.

GOERGEN, C. C. M.; NEHRING, C. M. A geometria espacial no período da república: 1889 à 1930. *In*: EGEM – ENCONTRO GAÚCHO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, Ijuí. **Educar na diversidade**. Caxias do Sul, 2006.

GRAVINA, M. A.; BASSO, M. V. de A. Mídias Digitais na Educação Matemática. *In*: GRAVINA, M. A. (Org.) **Matemática, mídias digitais e didática: tripé para formação de professores de matemática**. Porto Alegre: Evangraf, 2012, p. 11-35.

JACOBSON, L. **Realidade virtual em casa**. Rio de Janeiro: Berkeley, 1994.

JERALD, J. **The VR book: human-centered design for virtual reality**. San Rafael: Morgan & Claypool, 2015.

HAGUENAUER, C. J.; CUNHA, G. G.; CORDEIRO FILHO, F.; MONNERAT, M. C.; ALMEIDA, L. P.; LOHMANN, A. F. Virtual Museum Project: Building Virtual

Environments With Virtual Reality's Resources and Techniques. **Virtual Reality and Scientific Visualization Journal**, v. 1, n. 2, p. 1-13, 2008.

KIRNER, C.; SISCOOTTO, R.. Realidade virtual e aumentada: conceitos, projeto e aplicações. In: **Livro do IX Symposium on Virtual and Augmented Reality**, Petrópolis (RJ), Porto Alegre: SBC. 2007.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. Technical Report EBSE 2007-001, Keele University and Durham University Joint Report, 2007.

LAI, C.; MCMAHAN R. P.; KITAGAWA, M. K.; CONNOLLY I. Geometry Explorer: Facilitating Geometry Education with Virtual Reality. In: LACKEY S.; SHUMAKER R. (Eds). **Virtual, Augmented and Mixed Reality**. Springer: Cham, 2016, p. 115-127. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/304055328_Geometry_Explorer_Facilitating_Geometry_Education_with_Virtual_Reality. Acesso em: 26 abr. 2023

LAURILLARD, D. **Rethinking university teaching: A conversational framework for the effective use of learning technologies**. [s.l.] Routledge, 2002. Disponível em:

https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=KBc3T0aTM3UC&oi=fnd&pg=PP2&dq=LAURILLARD,+D.+Rethinking+university+teaching:+A+conversational+framework+for+the+effective+use+of+learning+technologies.+%5Bs.l.%5D+Routledge,+2002.&ots=2dYkN1oo3H&sig=KvwHehGFK2BD7oMsw1_Qmt_h-a4#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 26 abr 2023.

LECRER, O. P. V. G.; PAZUCH, V. O Ensino de Geometria Espacial: Um Panorama de Pesquisas por meio de uma Metassíntese. **RPEM**, Campo Mourão, PR, Brasil, v.9, n.20, p.38-61, nov.-dez. 2020. Disponível em:

<https://periodicos.unespar.edu.br/index.php/rpem/article/view/6258/4281>. Acesso em: 09 mai 2023.

LI, Y.; YANG, Y.; YAO, Z.; GUANGTAO, X. Virtual 3D environment for exploring the spatial ability of students. **Virtual Reality & Intelligent Hardware**, v.2, n.6, p. 556-568, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2096579620300929>. Acesso em: 25 abr 2023.

LIRA, F. F. S.; LIMA, J. S. C. **A inclusão da Realidade Virtual através do Google Cardboard como meio interdisciplinar de ensino e aprendizagem no município de Capitão Poço - PA**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Computação) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Capitão do Poço, 2019.

LORENZATO, Sergio. (Org.). **O Laboratório de Ensino de Matemática na Formação de Professores**. Campinas: Autores Associados, 2006.

LOUIS, T. TROCAZ. J.; ROCHET-CAPELÃ. A.; HOYEK, N. BERÁRD. F. When High Fidelity Matters: AR and VR Improve the Learning of a 3D Object. In: TORTORA, G; VITIELLO, G; WINCKLER, M. **Proceedings of the International Conference on Advanced Visual Interfaces**, 2020, p. 1-9. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3399715.3399815>. Acesso em: 26 abr 2023.

LU, F. ; YU, D. ; LIANG, H. Evaluating Engagement Level and Analytical Support of Interactive Visualizations in Virtual Reality Environments. *In: IEEE International Symposium On Mixed And Augmented Reality*, 2018, Munich, Germany. Anais. p. 143–152.

MALTEMPI, M. V. **Construção de Páginas Web: Depuração e Especificação de um Ambiente de Aprendizagem**. 2000. 197 f. Tese (Engenharia de Computação e Automação Industrial) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2000.

MARÇAL, E.; ANDRADE, R.; RIOS, R. Aprendizagem utilizando Dispositivos Móveis com Sistemas de Realidade Virtual. **RENOTE**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 1- 11, 2005. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/13824>. Acesso em: 28 ago. 2023.

MIGUEL, F. L. **A realidade sentida: a utilização de aplicações de realidade virtual em dispositivos móveis como estratégia pedagógica no 3º ciclo do ensino básico**. 2018. Dissertação (Mestrado em Utilização Pedagógica da TIC) – Instituto Politécnico de Leiria, Escola Superior de Educação e Ciências Sociais, 2018.

MIORIM, M. A. **O Ensino de Matemática: Evolução e Modernização**. 1995. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/MATEMATICA/Tese_Miorin.pdf. Acesso em: 09 mai. 2023.

MONZON, L. W.; BASSO, V. A. M. Prospecção de Pesquisas sobre o uso de Tecnologias Digitais para o Desenvolvimento do Pensamento Geométrico Espacial. **RENOTE**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, 2018. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/86031>. Acesso em: 9 mai. 2023.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise Textual Discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces**. *Ciência & Educação*, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.

NUNES, S. C. **As Dimensões de Papert e a Geometria Espacial: um estudo em laboratório de informática**. *In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ESTUDANTES DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA*, 2016, Curitiba. Anais. 2016.

PAPERT, S. **A Máquina das Crianças: repensando a escola na era da informática**. Tradução de Sandra Costa. Porto Alegre: Artmed, 2008.

PAPERT, S. **Logo: computadores e educação**. Tradução de José Armando Valente, Beatriz Bitelman e Afira Vianna Ripper. São Paulo: Editora Brasiliense, 1980. Disponível em: <https://docero.com.br/doc/ex580nv>. Acesso em: 26 abr. 2023.

PAVANELLO, R. M. **O Abandono do Ensino de Geometria: Uma Visão Histórica**. 1989. 201 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.

PAVANELLO, R. M. Por que ensinar/aprender geometria? *In: ENCONTRO PAULISTA DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA*, 7, 2004. São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: MR21, 2004. p.

1-6. Disponível em: http://www.cascavel.pr.gov.br/arquivos/14062012_curso__32_e_39_-_matematica_-_clecimara_medeiros.pdf. Acesso em: 26 abr. 2023.

PIMENTEL, K. **Virtual reality: through the new looking glass**. New York: McGraw-Hill, 1995.

RENÓFIO, C. **Algumas atividades e construções geométricas para o ensino de geometria aplicada ao ensino médio**. 85 f. 2020. Dissertação (Mestrado em Matemática) - Pós-Graduação em Matemática Profissional em Rede Nacional - PROFMAT, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2020.

RODRIGUES, G. P.; PORTO, C. de M. Realidade Virtual: conceitos, evolução, dispositivos e aplicações. **Interfaces Científicas - Educação**, [S. l.], v. 1, n. 3, p. 97–109, 2013. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/educacao/article/view/909>. Acesso em: 7 jun. 2023

SANTOS, J. T. G.; LIMA, J. F. S. Robótica Educacional e Construcionismo como proposta metodológica para o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem significativa.

RENOTE, v.16, n. 2, p. 596-605, 2018. Disponível em:

<https://www.seer.ufrgs.br/renote/article/view/89300/51538>. Acesso em: 26 abr 2023.

SANTOS, R. P.; WEBER, J. M. Realidade no Espaço Virtual: Micromundos no Ensino e Geometria. **Revista NUPEM**, Campo Mourão, v. 6, n. 10, p. 155-168, 2014

SCHÜTZ, C.; BARBIERI, D.; FERREIRA, I. F. **Planilhas eletrônicas como recurso no ensino de perímetros, áreas e volumes**. In: ENCONTRO NACIONAL PIBID

MATEMÁTICA. 2., 2014, Santa Maria. **Anais** [...]. Santa Maria: UFSM. 2014. p.1-14.

Disponível em:

http://w3.ufsm.br/ceem/eiemat/Anais/arquivos/ed_4/RE/RE_Schutz_Caroline.pdf. Acesso em: 28 ago. 2023.

SETTIMY, T. F. O. **Visualização em sala de aula utilizando recursos didáticos variados**. 2018. 132 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Pós-Graduação em Educação, Contextos Contemporâneos e Demandas Populares, Área de Concentração em Educação, Contextos Contemporâneos e Demandas Populares, Seropédica, RJ, 2018.

SETTIMY, T. F. O.; BAIRRAL, M. A. **Dificuldades envolvendo a visualização em geometria espacial**. *Vidya*, Santa Maria, v. 40, n. 1, p. 177-195, jan./jun. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.edu.br/index.php/VIDYA/article/view/3219>. Acesso em: 26 abr 2023.

SILVA, G. P. S. **Ensino de geometria espacial: uma abordagem investigativa**. 72 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2019.

SILVEIRA, J. A. Construcionismo e inovação pedagógica: uma visão crítica das concepções de Papert sobre o uso da tecnologia computacional na aprendizagem da criança. **Themis**. v. 10, n.1, p. 119-138, 2014. Disponível em:

<http://revistathemis.tjce.jus.br/index.php/THEMIS/article/view/87/85>. Acesso em: 26 abr 2023.

