UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
***CAMPUS* ERECHIM**
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM EDUCAÇÃO
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM EDUCAÇÃO

JOCEANE DA SILVA PAZ

O METAVERSO COMO CENÁRIO PARA INVESTIGAR AS POSSIBILIDADES DA CORPOREIDADE E EXPERIÊNCIAS SENSORIAIS NO ESTUDO DA GEOMETRIA

ERECHIM
2026

JOCEANE DA SILVA PAZ

O METAVERSO COMO CENÁRIO PARA INVESTIGAR AS POSSIBILIDADES DA CORPOREIDADE E EXPERIÊNCIAS SENSORIAIS NO ESTUDO DA GEOMETRIA

Dissertação apresentada para o Programa de Pós-Graduação Profissional em Educação da pela Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para a obtenção de título de Mestre em Educação.

Linha 1: Pesquisa em Processos Pedagógicos, Políticas e Gestão Educacional.

Orientadora: Profª. Drª. Nilce Fátima Scheffer

ERECHIM

2026

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Paz, Joceane da Silva
O metaverso como cenário para investigar as possibilidades da corporeidade e experiências sensoriais no estudo da geometria / Joceane da Silva Paz. -- 2026.
127 f.:il.

Orientadora: Dra. Nilce Fátima Scheffer

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Educação, Erechim,RS, 2026.

1. Ensino de Geometria. 2. Matemática e metaverso. 3. Corporeidade. 4. Experiências sensoriais. 5. Processos pedagógicos. I. Scheffer, Nilce Fátima, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

JOCEANE DA SILVA PAZ

O METAVERSO COMO CENÁRIO PARA INVESTIGAR AS POSSIBILIDADES DA CORPOREIDADE E EXPERIÊNCIAS SENSORIAIS NO ESTUDO DA GEOMETRIA

Dissertação apresentada para o Programa de Pós-Graduação Profissional em Educação da pela Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para a obtenção de título de Mestre em Educação.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 10/09/2026.

BANCA EXAMINADORA

gov.br Documento assinado digitalmente
NILCE FATIMA SCHEFFER
Data: 14/09/2026 18:58:05-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof.ª Dr.ª Nilce Fátima Scheffer– UFFS
Orientadora

gov.br Documento assinado digitalmente
JERONIMO SARTORI
Data: 15/09/2026 09:14:26-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Jerônimo Sartori – UFFS
Avaliador Interno

gov.br Documento assinado digitalmente
MARCELO ALMEIDA BAIRRAL
Data: 14/09/2026 20:07:49-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Marcelo Almeida Bairral – UFRRJ
Avaliador Externo

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela fé que me sustenta e guia minhas decisões, bem como pelos caminhos que se abriram a cada etapa desta trajetória.

Ao meu esposo, Ricardo, pelo apoio incondicional, pelo cuidado constante e por lembrar-me, nos momentos de sobrecarga, da importância de preservar o equilíbrio ao longo desta caminhada. Ao meu filho, Arthur, pelo carinho traduzido em gestos tão simples quanto profundos: o "*mãe! me dá um beijo e um abraço*" quando a exaustão parecia se impor diante das leituras e demais etapas da pesquisa, e o "*mãe, me dá um colinho*" quando se fazia necessário interromper o ritmo, alterar o foco e permitir o surgimento de novas percepções. O amor de vocês dois constituiu o alicerce que sustentou a conclusão deste trabalho.

À minha orientadora, Prof.ª Dr.ª Nilce Fátima Scheffer, por acreditar no potencial da pesquisa, por sua condução cuidadosa, pela confiança depositada e por constituir uma inspiração permanente como docente e pesquisadora.

Aos meus pais, por concederem-me a vida e pelos valores legados. Às minhas irmãs, ao meu irmão e às suas respectivas famílias, pelo carinho e pela confiança, ainda que distantes do universo desta investigação.

À escola que abriu suas portas para a realização do experimento de ensino, acolhendo este estudo e viabilizando o trabalho de campo.

Às famílias que confiaram neste projeto e autorizaram a participação de seus filhos.

Aos estudantes participantes, pelo comprometimento, pela disponibilidade e por tornarem esta pesquisa viva, permitindo que ela se concretizasse na prática. A participação de Neytiri, Kiri, Tuktirey, Tsireya, Neteyam e Aonung foi fundamental para a constituição deste estudo.