SOARES, F. S.; DASSIE, B. A.; DA ROCHA, J. L. Ensino de Matemática no Século XX: da Reforma Francisco Campos à Matemática Moderna. **Horizontes**, Bragança Paulista, v. 22, n. 1, p. 7-15, jan./jun. 2004. Disponível em: https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/1112/HORIZONTES_2004_SOARES_DASSIE_ROCHA.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 09 mai. 2023.

SOUSA, E. P.; MOURA, L. S. **Constructionism as an Epistemological Option in Courses of Youth Center for Science and Culture** – Bahia – Brazil. Rede Brasileira de Aprendizagem Criativa. 2018. Disponível em : https://www.aprendizagemcriativa.org/sites/default/files/2020-12/Constructionism_as_an_Epistemological_Option_in_Courses_of_Youth_Center_for_Science_and_Culture-Bahia-Brazil_0.pdf. Acesso em: 23 abr 2023.

SOUZA, D. C.; LIRA, A. S.; BARBOSA, F. E.; CASTRO, J. B. Tecnologias Digitais e Geometria Espacial: contribuições de uma formação de professores na perspectiva do ensino remoto. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 31. 2020, Online. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2020. p. 272-281.

STAKE, R. E. **Investigación con estudio de casos**. Madrid. 2. ed. Morata. 1999.

TORI, R.; QUEIROZ, A. C. M.; CORREIA, A. G. D. NETO, A.V. Educação. *In*: TORI, R.; HOUNSELL, M.S. **Introdução à Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre, RS: SBC, p. 400-421, 2018. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/livros/index.php/sbc/catalog/view/66/291/540-1>. Acesso em: 26 abr. 2023.

TORI, R.; KIRNER, C. Fundamentos de Realidade Virtual. *In*: TORY, R.; KIRNER, C.; SISCOUTT, R. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. SBC, Porto Alegre, p. 2-21, 2006.

TRINDADE, J. F.; FREIRE, J. Física, Química e Matemática. *In*: TORI, R.; HOUNSELL, M.S. **Introdução à Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre, RS: SBC, p. 400-421, 2018. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/livros/index.php/sbc/catalog/view/66/291/540-1>. Acesso em: 26 abr. 2023.

VALENTE, J. A. Diferentes usos do Computador na Educação. 2011. **Em aberto**, v. 12, n. 57, p. 3-16, 1993. Disponível em: <https://www.rbep.inep.gov.br/ojs3/index.php/emaberto/article/view/2187/1926>. Acesso em: 26 abr 2023

VALENTE, J. A. Informática na educação: conformar ou transformar a escola. **Perspectiva**, n. 24. Florianópolis, p. 41-49, 1995. Disponível em:- <https://periodicos.ufsc.br/index.php/perspectiva/article/view/10703/10207>. Acesso em: 20 abr. 2023.

VASCONCELOS, M. A diferenciação entre figuras geométricas não-planas e planas: o conhecimento dos alunos das séries iniciais do ensino fundamental e o ponto de vista dos professores. **Zetetiké**, Campinas, v.16, n. 2, p. 77-106, jul/dez. 2008. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/zetetike/article/view/8646892/13794>. Acesso em: 20 abr. 2023.

VERONA, V. A; LOPES, M. R. M. **Aplicação da Geometria Espacial em Ambientes Diversos**. Disponível em <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/2455-8.pdf>. Acesso em 09 mai 2023.

WU, L. J.; CHANG, K. E. Effect of embedding a cognitive diagnosis into the adaptive dynamic assessment of spatial geometry learning. **Interactive Learning Environments**, Taipei, v. 29, n. 16, p. 890-907, 2021. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10494820.2020.1815216>. Acesso em: 20 abri. 2023.

XAVIER, N.; JANA, T. A virtual environment dedicated to spatial geometry to help students to see better in space. *In*: CONGRESS OF THE EUROPEAN SOCIETY FOR RESEARCH IN MATHEMATICS EDUCATION, 11., 2020, Utrecht, **Anais [...]**, Utrecht University, 2020. p. 312 – 324.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Tradução de Daniel Grassi. Porto Alegre: Bookman, 2001.

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO DE SONDAGEM

QUESTIONÁRIO DE SONDAGEM

Este Questionário de Sondagem faz parte do Projeto de Pesquisa "A Contribuição da Realidade Virtual para o Ensino de Geometria Espacial" realizado no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Educacional (PPPGTE) da Universidade Federal do Ceará (UFC). Possui como pesquisadora a mestranda Caroline Gomes Ferreira, sob a orientação da Profa. Dra. Luciana de Lima.

Você, caro estudante, foi convidado para participar desta pesquisa que possui como objetivo geral analisar como ocorre a aprendizagem em Geometria Espacial dos alunos de Ensino Médio mediante aplicação de uma proposta metodológica pautada na construção de vídeos 3D voltada para o uso da Realidade Virtual.

Solicitamos, portanto, que responda livremente as seguintes informações, considerando-se que não haverá pontuação, e, portanto, não haverá certos ou errados. O importante é saber o que você compreende sobre cada assunto abordado:

1. Nome completo:

2. Série / Curso:

- 1º Administração
- 1º Agroindústria
- 1º Redes de Computadores

3. Idade:

4. Gênero:

- Masculino
- Feminino
- Outros

5. Que tipo de internet você utiliza para realizar suas atividades diárias?

- Paga - OI, VIVO, Multiplay, outras
- Paga - 3G ou 4G no celular – ilimitada

- Paga - 3G ou 4G no celular - ilimitada para alguns recursos
- Paga - 3G ou 4G no celular - totalmente limitada
- Paga - lan house
- Grátis - fornecida pelos lugares que frequento
- Grátis - fornecida pela escola
- Não tenho acesso à internet

6. Qual equipamento você utiliza com mais frequência para acessar a internet?

- Computador - PC, notebook, ultrabook
- Tablet
- Celular, smartphone

7. Com que frequência você utiliza a internet?

- 1 vez por mês
- 1 vez por semana
- 1 vez por dia
- 2 vezes por dia
- 3 vezes por dia
- 4 ou mais vezes por dia
- Não utilizo a internet

8. O que você costuma fazer quando utiliza a internet? Marque as três opções mais frequentes:

- Assistir vídeos
- Ouvir áudio – podcast
- Praticar jogos
- Ler notícias
- Fazer pesquisas
- Conversar com amigos
- Estudar
- Gravar vídeos
- Gravar áudio – podcast
- Escrever - no seu blog, no seu site
- Enviar fotos
- Ler/escrever e-mails

9. Quais espaços virtuais você geralmente utiliza para realizar suas atividades diárias? Marque as três opções mais frequentes.

- Whatsapp
- Sites
- Blogs
- Facebook
- Instagram
- SoundCloud
- Google Drive
- E-mail
- Twitter

10. Quais softwares você geralmente utiliza para desenvolver suas atividades da escola?

- Editor de texto
- Planilha eletrônica
- Slides
- Calculadora
- Formulário

Querido estudante, a partir de agora você responderá questionamentos muito importantes para esta pesquisa. Em virtude disso, solicitamos que NÃO sejam realizadas pesquisas na internet, livros ou outros. Nesse momento é importante aferirmos o seu conhecimento real, sem interferência de fontes de pesquisa.

11. O que é Geometria?

12. O que é Geometria Espacial?

13. Quais dos recursos didáticos abaixo você já utilizou nas aulas de Geometria Espacial?

- Sólidos geométricos tridimensionais trazidos pelo professor
- Sólidos geométricos construídos em sala de aula
- GeoGebra
- Realidade Virtual
- Realidade Aumentada

- Vídeos 3D
- Softwares / aplicativos
- Outros recursos
- Nenhum recurso

14. Caso tenha assinalado, na questão anterior, os itens "sólidos geométricos construídos em sala de aula", "softwares / aplicativos" e/ou "outros recursos", descreva abaixo quais foram os recursos utilizados:

15. O que é Face?

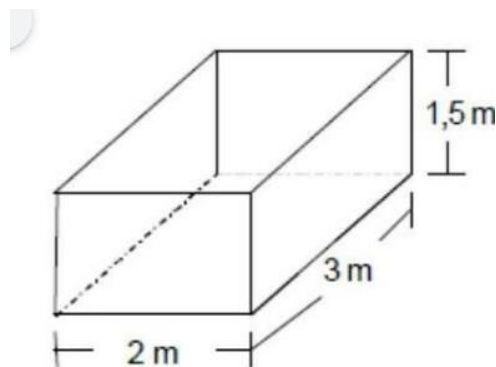
16. O que é Aresta?

17. O que é Vértice?

18. O que é Prisma?

19. Quais tipos de Prismas você conhece?

Os moradores de alguns bairros da cidade de Cariré, vez por outra, enfrentam escassez de água em suas residências. Mediante esta situação, Ana juntamente com dois vizinhos decidiram construir, juntos, uma caixa d'água, como forma de armazenar água para circunstâncias emergenciais. Ana e os vizinhos aproveitaram um dia de forte fluxo de água e deixaram sua caixa quase cheia. A caixa d'água está representada pela imagem a seguir:



20. Para celebrar a compra da caixa d'água e aproveitando as festividades do Natal, foi decidido entre Ana e seus vizinhos que seria comprado um "pisca-pisca" para enfeitar a caixa d'água. O

"pisca-pisca" deve passar ao redor da caixa, apenas uma vez, fazendo uma volta pelas suas faces laterais. Quantos cm de "pisca-pisca" deverão ser comprados para enfeitar a caixa d'água? (Insira a imagem contendo os cálculos realizados).

21. Ana e seus vizinhos decidiram que seria importante colocar azulejos na caixa d'água. Sendo assim, quantos metros seriam necessários para cobrir toda a área da caixa d'água com os azulejos, exceto o fundo da caixa? (Insira a imagem contendo os cálculos realizados):

22. Apesar do entusiasmo com a construção da caixa d'água não calcularam a sua capacidade total. Dessa forma, pediram auxílio ao filho de um dos vizinhos que cursava o Ensino Médio e já havia estudado como calcular o volume de sólidos. Determine o valor que representa a capacidade total da caixa (insira a imagem contendo os cálculos realizados):

23. O que é Realidade Virtual?

24. Você já utilizou óculos de Realidade Virtual?

25. Se SIM, como foi a sua experiência?

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO FINAL

QUESTIONÁRIO FINAL

Este Questionário de avaliação faz parte do Projeto de Pesquisa "A Contribuição da Realidade Virtual para o Ensino de Geometria Espacial" realizado no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Educacional (PPPGTE) da Universidade Federal do Ceará (UFC). Possui como pesquisadora a mestranda Caroline Gomes Ferreira, sob a orientação da Profa. Dra. Luciana de Lima.

Você, caro estudante, foi convidado para participar desta pesquisa que possui como objetivo geral analisar como ocorre a aprendizagem em Geometria Espacial dos alunos de Ensino Médio mediante aplicação de uma proposta metodológica pautada na construção de vídeos 3D voltada para o uso da Realidade Virtual.

Solicitamos, portanto, que responda livremente as seguintes informações, considerando-se que não haverá pontuação, e, portanto, não haverá certos ou errados. O importante é saber o que você compreende sobre cada assunto abordado:

1. Nome completo:

2. Série / Curso:

- 1º Administração
- 1º Agroindústria
- 1º Redes de Computadores

3. Idade:

4. Gênero:

- Masculino
- Feminino
- Outros

Querido estudante, a partir de agora você responderá questionamentos muito importantes para esta pesquisa. Em virtude disso, solicitamos que NÃO sejam realizadas pesquisas na internet,

livros ou outros. Nesse momento é importante aferirmos o seu conhecimento real, sem interferência de fontes de pesquisa.

5. O que é Geometria?

6. O que é Geometria Espacial?

7. O que é Face?

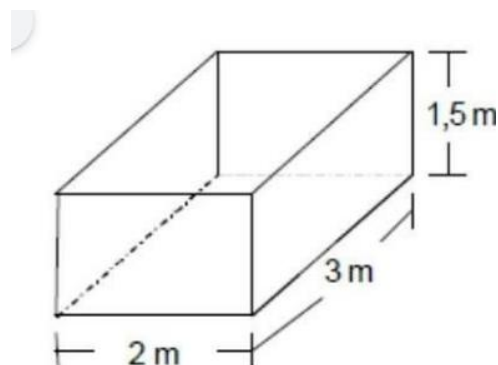
8. O que é Aresta?

9. O que é Vértice?

10. O que é Prisma?

11. Quais tipos de Prismas você conhece?

Os moradores de alguns bairros da cidade de Cariré, vez por outra, enfrentam escassez de água em suas residências. Mediante esta situação, Ana juntamente com dois vizinhos decidiram construir, juntos, uma caixa d'água, como forma de armazenar água para circunstâncias emergenciais. Ana e os vizinhos aproveitaram um dia de forte fluxo de água e deixaram sua caixa quase cheia. A caixa d'água está representada pela imagem a seguir:



12. Para celebrar a compra da caixa d'água e aproveitando as festividades do Natal, foi decidido entre Ana e seus vizinhos que seria comprado um "pisca-pisca" para enfeitar a caixa d'água. O "pisca-pisca" deve passar ao redor da caixa, apenas uma vez, fazendo uma volta pelas suas faces

laterais. Quantos cm de "pisca-pisca" deverão ser comprados para enfeitar a caixa d'água? (Insira a imagem contendo os cálculos realizados).

13. Ana e seus vizinhos decidiram que seria importante colocar azulejos na caixa d'água. Sendo assim, quantos metros seriam necessários para cobrir toda a área da caixa d'água com os azulejos, exceto o fundo da caixa? (Insira a imagem contendo os cálculos realizados):

14. Apesar do entusiasmo com a construção da caixa d'água não calcularam a sua capacidade total. Dessa forma, pediram auxílio ao filho de um dos vizinhos que cursava o Ensino Médio e já havia estudado como calcular o volume de sólidos. Determine o valor que representa a capacidade total da caixa (insira a imagem contendo os cálculos realizados):

15. O que é Realidade Virtual?

16. Como você considera o seu nível de conhecimento numa escala de 1 a 5 sobre Geometria Espacial, após a pesquisa?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

APÊNDICE C - MODELO DE PROTOCOLO

MODELO DE PROTOCOLO

1. Visão Geral do Projeto

Diante de uma proposta metodológica pautada no Construcionismo, aplicada com 5 (cinco) estudantes do 1º ano da Escola X, localizada na cidade de Cariré - Ceará, pretende-se:

- Verificar quais são os conhecimentos prévios que os 5 estudantes da Escola X, matriculados no 1º ano do Ensino Médio apresentam sobre Geometria Espacial;
- Analisar de que forma os 5 estudantes transformam a compreensão sobre a Geometria Espacial a partir do desenvolvimento de vídeos 3D com base em uma metodologia construcionista utilizando a Realidade Virtual;
- Descrever como o desenvolvimento de vídeos 3D em um contexto construcionista influencia a compreensão que os 5 estudantes apresentam sobre Geometria Espacial a partir da relação que estabelecem com a prática da Realidade Virtual, do uso de ferramentas tecnológicas e da experiência com o Construcionismo;
- Verificar como os 5 estudantes compreendem a Geometria Espacial após o desenvolvimento de vídeos 3D em contexto construcionista;
- Comparar os resultados obtidos a partir da captação dos conhecimentos prévios, da criação dos vídeos 3D e da captação dos conhecimentos a posteriori dos estudantes, a fim de compreender as similaridades e diferenças conceituais que possam evidenciar elementos de transformação conceitual.

2. Objetivos

Elencar quais são os objetivos a serem alcançados com a aplicação desta etapa da pesquisa.

3. Atividades

Elencar todas as atividades a serem realizadas, desde a organização dos materiais e recursos necessários para a aplicação até as tarefas que deverão ser executadas durante a coleta.

APÊNDICE D - PROTOCOLO 1

PROTOCOLO 1 - CONHECIMENTOS PRÉVIOS: QUESTIONÁRIO DE SONDAAGEM

1. Visão Geral do Projeto

Diante de uma proposta metodológica pautada no Construcionismo, aplicada com 5 (cinco) estudantes do 1º ano da Escola X, localizada na cidade de Cariré - Ceará, pretende-se:

- Verificar quais são os conhecimentos prévios que os 5 estudantes da Escola X, matriculados no 1º ano do Ensino Médio apresentam sobre Geometria Espacial;
- Analisar de que forma os 5 estudantes transformam a compreensão sobre a Geometria Espacial a partir do desenvolvimento de vídeos 3D com base em uma metodologia construcionista utilizando a Realidade Virtual;
- Descrever como o desenvolvimento de vídeos 3D em um contexto construcionista influencia a compreensão que os 5 estudantes apresentam sobre Geometria Espacial a partir da relação que estabelecem com a prática da Realidade Virtual, do uso de ferramentas tecnológicas e da experiência com o Construcionismo;
- Verificar como os 5 estudantes compreendem a Geometria Espacial após o desenvolvimento de vídeos 3D em contexto construcionista;
- Comparar os resultados obtidos a partir da captação dos conhecimentos prévios, da criação dos vídeos 3D e da captação dos conhecimentos a posteriori dos estudantes, a fim de compreender as similaridades e diferenças conceituais que possam evidenciar elementos de transformação conceitual.

2. Objetivos

- Conhecer as condições de acesso dos estudantes a internet e aos espaços de interação virtuais;
- Identificar quais os softwares utilizados pelos estudantes para o desenvolvimento de suas atividades escolares;
- Verificar quais os conceitos que os estudantes possuem sobre Geometria e Geometria Espacial;
- Identificar quais recursos didáticos já utilizados para o estudo de Geometria Espacial;
- Verificar o conhecimento dos estudantes sobre Faces, Arestas e Vértices;
- Verificar o conhecimento dos estudantes a respeito dos Prismas;

- Verificar a aprendizagem dos estudantes sobre cálculos de perímetro, área e volume de um prisma, por meio da resolução de situações-problema;
- Identificar quais os conceitos que os estudantes possuem sobre Realidade Virtual;
- Verificar se os estudantes já fizeram uso de óculos de Realidade Virtual.

3. Atividades

- Preparar o questionário no Google Drive;
- Organizar o Laboratório de Informática;
- Aplicar o questionário com os 5 estudantes selecionados no Laboratório de Informática no primeiro encontro presencial;
- Tabular os dados contextuais e armazenar em tabela;
- Tabular os dados qualitativos para proceder com Análise Textual Discursiva;
- Preparar tabela com as etapas da Análise, colocando na aba 1 os dados brutos com os respectivos códigos dos alunos.

APÊNDICE E - PROTOCOLO 2

PROTOCOLO 2 - AULA CONCEITUAL

1. Visão Geral do Projeto

Diante de uma proposta metodológica pautada no Construcionismo, aplicada com 5 (cinco) estudantes do 1º ano da Escola X, pretende-se:

- Verificar quais são os conhecimentos prévios que os 5 estudantes da Escola X, matriculados no 1º ano do Ensino Médio apresentam sobre Geometria Espacial;
- Analisar de que forma os 5 estudantes transformam a compreensão sobre a Geometria Espacial a partir do desenvolvimento de vídeos 3D com base em uma metodologia construcionista utilizando a Realidade Virtual;
- Descrever como o desenvolvimento de vídeos 3D em um contexto construcionista influencia a compreensão que os 5 estudantes apresentam sobre Geometria Espacial a partir da relação que estabelecem com a prática da Realidade Virtual, do uso de ferramentas tecnológicas e da experiência com o Construcionismo;
- Verificar como os 5 estudantes compreendem a Geometria Espacial após o desenvolvimento de vídeos 3D em contexto construcionista;
- Comparar os resultados obtidos a partir da captação dos conhecimentos prévios, da criação dos vídeos 3D e da captação dos conhecimentos a posteriori dos estudantes, a fim de compreender as similaridades e diferenças conceituais que possam evidenciar elementos de transformação conceitual.