Aos professores integrantes das bancas de qualificação e de defesa, pelas contribuições, pelos questionamentos e pelas valiosas sugestões, que ampliaram minha perspectiva e contribuíram para o aprimoramento desta investigação.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação Profissional em Educação (PPGPE), pela excelência das disciplinas ministradas, pelas indicações bibliográficas, pelos seminários e pelos ensinamentos que enriqueceram minha formação acadêmica e profissional.

À Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), por ofertar e viabilizar, de forma pública e gratuita, este programa, tornando possível a realização desta pós-graduação.

Aos meus colegas de curso, em especial à Taluana, pela companhia nas viagens até a universidade, pelas trocas de conhecimento, pelos diálogos, pelo incentivo e pela sólida amizade construída ao longo desta trajetória.

Aos meus alunos e às minhas alunas, que me inspiram diariamente, desafiam-me a buscar o aperfeiçoamento profissional e renovam em mim a paixão pelo conhecimento e pela educação.

Às minhas colegas professoras e à equipe diretiva da escola em que atuei durante quase todo o percurso, pelo incentivo, apoio, confiança e pela compreensão diante das escolhas que acompanharam esta caminhada.

E a todas as pessoas que, de diferentes formas, contribuíram para que esta pesquisa se tornasse realidade. Cada gesto, movimento, palavra e demonstração de confiança foram fundamentais para a conclusão desta etapa.

Agradeço, também, à Capes - Pró-Equipamentos - PROCESSO N° 88881.101607/2024-01.

Ao Ricardo e ao Arthur.
Se minhas ausências escreveram estas páginas,
foi o amor por vocês que deu sentido a cada
palavra. Esta conquista também lhes pertence.

RESUMO

Trata-se de uma pesquisa empírica de natureza qualitativa e de caráter aplicado, cujo tema é o metaverso e suas possibilidades para o ensino de conceitos geométricos nos Anos Finais do Ensino Fundamental. O problema central que orientou este estudo expressa-se na seguinte questão: que possibilidades os ambientes imersivos do metaverso apresentam para a discussão sobre os processos de ensino e de aprendizagem de conceitos geométricos e da corporeidade nos Anos Finais do Ensino Fundamental? Para responder a esse questionamento, a pesquisa estabeleceu como objetivo geral investigar as possibilidades que os ambientes imersivos do metaverso favorecem ao ensino e à aprendizagem de conceitos geométricos na referida etapa escolar, considerando a corporeidade e as experiências sensoriais na estruturação teórica. O referencial teórico organiza-se em capítulos que exploram como as tecnologias digitais imersivas, em especial o metaverso, podem aliar-se à corporeidade e ao sentir, constituindo-se como uma possibilidade concreta para o ensino da geometria. A coleta de dados viabilizou-se por meio de um experimento de ensino, desenvolvido no contexto de uma escola pública do norte do estado do Rio Grande do Sul, com a participação de estudantes do 6º ano do Ensino Fundamental. Os registros das interações foram efetuados mediante múltiplos formatos de captação. A análise dos dados pautou-se na análise semiótica multimodal; para tanto, estabeleceram-se categorias de análise *a priori*, as quais permitiram a interpretação das evidências, o alcance dos objetivos e a elucidação do problema central. Os resultados revelam que o metaverso favorece a investigação de conceitos geométricos ao possibilitar a movimentação corporal e experiências sensoriais que direcionam a atenção do estudante para o objeto de conhecimento. A imersão facilitou o mapeamento estrutural das formas geométricas e fortaleceu a visualização mental, aspecto essencial no que tange às aprendizagens geométricas. Como proposição técnica, o estudo culminou na elaboração de um Produto Educacional intitulado: Proposta para a Criação de Ambiência Enativa de Aprendizagem no Metaverso.

Palavras-chave: ensino de Geometria; Matemática e metaverso; corporeidade; experiências sensoriais; processos pedagógicos.