2. Objetivos

- Instigar o conhecimento dos estudantes sobre Geometria Espacial;
- Realizar questionamentos sobre os conceitos que os estudantes possuem sobre sólidos geométricos;
- Estabelecer, junto aos alunos, conceitos sobre os sólidos geométricos;
- Realizar questionamentos sobre os conceitos que os estudantes possuem sobre faces, arestas e vértices;
- Estabelecer, junto aos alunos, conceitos sobre faces, arestas e vértices;
- Realizar questionamentos sobre os conceitos que os estudantes possuem sobre os poliedros;
- Estabelecer, junto aos alunos, conceitos sobre os poliedros;

- Realizar questionamentos sobre os conceitos que os estudantes possuem sobre os prismas;
- Estabelecer, junto aos alunos, conceitos sobre os prismas.

3. Atividades

- Preparar o slide para exposição;
- Coletar as percepções expostas de maneira oral pelos estudantes;
- Tabular os dados contextuais e armazenar em tabela;
- Tabular os dados qualitativos para proceder com Análise Textual Discursiva;
- Preparar tabela com as etapas da Análise, colocando na aba 1 os dados brutos com os respectivos códigos dos alunos.

APÊNDICE F - PROTOCOLO 3

PROTOCOLO 3 - ESTUDO SOBRE O *BLENDER*

1. Visão Geral do Projeto

Diante de uma proposta metodológica pautada no Construcionismo, aplicada com 4 (cinco) estudantes do 1º ano da Escola X, pretende-se:

- Verificar quais são os conhecimentos prévios que os 5 estudantes da Escola X, matriculados no 1º ano do Ensino Médio apresentam sobre Geometria Espacial;
- Analisar de que forma os 4 estudantes transformam a compreensão sobre a Geometria Espacial a partir do desenvolvimento de vídeos 3D com base em uma metodologia construcionista utilizando a Realidade Virtual;
- Descrever como o desenvolvimento de vídeos 3D em um contexto construcionista influencia a compreensão que os 4 estudantes apresentam sobre Geometria Espacial a partir da relação que estabelecem com a prática da Realidade Virtual, do uso de ferramentas tecnológicas e da experiência com o Construcionismo;
- Verificar como os 4 estudantes compreendem a Geometria Espacial após o desenvolvimento de vídeos 3D em contexto construcionista;
- Comparar os resultados obtidos a partir da captação dos conhecimentos prévios, da criação dos vídeos 3D e da captação dos conhecimentos a posteriori dos estudantes, a fim de compreender as similaridades e diferenças conceituais que possam evidenciar elementos de transformação conceitual.

2. Objetivos

- Conhecer o ambiente do software *Blender*;
- Conhecer as principais funções do *Blender*;
- Conhecer os principais atalhos do *Blender*;
- Traçar linhas e figuras planas no *Blender*.

3. Atividades

- Instalar o software *Blender* nos computadores do Laboratório de Informática;
- Preparar a sequência didática para utilização do *Blender*;
- Gravar a aula em um dispositivo móvel;
- Coletar as percepções expostas de maneira oral pelos estudantes;

- Tabular os dados qualitativos para proceder com Análise Textual Discursiva;
- Preparar tabela com as etapas da Análise, colocando na aba 1 os dados brutos com os respectivos códigos dos alunos.

APÊNDICE G - PROTOCOLO 4

PROTOCOLO 4 - CONSTRUÇÃO DE PRISMAS NO *BLENDER*

1. Visão Geral do Projeto

Diante de uma proposta metodológica pautada no Construcionismo, aplicada com 5 (cinco) estudantes do 1º ano da Escola X, localizada na cidade de Cariré - Ceará, pretende-se:

- Verificar quais são os conhecimentos prévios que os 5 estudantes da Escola X, matriculados no 1º ano do Ensino Médio apresentam sobre Geometria Espacial;
- Analisar de que forma os 5 estudantes transformam a compreensão sobre a Geometria Espacial a partir do desenvolvimento de vídeos 3D com base em uma metodologia construcionista utilizando a Realidade Virtual;
- Descrever como o desenvolvimento de vídeos 3D em um contexto construcionista influencia a compreensão que os 5 estudantes apresentam sobre Geometria Espacial a partir da relação que estabelecem com a prática da Realidade Virtual, do uso de ferramentas tecnológicas e da experiência com o Construcionismo;
- Verificar como os 5 estudantes compreendem a Geometria Espacial após o desenvolvimento de vídeos 3D em contexto construcionista;
- Comparar os resultados obtidos a partir da captação dos conhecimentos prévios, da criação dos vídeos 3D e da captação dos conhecimentos a posteriori dos estudantes, a fim de compreender as similaridades e diferenças conceituais que possam evidenciar elementos de transformação conceitual.

2. Objetivos

- Construir prismas no *Blender*;
- Conhecer funções que permitem ilustrar os prismas construídos;
- Conhecer funções que permitem melhor visualização dos prismas construídos;
- Construir prismas de diferentes tipos.

3. Atividades

- Verificar os computadores do Laboratório de Informática;
- Preparar a sequência didática para Construção de prismas no *Blender*;
- Gravar a aula em um dispositivo móvel;

- Solicitar que os alunos façam uma pesquisa sobre perímetro, área e volume de um sólido, para o estudo na próxima aula;
- Coletar capturas de tela contendo as imagens dos prismas construídos pelos estudantes;
- Coletar as percepções expostas de maneira oral pelos estudantes;
- Tabular os dados contextuais e armazenar em tabela;
- Tabular os dados qualitativos para proceder com Análise Textual Discursiva;
- Preparar tabela com as etapas da Análise, colocando na aba 1 os dados brutos com os respectivos códigos dos alunos.

APÊNDICE H - PROTOCOLO 5

PROTOCOLO 5 - ESTUDO SOBRE PERÍMETRO, ÁREA E VOLUME

1. Visão Geral do Projeto

Diante de uma proposta metodológica pautada no Construcionismo, aplicada com 5 (cinco) estudantes do 1º ano da Escola X, localizada na cidade de Cariré - Ceará, pretende-se:

- Verificar quais são os conhecimentos prévios que os 5 estudantes da Escola X, matriculados no 1º ano do Ensino Médio apresentam sobre Geometria Espacial;
- Analisar de que forma os 5 estudantes transformam a compreensão sobre a Geometria Espacial a partir do desenvolvimento de vídeos 3D com base em uma metodologia construcionista utilizando a Realidade Virtual;
- Descrever como o desenvolvimento de vídeos 3D em um contexto construcionista influencia a compreensão que os 5 estudantes apresentam sobre Geometria Espacial a partir da relação que estabelecem com a prática da Realidade Virtual, do uso de ferramentas tecnológicas e da experiência com o Construcionismo;
- Verificar como os 5 estudantes compreendem a Geometria Espacial após o desenvolvimento de vídeos 3D em contexto construcionista;
- Comparar os resultados obtidos a partir da captação dos conhecimentos prévios, da criação dos vídeos 3D e da captação dos conhecimentos a posteriori dos estudantes, a fim de compreender as similaridades e diferenças conceituais que possam evidenciar elementos de transformação conceitual.

2. Objetivos

- Realizar questionamentos sobre os conceitos que os estudantes possuem sobre perímetro;
- Estabelecer, junto aos alunos, conceitos sobre perímetro;
- Realizar questionamentos sobre os conceitos que os estudantes possuem sobre áreas;
- Estabelecer, junto aos alunos, conceitos sobre áreas;
- Realizar questionamentos sobre os conceitos que os estudantes possuem sobre volume;
- Estabelecer, junto aos alunos, conceitos sobre volume.

3. Atividades

- Preparar o slide para exposição;

- Preparar a sequência didática para o estudo sobre perímetro, área e volume de um prisma;
- Gravar a aula em um dispositivo móvel;
- Coletar as percepções expostas de maneira oral pelos estudantes;
- Tabular os dados contextuais e armazenar em tabela;
- Tabular os dados qualitativos para proceder com Análise Textual Discursiva;
- Preparar tabela com as etapas da Análise, colocando na aba 1 os dados brutos com os respectivos códigos dos alunos.

APÊNDICE I - PROTOCOLO 6

PROTOCOLO 6 - CÁLCULO DE PERÍMETRO, ÁREA E VOLUME

1. Visão Geral do Projeto

Diante de uma proposta metodológica pautada no Construcionismo, aplicada com 5 (cinco) estudantes do 1º ano da Escola X, localizada na cidade de Cariré - Ceará, pretende-se:

- Verificar quais são os conhecimentos prévios que os 5 estudantes da Escola X, matriculados no 1º ano do Ensino Médio apresentam sobre Geometria Espacial;
- Analisar de que forma os 5 estudantes transformam a compreensão sobre a Geometria Espacial a partir do desenvolvimento de vídeos 3D com base em uma metodologia construcionista utilizando a Realidade Virtual;
- Descrever como o desenvolvimento de vídeos 3D em um contexto construcionista influencia a compreensão que os 5 estudantes apresentam sobre Geometria Espacial a partir da relação que estabelecem com a prática da Realidade Virtual, do uso de ferramentas tecnológicas e da experiência com o Construcionismo;
- Verificar como os 5 estudantes compreendem a Geometria Espacial após o desenvolvimento de vídeos 3D em contexto construcionista;
- Comparar os resultados obtidos a partir da captação dos conhecimentos prévios, da criação dos vídeos 3D e da captação dos conhecimentos a posteriori dos estudantes, a fim de compreender as similaridades e diferenças conceituais que possam evidenciar elementos de transformação conceitual.

2. Objetivos

- Resolver com mais facilidade os cálculos de perímetro, área e volume mediante a visualização completa dos sólidos construídos no software *Blender*;
- Efetuar cálculos de perímetro nos prismas construídos no *Blender*;
- Efetuar cálculos de área nos prismas construídos no *Blender*;
- Efetuar cálculos de volume dos prismas construídos no *Blender*;

3. Atividades

- Verificar os computadores do Laboratório de Informática;
- Coletar as percepções expostas de maneira oral pelos estudantes;
- Coletar os cálculos efetuados pelos estudantes;

- Tabular os dados contextuais e armazenar em tabela;
- Tabular os dados qualitativos para proceder com Análise Textual Discursiva;
- Preparar tabela com as etapas da Análise, colocando na aba 1 os dados brutos com os respectivos códigos dos alunos.

APÊNDICE J - PROTOCOLO 7

PROTOCOLO 7 - CRIAÇÃO DE PROBLEMA E VÍDEO 3D NO *BLENDER*

1. Visão Geral do Projeto

Diante de uma proposta metodológica pautada no Construcionismo, aplicada com 5 (cinco) estudantes do 1º ano da Escola X, localizada na cidade de Cariré - Ceará, pretende-se:

- Verificar quais são os conhecimentos prévios que os 5 estudantes da Escola X, matriculados no 1º ano do Ensino Médio apresentam sobre Geometria Espacial;
- Analisar de que forma os 5 estudantes transformam a compreensão sobre a Geometria Espacial a partir do desenvolvimento de vídeos 3D com base em uma metodologia construcionista utilizando a Realidade Virtual;
- Descrever como o desenvolvimento de vídeos 3D em um contexto construcionista influencia a compreensão que os 5 estudantes apresentam sobre Geometria Espacial a partir da relação que estabelecem com a prática da Realidade Virtual, do uso de ferramentas tecnológicas e da experiência com o Construcionismo;
- Verificar como os 5 estudantes compreendem a Geometria Espacial após o desenvolvimento de vídeos 3D em contexto construcionista;
- Comparar os resultados obtidos a partir da captação dos conhecimentos prévios, da criação dos vídeos 3D e da captação dos conhecimentos a posteriori dos estudantes, a fim de compreender as similaridades e diferenças conceituais que possam evidenciar elementos de transformação conceitual.

2. Objetivos

- Criar problemas matemáticos sobre cálculos de perímetro dos prismas;
- Criar problemas matemáticos sobre cálculos de área dos prismas;
- Criar problemas matemáticos sobre cálculos de volume dos prismas;
- Criar vídeos 3D utilizando os problemas matemáticos previamente criados sobre cálculos de perímetro dos prismas;
- Criar vídeos 3D utilizando os problemas matemáticos previamente criados sobre cálculos de área dos prismas;
- Criar vídeos 3D utilizando os problemas matemáticos previamente criados sobre cálculos de volume dos prismas.

3. **Atividades**

- Verificar os computadores do Laboratório de Informática;
- Coletar os problemas criados pelos estudantes;
- Coletar os vídeos criados pelos estudantes;
- Coletar as percepções expostas de maneira oral pelos estudantes;
- Solicitar aos alunos que tragam celular na próxima aula;
- Tabular os dados contextuais e armazenar em tabela;
- Tabular os dados qualitativos para proceder com Análise Textual Discursiva;
- Preparar tabela com as etapas da Análise, colocando na aba 1 os dados brutos com os respectivos códigos dos alunos.

APÊNDICE K - PROTOCOLO 8

PROTOCOLO 8 - VISUALIZAÇÃO DE VÍDEOS NO ÓCULOS 3D

1. Visão Geral do Projeto

Diante de uma proposta metodológica pautada no Construcionismo, aplicada com 5 (cinco) estudantes do 1º ano da Escola X, localizada na cidade de Cariré - Ceará, pretende-se:

- Verificar quais são os conhecimentos prévios que os 5 estudantes da Escola X, matriculados no 1º ano do Ensino Médio apresentam sobre Geometria Espacial;
- Analisar de que forma os 5 estudantes transformam a compreensão sobre a Geometria Espacial a partir do desenvolvimento de vídeos 3D com base em uma metodologia construcionista utilizando a Realidade Virtual;
- Descrever como o desenvolvimento de vídeos 3D em um contexto construcionista influencia a compreensão que os 5 estudantes apresentam sobre Geometria Espacial a partir da relação que estabelecem com a prática da Realidade Virtual, do uso de ferramentas tecnológicas e da experiência com o Construcionismo;
- Verificar como os 5 estudantes compreendem a Geometria Espacial após o desenvolvimento de vídeos 3D em contexto construcionista;
- Comparar os resultados obtidos a partir da captação dos conhecimentos prévios, da criação dos vídeos 3D e da captação dos conhecimentos a posteriori dos estudantes, a fim de compreender as similaridades e diferenças conceituais que possam evidenciar elementos de transformação conceitual.

2. Objetivos

- Visualizar vídeos 3D no aplicativo Cardboard;
- Obter visualização completa dos prismas mediante a visualização dos vídeos.

3. Atividades

- Instalar o aplicativo Cardboard no celular dos estudantes;
- Importar os vídeos criados para o aplicativo Cardboard;
- Conectar o óculos 3D ao aplicativo;
- Visualizar os vídeos 3D através do óculos;
- Coletar as percepções expostas de maneira oral pelos estudantes;
- Tabular os dados contextuais e armazenar em tabela;

- Tabular os dados qualitativos para proceder com Análise Textual Discursiva;
- Preparar tabela com as etapas da Análise, colocando na aba 1 os dados brutos com os respectivos códigos dos alunos.

APÊNDICE L - PROTOCOLO 9

PROTOCOLO 9 - CONHECIMENTOS A *POSTERIORI* (QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO)

1. Visão Geral do Projeto

Diante de uma proposta metodológica pautada no Construcionismo, aplicada com 5 (cinco) estudantes do 1º ano da Escola X localizada na cidade de Cariré - Ceará, pretende-se:

- Verificar quais são os conhecimentos prévios que os 5 estudantes da Escola X, matriculados no 1º ano do Ensino Médio apresentam sobre Geometria Espacial;
- Analisar de que forma os 5 estudantes transformam a compreensão sobre a Geometria Espacial a partir do desenvolvimento de vídeos 3D com base em uma metodologia construcionista utilizando a Realidade Virtual;
- Descrever como o desenvolvimento de vídeos 3D em um contexto construcionista influencia a compreensão que os 5 estudantes apresentam sobre Geometria Espacial a partir da relação que estabelecem com a prática da Realidade Virtual, do uso de ferramentas tecnológicas e da experiência com o Construcionismo;
- Verificar como os 5 estudantes compreendem a Geometria Espacial após o desenvolvimento de vídeos 3D em contexto construcionista;
- Comparar os resultados obtidos a partir da captação dos conhecimentos prévios, da criação dos vídeos 3D e da captação dos conhecimentos a posteriori dos estudantes, a fim de compreender as similaridades e diferenças conceituais que possam evidenciar elementos de transformação conceitual.

2. Objetivos

- Verificar o conhecimento dos estudantes sobre Faces, Arestas e Vértices;
- Verificar o conhecimento dos estudantes a respeito dos Prismas;
- Verificar a aprendizagem dos estudantes sobre cálculos de perímetro, área e volume de um prisma, por meio da resolução de situações-problema;
- Identificar quais as percepções dos estudantes sobre o uso da Realidade Virtual na aprendizagem;
- Verificar quais as percepções dos estudantes sobre o uso do óculos de Realidade Virtual na aprendizagem.

3. Atividades

- Preparar o questionário no Google Drive;
- Verificar os computadores do Laboratório de Informática;
- Aplicar o questionário com os 5 estudantes selecionados no Laboratório de Informática no primeiro encontro presencial;
- Tabular os dados contextuais e armazenar em tabela;
- Tabular os dados qualitativos para proceder com Análise Textual Discursiva;
- Preparar tabela com as etapas da Análise, colocando na aba 1 os dados brutos com os respectivos códigos dos alunos.

APÊNDICE M - MODELO DE RELATÓRIO

1. Participantes

(Todos os indivíduos participantes da pesquisa.)

2. Atividades

(Descrever todas as tarefas realizadas durante a coleta de dados)

3. Observações

(Relatar constatações significativas e proferidas pelos participantes durante o momento da coleta)

4. Inferências

(Relatar percepções obtidas durante a coleta de dados)

APÊNDICE N - RELATÓRIOS

RELATÓRIO 1 - CONHECIMENTOS PRÉVIOS (QUESTIONÁRIO DE SONDAAGEM)

1. Participantes

- 5 estudantes do 1º ano do Ensino Médio da Escola X.

2. Atividades

- Explicar aos estudantes sobre a dinâmica da pesquisa e o cronograma previsto;
- Aplicar o questionário de sondagem aos alunos.