ABSTRACT

This is an empirical, qualitative, and applied research project addressing the metaverse and its potential for teaching geometric concepts in the final years of elementary education. The central problem that guided this study is expressed in the following question: what possibilities do immersive metaverse environments present for discussing the teaching and learning processes of geometric concepts and embodiment in the final years of elementary education? To answer this question, the general objective was to investigate the possibilities that immersive metaverse environments provide for the teaching and learning of geometric concepts at this school level, incorporating embodiment and sensory experiences into the theoretical framework. The theoretical framework is organized into chapters that explore how immersive digital technologies, especially the metaverse, can align with embodiment and sensing, constituting a concrete possibility for geometry instruction. Data collection was carried out through a teaching experiment set in a public school in northern Rio Grande do Sul, involving sixth-grade elementary students. Interaction records were gathered using multiple collection formats. Data analysis was guided by multimodal semiotic analysis; to this end, a priori analytical categories were established, enabling data interpretation, the achievement of the objectives, and the elucidation of the central research question. The results reveal that the metaverse fosters the investigation of geometric concepts by enabling body movement and sensory experiences that direct student attention toward the object of knowledge. Immersion facilitated the structural mapping of geometric shapes and strengthened mental visualization, an essential aspect of geometry learning. As a technical contribution, the study resulted in an Educational Product entitled: Proposal for the Creation of an Enactive Learning Ambience in the Metaverse.

Keywords: Geometry instruction; Mathematics and metaverse; embodiment; sensory experiences; pedagogical processes.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Identificação das duplas e seus integrantes 53
Quadro 2 - Meios de coleta e finalidade 55
Quadro 3 - Categorias de análise 57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama da caracterização metodológica 50
Figura 2 - Diagrama das etapas da pesquisa 50
Figura 3 - Diagrama das etapas da coleta de dados 52
Figura 4 - Diagrama do escopo do experimento de ensino 54
Figura 5 - Diagrama das etapas da análise dos dados 56
Figura 6 - Rede corporeidade 69
Figura 7 - Gerenciador de código da subcategoria Corporeidade Expressiva 70
Figura 8 - Gerenciador de código da subcategoria Corporeidade Expressiva (POV) 70
Figura 9 - Interação entre os códigos da corporeidade expressiva 71
Figura 10 - Gerenciador de código da subcategoria corporeidade interativa 72
Figura 11 - Gerenciador de código da subcategoria corporeidade interativa (POV) 72
Figura 12 - Tsireya rotacionando o corpo 73
Figura 13 - Interação entre os códigos da corporeidade interativa 73
Figura 14 - Sequência de imagens da movimentação de Tuktirey durante atividade 75
Figura 15 - Sequência de imagens da movimentação de Tuktirey dando sequência a atividade 75
Figura 16 - Sequência de imagens do ângulo de visão em primeira pessoa de Tuktirey durante atividade 75
Figura 17 - Sequência de imagens do POV de Tuktirey dando sequência a atividade 76
Figura 18 - Tuktirey dentro de um prisma triangular virtual 76
Figura 19 - Aonung interagindo com um prisma triangular virtual durante diálogo com a pesquisadora 77
Figura 20 - Rede experiências sensoriais 80
Figura 21 - Gerenciador de código da subcategoria experiências auditivas 80
Figura 22 - Gerenciador de código da subcategoria experiências auditivas (POV) 81
Figura 23 - Colaboração de Aonung com Neteyam 81
Figura 24 - Gerenciador de código da subcategoria experiências visuais 82
Figura 25 - Gerenciador de código da subcategoria experiências visuais (POV) 83
Figura 26 - Planificação realizada por Aonung 83
Figura 27 - Neteyam deslizando cursor pela aresta 83
Figura 28 - Neteyam observando diversas perspectivas 84
Figura 29 - Gerenciador de códigos da subcategoria experiências táteis/proprioceptivas 85
Figura 30 - Gerenciador de códigos da subcategoria experiências táteis/proprioceptivas (POV) 86
Figura 31 - Aonung ampliando a pirâmide 86
Figura 32 - Aonung desviando uma pirâmide 87
Figura 33 - Gerenciador de códigos da subcategoria experiências afetivas e emocionais 88
Figura 34 - Gerenciador de códigos da subcategoria experiências afetivas e emocionais (POV) 88
Figura 35 - Tuktirey executando um mortal 89
Figura 36 - Rede da interação entre a corporeidade e as experiências sensoriais 92
Figura 37 - Rede visualização 93
Figura 38 - Gerenciador de códigos da subcategoria representações mentais 94
Figura 39 - Gerenciador de códigos da subcategoria representações mentais (POV) 94