3. Observações

- Todos os estudantes são do 1º ano do Ensino Médio, porém de cursos técnicos distintos;
- 4 estudantes possuem 16 anos e 1 possui 15 anos;
- 3 estudantes são do sexo masculino e 2 do sexo feminino;
- 2 estudantes utilizam internet paga (Oi, VIVO, Multiplay ou outras), 2 utilizam Wifi e 1 utiliza banda larga;
- 4 estudantes afirmaram que o celular é o equipamento mais utilizado para acessar a internet e 1 estudou assinalou a opção tablet;
- 4 alunos disseram que acessam a internet 4 ou mais vezes por dia e apenas 1 afirmou que utiliza 2 vezes por dia;
- 5 estudantes afirmaram que usam a internet para conversar com os amigos, 3 disseram utilizar para estudar, 2 para praticar jogos, 2 para fazer pesquisas e 1 para assistir vídeos;
- 4 alunos informaram que utilizam o Instagram para realizar suas atividades diárias; 3 usam o WhatsApp, 2 utilizam o e-mail e 1 afirmou que utiliza sites, Facebook, Google Drive ou Google Meet. Nenhum, entre os 5 estudantes, afirmou utilizar Blogs, Soudcloud e Twitter;
- 3 estudantes afirmaram que usam editor de texto para realizar suas atividades escolares, 3 utilizam formulário e 1 utiliza slide. Nenhum, entre os 5 estudantes, afirmou utilizar calculadora e planilha eletrônica;
- 2 estudantes afirmaram que Geometria são sólidos/objetos geométricos, 1 estudante afirmou que é o estudo dos planos, 1 aluno citou que é o estudo de formas e 1 aluno afirmou que não sabe.
- 1 estudante afirmou que Geometria Espacial estuda o local, 1 estudante citou que é a análise de objetos em uma visão mais dinâmica e 3 alunos afirmaram que não sabem;

- 4 estudantes citaram que não utilizaram nenhum recurso nas aulas de Geometria Espacial, 1 estudante afirmou que utilizou sólidos tridimensionais;
- O estudante que citou ter utilizado sólidos geométricos nas aulas de Geometria Espacial, informou que os recursos utilizados foram faces, arestas e vértices. Os demais não utilizaram nenhum recurso;
- 1 dos estudantes afirmou que faces são as laterais, 3 alunos citaram que é o lado de um sólido geométrico e 1 informou que não sabe a respeito;
- 3 estudantes afirmam que aresta é a linha dos objetos, 1 citou que é o que liga as faces e os vértice do sólido e 1 informou que não sabe;
- 1 aluno afirma que vértices são pontos que ligam arestas, 1 aluno afirma que são pontos de um objeto, 1 aluno citou que são os “cantinhos” do objeto, 1 estudante afirmou que é cada ponta de uma figura e 1 informou que não sabia;
- 3 estudantes afirmam que não sabem o que é prisma, 1 citou que é sólido geométrico e 1 afirma que é uma figura geométrica que apresenta faces, arestas e vértices;
- 1 aluno afirma os tipos de prismas que conhecem são prismas de base hexagonal, triangular, pentagonal, triangular, heptagonal, como também pirâmides, paralelepípedos, esfera e cubo. 1 estudante citou que conhece apenas prisma quadrangular. 3 alunos afirmam que não recordam os nomes dos tipos de prismas.

4. Inferências

- 2 entre os 5 alunos possuem dificuldade de acesso ao computador;
- Entre os 5 estudantes 4 apresentam conhecimento quase nulo sobre Geometria Espacial;
- 1 estudante demonstra ter boas noções de Geometria Espacial;
- 1 aluno demonstrou ideias de que não tem conhecimento sobre os conceitos básicos de geometria;
- Os 5 estudantes demonstram que prisma é um sólido geométrico qualquer;
- Os 5 estudantes não conseguem resolver cálculos de perímetro, área e volume de um prisma.

RELATÓRIO 2 - AULA CONCEITUAL

1. Participantes

- 5 estudantes do 1º ano do Ensino Médio da Escola X.

2. Atividades

- Propor situações-problema que estimulem a reflexão do estudante sobre os conceitos de sólidos geométricos, faces, arestas, vértices, poliedros e prismas;
- Realizar questionamentos sobre os conceitos que os estudantes possuem sobre sólidos geométricos, faces, arestas, vértices, poliedros e prismas;
- Estabelecer, junto aos alunos, conceitos sobre sólidos geométricos, faces, arestas, vértices, poliedros e prismas.

3. Observações

- Foram apresentadas algumas imagens de sólidos geométricos para que os estudantes identificassem as partes de um sólido;
- Foram utilizadas algumas situações-problema contidas no questionário de sondagem como forma de instigar a reflexão dos alunos sobre sólidos geométricos;
- Foi proposto aos estudantes após estas demonstrações para que estes citassem palavras que representavam o sentido / significado de sólidos geométricos, faces, arestas, vértices, poliedros e prismas;
- A partir das contribuições dos estudantes, foram construídos os conceitos de sólidos geométricos, faces, arestas, vértices, poliedros e prismas.

4. Inferências

- O aluno A2 Neto demonstra boa base de conhecimentos sobre sólidos geométricos, faces, arestas, vértices, poliedros e prismas. Apesar de “escorregar” em alguns conceitos mais específicos como os tipos de poliedro, conhece os principais conteúdos abordados e consegue formular rapidamente os conceitos, a partir dos estímulos propostos. Não demonstra receio em responder mesmo quando tem dúvidas. Nota-se que para este estudante falta um pouco mais de profundidade nos assuntos abordados através de falas como “eu só estudei até aí”, “eu nunca vi essa parte”, “não sabia que era assim”.
- Os estudantes A4 e A3 se mantiveram mais calados durante a aula. Interagem apenas quando a eles era solicitado. A4 demonstra compreender bem os conceitos embora seja tímida e demore um certo tempo para dar a resposta solicitada. Apesar de demonstrar muito interesse em aprender, o estudante A3 apresenta um pouco mais de dificuldade para compreender os conceitos básicos de Geometria Espacial. Tal constatação foi percebida em falas “então largura, comprimento e altura são a mesma coisa?”, “poliedro só pode ter 4 faces” e o “prisma triangular é uma pirâmide?”.

- A aluna A0 (desistente da pesquisa) apresenta maior dificuldade no entendimento dos sólidos geométricos, faces, arestas, vértices, poliedros e prismas. A estudante possui dificuldade em concentrar-se na aula. Afirmou que “essas coisas de geometria são muito difíceis, não entra fácil na minha cabeça”.
- O estudante A1 apresenta boas noções de Geometria Espacial. Faz boas considerações sobre o assunto. Trouxe afirmações como “Geometria Espacial calcula 3 dimensões”.

RELATÓRIO 3 - ESTUDO SOBRE O BLENDER

1. Participantes

- 5 estudantes do 1º ano do Ensino Médio da Escola X.

2. Atividades

- Mostrar aos estudantes o ambiente do software *Blender*;
- Mostrar aos estudantes as principais funções do *Blender*;
- Mostrar aos estudantes os principais atalhos do *Blender*;
- Propor aos estudantes a construção de linhas e figuras planas no *Blender*.

3. Observações

- Foi apresentado aos estudantes o ambiente do software *Blender* com sua tela inicial, onde estão os elementos: luz, câmera e cubo;
- Foi exposto aos alunos os eixos x, y e z, como também atalhos de movimento desses eixos;
- Foram demonstradas aos estudantes algumas ferramentas importantes do *Blender*, tais como ferramentas de construção de sólidos geométricos;
- Foi proposto aos estudantes a criação de um prisma no *Blender*;
- Todos os estudantes optaram por construir um prisma quadrangular;
- Ao manusear o *Blender*, os alunos descobriram novas ferramentas, tais como: colocar as arestas em destaque, colocar os vértices em destaque, colocar as faces em destaque e mudar a cor do sólido;
- Foi solicitado que os estudantes pesquisem sobre as ferramentas utilizadas no *Blender* para a próxima aula.

4. Inferências

- Os estudantes possuem certo receio em trabalhar com os prismas, escolhendo aquele que “parece” ser “mais fácil”. Isso foi constatado mediante a pergunta realizada que questionava o motivo da escolha unânime da turma pelo prisma quadrangular. As respostas foram: “o quadrado é mais fácil” (A4), “é bom porque pode ser um cubo” (A1), (A2).
- O aluno A2 relatou que “essa forma de entender geometria é mais prática, mais legal. Parece que fica mais fácil. Era pra gente ter mais coisas assim nas aulas de Matemática, em outros assuntos também”. Nesse contexto, percebe-se o quanto as atividades “mão na massa” fazem com que se tenha uma nova percepção do assunto estudado.
- Mediante a dificuldade apresentada pelos estudantes na utilização das ferramentas do *Blender*, este encontro não cumpriu o cronograma previsto, sendo assim necessária uma próxima aula apenas para criação de prismas e de outras ferramentas importantes.

RELATÓRIO 4 - CONSTRUÇÃO DE PRISMAS NO BLENDER

1. Participantes

- 5 estudantes do 1º ano do Ensino Médio da Escola X.

2. Atividades

- Construir prismas no *Blender*;
- Utilizar funções que permitem ilustrar os prismas construídos;
- Utilizar funções que permitem melhor visualização dos prismas construídos;
- Construir prismas de diferentes tipos.

3. Observações

- Neste encontro, a pesquisadora permaneceu apenas observando as atividades realizadas pelas estudantes, e orientando quando necessário;
- O objetivo deste encontro foi a execução de exercícios no *Blender*, com a proposta de criação de diversos tipos de prismas;
- Foi solicitado aos estudantes a aplicação de técnicas, de ilustração, suavização e visualização dos sólidos;
- Foi proposta a construção de prismas regulares de base triangular, quadrado, pentagonal, hexagonal, heptagonal e por fim, um prisma oblíquo.

- O aluno A2 foi o único que conseguiu construir o prisma oblíquo, passando posteriormente a auxiliar os colegas.

4. Inferências

- Apenas dois estudantes (A3 e A2) realizaram a pesquisa sobre ferramentas do *Blender*, porém apenas um (A2) demonstrou compreensão sobre a utilização de tais ferramentas;
- A estudante A4 apresenta dificuldades em distinguir os tipos de prismas. Tal constatação é afirmada pelas falas “eu não sei mais como é esse prisma pentagonal”, “como é a base desse prisma?”, “quantas arestas tem a base desse prisma?”.
- A maior dificuldade dos estudantes foi na construção do prisma oblíquo, mediante a necessidade de utilização de ferramentas que ainda não eram conhecidas pelos alunos;
- Através da construção, os estudantes podem ter maior entendimento de como são os sólidos geométricos, nesse caso, os prismas. Tal afirmação tem base na fala de A3 ao dizer que “fazendo esse prisma dá pra gente entender melhor o que é aresta, face e vértice”.

RELATÓRIO 5 - ESTUDO SOBRE PERÍMETRO, ÁREA E VOLUME

1. Participantes

- 4 estudantes do 1º ano do Ensino Médio da Escola X (houve a desistência de uma estudante, em virtude de sua mudança de cidade / escola).

2. Atividades

- Propor situações-problema que estimulem a reflexão do estudante sobre os conceitos de perímetro, área e volume, tanto para figuras planas como figuras espaciais;
- Realizar questionamentos sobre os conceitos que os estudantes possuem sobre perímetro, área e volume;
- Estabelecer, junto aos alunos, conceitos sobre perímetro, área e volume.

3. Observações

- Foram apresentadas algumas imagens de figuras geométricas planas e posteriormente espaciais, com situações do cotidiano que solicitam o cálculo de perímetro, área e volume, de maneira a estimular o pensamento reflexivo dos estudantes;

- Foram utilizadas algumas situações-problema contidas no questionário de sondagem como forma de instigar a reflexão dos alunos sobre perímetro, área e volume;
- A partir das contribuições dos estudantes, foram construídos os conceitos de perímetro, área e volume;
- As respostas de alguns estudantes aos questionamentos propostos para instigar o conhecimento dos estudantes sobre perímetros foram “coerentes” quando foram apresentadas figuras planas. Para as figuras tridimensionais, não houveram respostas “corretas”. Foram expostas respostas como “Para essas figuras, eu não sei.” (A4), “Como medir o contorno dessas figuras?” (A1).
- As respostas de três dos quatro estudantes aos questionamentos propostos para instigar o conhecimento dos estudantes sobre áreas foram “coerentes” quando foram apresentadas figuras planas. Já para as figuras tridimensionais, houve apenas uma resposta “coerente”. Foram expostas respostas como: “Eu não faço ideia de como calcular essa daí.” (A4), “Eu não sei como calcular em sólidos” (A3), “Eu acho que se abirmos a figura, calcularmos cada figura plana e somarmos tudo, dá certo” (A2).
- Não houveram respostas para os questionamentos propostos para o volume de figuras tridimensionais.

4. Inferências

- Nota-se que os estudantes possuem um conhecimento prévio a respeito dos conceitos de perímetro e área para as figuras geométricas planas. Porém, não há uma transposição desses conceitos para os sólidos geométricos;
- Os estudantes A3, A4 e A1 demonstraram-se incomodados com os questionamentos prévios, solicitando que os conceitos fossem logo expostos;
- Mediante os questionamentos, nenhum estudante demonstrou possuir algum conhecimento prévio a respeito do conceito de volumes.

RELATÓRIO 6 - CÁLCULO DE PERÍMETRO, ÁREA E VOLUME

1. Participantes

- 4 estudantes do 1º ano do Ensino Médio da Escola X.

2. Atividades

- Foi proposta a resolução de situações-problema envolvendo o cálculo de perímetro, área e volume;
- Foi proposto o cálculo de perímetro, área e volume dos prismas construídos anteriormente pelos estudantes;

3. Observações

- Neste encontro, a pesquisadora permaneceu apenas observando as atividades realizadas pelas estudantes, e orientando quando necessário;
- Foram propostas atividades simples, onde solicitava-se o cálculo de perímetro, área e volume do prisma apresentado. Em seguida, foram propostas situações-problema envolvendo o cálculo de perímetro, área e volume. Por último, os estudantes realizaram o cálculo de perímetro, área e volume dos sólidos construídos no *Blender*
- Os alunos realizaram as atividades propostas em duplas;
- Quase todos os estudantes conseguiram efetuar com facilidade os cálculos de perímetro, área e volume dos prismas criados, assim como realizaram os demais exercícios.

4. Inferências

- Os alunos demonstraram mais interesse em calcular o perímetro, área e volume dos prismas criados por eles no *Blender*. Houve um receio inicial, porém havia também pressa para concluir os cálculos das situações-problema para finalmente iniciar os cálculos referentes aos prismas criados no *Blender*;
- A aluna A4 teve dificuldades nos cálculos de área dos prismas, porém conforme a aluna foi realizando os exercícios, a estudante conseguiu realizar as atividades, e tal fato ocorreu mediante a seguinte constatação da aluna: “Fazer “mexendo” com os prismas é mais fácil, dá pra gente ver e contar bem direitinho as faces. Vendo o prisma fica mais “de boa” achar a área”. Tal fala demonstra a importância da visualização dos sólidos geométricos para a aprendizagem do estudante.
- Os demais estudantes conseguiram realizar os cálculos de maneira satisfatória, sendo que, para os cálculos dos prismas criados no *Blender*, os estudantes conseguiam efetuar os cálculos de maneira mais rápida, de modo a dizer que “Vendo a figura e “rodando” ela eu fiz mais rápido” (A1) e “Era bom se em todas as questões a gente pudesse “mexer” com a figura” (A3). O aluno A2 citou “De todo jeito dá certo, só que “brincando” com a figura é “mais top”.

- Foi notável que os estudantes preferiram realizar os cálculos obtendo a visualização completa do prisma e relataram que a compreensão do sólido se torna maior mediante a visualização.

RELATÓRIO 7 - CRIAÇÃO DE PROBLEMA E VÍDEO 3D NO *BLENDER*

1. Participantes

- 4 estudantes do 1º ano do Ensino Médio da Escola X.

2. Atividades

- Foi proposta aos estudantes a criação de uma situação-problema que possibilite ao estudante efetuar os cálculos de perímetro, área e volume de um prisma;
- Foi proposta aos estudantes a criação de um vídeo que possibilite aos estudantes a visualização do prisma solicitado no problema.

3. Observações

- Para a realização destas atividades foram necessários dois encontros;
- Foi solicitado aos estudantes a criação de um situação-problema que envolvesse o cálculo de perímetro, área e volume. Os estudantes apresentaram muita dificuldade em criar esta situação-problema. Para isso, foram demonstradas as situações-problema contidas no Questionário de Sondagem como modelo para a criação dos novos problemas;
- Os vídeos criados consistem em prismas de diversos tipos que se movem e se planificam.

4. Inferências

- Após os vídeos finalizados, os estudantes transpareciam estar satisfeitos com a produção, demonstrando satisfação em ver algo que foi construído por eles. Algumas falas relatadas: “Quando a gente mesmo faz, parece que “aprende” mais. Agora eu consigo entender como são as três dimensões” (A1), “Eu gostei de fazer os prismas, me sinto entendendo mais Matemática e vendo cada dimensão do sólido” (A3).
- Percebe-se que os alunos realizam comparações quanto aos métodos de aprendizagem. O aluno A2 citou: “Os alunos que vão usar os vídeos vão ter mais facilidade para aprender do que os que vão só ver o conteúdo escrito”.

- A aluna A4 conseguiu fazer apenas um vídeo sozinha, um prisma de base quadrada. Os demais vídeos a estudante fez com a ajuda dos colegas. A aluna possui certa desmotivação na realização das tarefas atrelada a dificuldade de aprendizagem.

APÊNDICE O - TALE

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado como participante da pesquisa: “A CONTRIBUIÇÃO DA REALIDADE VIRTUAL NO ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL”.

Nesse estudo pretendemos analisar como ocorre a aprendizagem em Geometria Espacial dos alunos de Ensino Médio mediante aplicação de uma proposta metodológica pautada na construção de vídeos 3D voltada para o uso da Realidade Virtual.

O motivo que nos leva a estudar esse assunto está baseado na importância do ensino de Geometria Espacial constitui-se como fundamental para os estudantes do Ensino Médio, sendo notável a sua aplicabilidade no cotidiano, como também em avaliações externas, as quais demonstram que os alunos concluintes do Ensino Médio não possuem o rendimento esperado neste conteúdo.

Para este estudo adotaremos o(s) seguinte(s) procedimento(s): A pesquisa a ser realizada caracteriza-se como um Estudo de Caso. O estudo será estruturado em três (3) etapas: planejamento, coleta de dados e análise de dados. A primeira etapa consiste na organização dos instrumentos e materiais necessários para a realização do estudo. Na segunda etapa, serão coletados os dados para a pesquisa em três (3) fases. Na 1ª fase, serão verificados os conhecimentos prévios que os estudantes apresentam sobre Prismas; na 2ª fase será observado o processo de aprendizagem em relação ao entendimento sobre Prismas, mediante o uso da tecnologia de Realidade Virtual empregada por meio de um contexto construcionista; e na 3ª fase serão verificados os conhecimentos que os estudantes apresentam sobre os Prismas, posterior a aplicação desta metodologia de ensino.

Para participar deste estudo, o responsável por você deverá autorizar e assinar um termo de consentimento. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido(a) em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. O responsável por você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido(a) pelo pesquisador que irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Você não será identificado em nenhuma publicação. Este estudo apresenta risco mínimo de náuseas e/ou tonturas. Apesar disso, você tem assegurado o direito a ressarcimento ou indenização no caso de quaisquer danos eventualmente produzidos pela pesquisa.

Os resultados estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a permissão do responsável por você. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos e, após esse tempo, serão destruídos. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma via será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida a você.

Eu, ***, portador(a) do documento de Identidade *** fui informado(a) dos objetivos do presente estudo de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações, e o meu responsável poderá modificar a decisão de participar, se assim o desejar. Tendo o consentimento do meu responsável já assinado, declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma via deste Termo de Assentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Fortaleza, 07 de julho de 2022

Assinatura do(a) menor

Assinatura do(a) pesquisador(a)

Endereço d(os, as) responsável (is) pela pesquisa:

Nome: Caroline Gomes Ferreira

Instituição: Universidade Federal do Ceará – UFC

Endereço: Rua Augusto Rocha, s/n – Bairro Centro – Cariré – CE

Telefone para contato: (88) 99801-7926

ATENÇÃO: Se você tiver alguma consideração ou dúvida, sobre a sua participação na pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFC/PROPESQ – Rua Coronel Nunes de Melo, 1000 - Rodolfo Teófilo, fone: 3366-8344/46. (Horário: 08:00-12:00 horas de segunda a sexta-feira).

O CEP/UFC/PROPESQ é a instância da Universidade Federal do Ceará responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos.

APÊNDICE P - TCLE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

O estudante ***, menor de idade, no qual você é responsável, está sendo convidado como participante da pesquisa: “A CONTRIBUIÇÃO DA REALIDADE VIRTUAL NO ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL”.

Nesse estudo pretendemos analisar como ocorre a aprendizagem em Geometria Espacial dos alunos de Ensino Médio mediante aplicação de uma proposta metodológica pautada na construção de vídeos 3D voltada para o uso da Realidade Virtual.

O motivo que nos leva a estudar esse assunto está baseado na importância do ensino de Geometria Espacial constitui-se como fundamental para os estudantes do Ensino Médio, sendo notável a sua aplicabilidade no cotidiano, como também em avaliações externas, as quais demonstram que os alunos concluintes do Ensino Médio não possuem o rendimento esperado neste conteúdo.

Para este estudo adotaremos o(s) seguinte(s) procedimento(s): A pesquisa a ser realizada caracteriza-se como um Estudo de Caso. O estudo será estruturado em três (3) etapas: planejamento, coleta de dados e análise de dados. A primeira etapa consiste na organização dos instrumentos e materiais necessários para a realização do estudo. Na segunda etapa, serão coletados os dados para a pesquisa em três (3) fases. Na 1ª fase, serão verificados os conhecimentos prévios que os estudantes apresentam sobre Prismas; na 2ª fase será observado o processo de aprendizagem em relação ao entendimento sobre Prismas, mediante o uso da tecnologia de Realidade Virtual empregada por meio de um contexto construcionista; e na 3ª fase serão verificados os conhecimentos que os estudantes apresentam sobre os Prismas, posterior a aplicação desta metodologia de ensino.

Para participar deste estudo, você, como responsável pelo menor, deverá autorizar e assinar um termo de consentimento. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido(a) em qualquer aspecto que desejar e estará livre para permitir a participação a participação do menor ou recusá-la. Você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. A participação do menor é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido(a) pelo pesquisador que irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Nem o menor e nem você serão identificados em nenhuma publicação. Este estudo apresenta

risco mínimo de náuseas e/ou tonturas. Apesar disso, o menor tem assegurado o direito a ressarcimento ou indenização no caso de quaisquer danos eventualmente produzidos pela pesquisa.

Os resultados estarão à sua disposição quando finalizada. O nome do menor ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos e, após esse tempo, serão destruídos. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma via será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida a você.

Endereço d(os, as) responsável(is) pela pesquisa:

Nome: Caroline Gomes Ferreira

Instituição: Universidade Federal do Ceará – UFC

Endereço: Rua Augusto Rocha, s/n – Bairro Centro – Cariré – CE

Telefone para contato: (88) 99801-7926

ATENÇÃO: Se você tiver alguma consideração ou dúvida, sobre a sua participação na pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFC/PROPESQ – Rua Coronel Nunes de Melo, 1000 - Rodolfo Teófilo, fone: 3366-8344/46. (Horário: 08:00-12:00 horas de segunda a sexta-feira).

O CEP/UFC/PROPESQ é a instância da Universidade Federal do Ceará responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos.

O abaixo assinado _____, ____ anos, RG: _____, declara que é de livre e espontânea vontade que está como participante de uma pesquisa. Eu declaro que li cuidadosamente este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e que, após sua leitura, tive a oportunidade de fazer perguntas sobre o seu conteúdo, como também sobre a pesquisa, e recebi explicações que responderam por completo minhas dúvidas. E declaro, ainda, estar recebendo uma via assinada deste termo.

Fortaleza, ____/____/____

Nome do participante da pesquisa

Data

Assinatura

Nome do pesquisador	Data	Assinatura
Nome da testemunha (se o voluntário não souber ler)	Data	Assinatura
Nome do profissional que aplicou o TCLE	Data	Assinatura

ANEXO A - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

UFC - UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ /



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: A CONTRIBUIÇÃO DA REALIDADE VIRTUAL PARA O ENSINO DE GEOMETRIA ESPACIAL

Pesquisador: CAROLINE GOMES FERREIRA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 81249122.D.0000.5054

Instituição Proponente: Universidade Federal do Ceará/ PROPESQ

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.589.057

Apresentação do Projeto:

O ensino de Geometria Espacial constitui-se como fundamental para os estudantes do Ensino Médio, sendo notável a sua aplicabilidade no cotidiano, como também em avaliações externas, as quais demonstram que os alunos concluintes do Ensino Médio não possuem o rendimento esperado neste conteúdo. A falta de aprofundamento e a dificuldade de visualização dos sólidos geométricos são as causas mais apontadas pelos pesquisadores como justificativa para esta lacuna na aprendizagem. Dessa forma, a proposta deste trabalho é oferecer uma possibilidade de aprendizagem inovadora, de modo a analisar como ocorre a aprendizagem em Geometria Espacial dos alunos de Ensino Médio mediante aplicação de uma proposta metodológica pautada na construção de vídeos 3D voltada para o uso da Realidade Virtual. Será realizada uma pesquisa com a metodologia de Estudo de Caso com caráter qualitativo.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Analisar como ocorre a aprendizagem em Geometria Espacial dos alunos de Ensino Médio mediante aplicação de uma proposta metodológica pautada na construção de vídeos 3D voltada para o uso da Realidade Virtual.

Objetivo Secundário:

-Identificar as principais dificuldades dos estudantes de Ensino Médio na compreensão dos

Endereço: Rua Cel. Nunes de Melo, 1000

Bairro: Rodofo Teófilo

UF: CE

Município: FORTALEZA

Telefone: (85)3366-8344

CEP: 60.430-275

E-mail: comepe@ufc.br

UFC - UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ /



Continuação do Parecer: 5.589.057

conceitos e procedimentos vinculados aos Prismas na Geometria Espacial;

-Desenvolver uma proposta metodológica para o ensino de Geometria Espacial pautada na construção de vídeos 3D voltada para o uso da Realidade Virtual;

-Comparar os resultados obtidos sobre a compreensão de conceitos e procedimentos vinculados aos Prismas na Geometria Espacial por estudantes do 1º Ano do Ensino Médio, antes da aplicação metodológica proposta e após essa aplicação.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Risco de alguns participantes da pesquisa sentirem náuseas ao fazerem uso do óculos de Realidade Virtual. No entanto, pretende-se fazer o uso do óculos em tempo reduzido, diferentemente da literatura para minimizar o risco de náuseas.

Benefícios:

Ganhos no uso desta tecnologia pautam-se na "utilização de sistemas interativos na educação, de forma geral, é importante devido aos seus aspectos de imersão,

interação e envolvimento que possibilitam ao aluno vivenciar o aprendizado, isto é, sair do teórico e ir para prática". Um dos maiores benefícios do uso da RV no ensino é proporcionar o conhecimento de modo palpável, promovendo a interação, o engajamento e a motivação dos estudantes.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto em questão está bem escrito, de boa leitura e entendimento. Está incluído desenho do estudo, introdução, objetivos, metodologia, cronograma de atividades, orçamento e outros. A documentação exigida pela RESOLUÇÃO 466/2012/CNS/MS que regulamenta os estudos aplicados aos seres humanos está incluída.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos de apresentação do trabalho estão coerentes com o tema abordado e o rigor da ética em pesquisa.

Recomendações:

O projeto de pesquisa está devidamente instruído para que o mesmo seja executado. Porém os pesquisadores precisam ajustar o cronograma para pesquisa ser realizada somente após aprovação do CEP.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado

Endereço: Rua Cel. Nunes de Melo, 1000

Bairro: Rodovalho Teófilo

CEP: 60.430-275

UF: CE

Município: FORTALEZA

Telefone: (85)3366-8344

E-mail: comepe@ufc.br

Continuação do Parecer: 5.589.057

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1847349.pdf	13/07/2022 09:00:02		Aceito
Declaração de concordância	DECLARACAO_DE_CONCORDANCIA.pdf	13/07/2022 08:57:34	CAROLINE GOMES FERREIRA	Aceito
Solicitação Assinada pelo Pesquisador Responsável	CARTA_DE_SOLICITACAO.pdf	13/07/2022 08:56:40	CAROLINE GOMES FERREIRA	Aceito
Orçamento	ORCAMENTO.pdf	13/07/2022 08:54:49	CAROLINE GOMES FERREIRA	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.pdf	13/07/2022 08:53:54	CAROLINE GOMES FERREIRA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO_TCLE.pdf	13/07/2022 08:53:08	CAROLINE GOMES FERREIRA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_ASSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO_TALE.pdf	13/07/2022 00:38:34	CAROLINE GOMES FERREIRA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	AutorizacaoEscola.pdf	19/06/2022 11:03:52	CAROLINE GOMES FERREIRA	Aceito
Folha de Rosto	FolhaDeRosto.pdf	19/06/2022 10:19:45	CAROLINE GOMES FERREIRA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_DETALHADO.pdf	29/03/2022 16:53:10	CAROLINE GOMES FERREIRA	Aceito
Brochura Pesquisa	Brochura_Pesquisa.pdf	19/11/2021 17:14:02	CAROLINE GOMES FERREIRA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Rua Cel. Nunes de Melo, 1000

Bairro: Rodolfo Teófilo

UF: CE

Telefone: (85)3366-8344

Município: FORTALEZA

CEP: 60.430-275

E-mail: comepe@ufc.br

UFC - UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ /



Continuação do Parecer: 5.589.057

FORTALEZA, 18 de Agosto de 2022

Assinado por:
FERNANDO ANTONIO FROTA BEZERRA
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Cel. Nunes de Melo, 1000
Bairro: Rodovalho Teófilo
UF: CE **Município:** FORTALEZA
Telefone: (85)3366-8344

CEP: 60.430-275

E-mail: comepe@ufc.br