Figura 40 - Gerenciador de códigos da subcategoria representações gráficas 95
Figura 41 - Gerenciador de códigos da subcategoria representações gráficas (POV) 95
Figura 42 - Gerenciador de códigos da subcategoria interpretação mediada 96
Figura 43 - Gerenciador de códigos da subcategoria interpretação mediada (POV) 96
Figura 44 - Estratégia de resolução 97
Figura 45 - Ângulo de visão de Tsireya dentro de um cubo virtual 98

SUMÁRIO

1 RAÍZES QUE TOCAM O DIGITAL **13**
1.1 ECOLOGIAS ONDE BROTAM SONHOS E ESCOLHAS 16
1.2 CAMINHOS DE CONEXÃO 17
2 DO REAL AO IMERSIVO **19**
3 RENDERIZANDO CONEXÕES ENTRE O CORPO E O VIRTUAL **23**
3.1 UM LUGAR QUE OS OLHOS NÃO PODEM VER 24
3.2 QUANDO O CONHECIMENTO GANHA PROFUNDIDADE 27
3.3 O PRIMEIRO VOO SELA A LIGAÇÃO 30
3.4 QUANDO O CORPO SE TORNA REDE 33
4 A TEIA DA VIDA INTERIOR **38**
4.1 EMOÇÃO QUE CHEGA PELA CONEXÃO 39
4.2 ME ENSINE A VER 43
4.3 EU VEJO VOCÊ 46
5 A CÁPSULA DE CONEXÃO **49**
5.1 A AMBIÊNCIA ENATIVA 61
5.2 O TESTE PILOTO 67
6 O MERGULHO NO UNIVERSO DOS DADOS **70**
6.1 CORPOREIDADE 70
6.1.1 Encaminhando uma análise **80**
6.2 EXPERIÊNCIAS SENSORIAIS 81
6.2.1 Encaminhando uma análise **92**
6.3 VISUALIZAÇÃO 95
7 O CAMINHO DA ÁGUA **103**
REFERÊNCIAS **109**
APÊNDICE A - Declaração de ciência e concordância das instituições envolvidas **115**
APÊNDICE B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) **117**
APÊNDICE C - Termo de Assentimento **121**
APÊNDICE D - Card Informativo **124**

1 RAÍZES QUE TOCAM O DIGITAL

Toda a minha infância foi iluminada por vela artesanal, liquinho[1] e lampião[2], em virtude do difícil acesso à rede de energia elétrica na localidade onde meus pais optaram por viver após o meu nascimento.

Essa realidade transformou-se no início da minha adolescência, momento em que meus pais tiveram a oportunidade de mudar de endereço. Continuamos a residir na área rural, porém em uma localização à qual era possível a chegada da rede de energia elétrica. Nessa época, eu iniciava a 6ª série do Ensino Fundamental.

Como se pode imaginar, ter "luz em casa" constituía um grande objetivo de vida para mim. Com a sua concretização, diversas novidades e possibilidades foram disponibilizadas. Além da iluminação, do chuveiro (o qual era conectado à rede apenas no inverno) e da geladeira, dispúnhamos de um televisor em preto e branco, acionado somente às 20h para a transmissão do telejornal, e de um aparelho de rádio para escutar a "hora do recado"[3]. Era extraordinário ter acesso a tais tecnologias!

Quando foram abertas as inscrições para um curso de computação em minha cidade, providenciei a minha matrícula. Tal fato configurou outra grande conquista, visto que eu me posicionava à frente de muitos outros jovens da mesma faixa etária. Essa atitude proporcionou-me a abertura de variadas oportunidades. Cumpre ressaltar que o referido curso não disponibilizava acesso à internet.

Faltando pouco mais de um ano para a conclusão da educação básica, etapa na qual, em minha realidade, as principais fontes de conhecimento constituíam-se de meus professores e dos poucos livros disponíveis na biblioteca escolar, um autor visionário chamado Pierre Lévy publicava uma de suas obras, antecipando os impactos das tecnologias na cognição humana.

> [...] o ciberespaço suporta tecnologias intelectuais que amplificam, exteriorizam e modificam diversas funções cognitivas humanas: memória (banco de dados, hiperdocumentos, arquivos digitais de todos os tipos), imaginação (simulações), percepção (sensores digitais, telepresença, realidades virtuais), raciocínio (inteligência artificial, modelização de modelos complexos) (Lévy, 1999, p. 157).

Essas reflexões permanecem pertinentes, especialmente diante da emergência dos ambientes virtuais, como o metaverso, que intensificam a presença de recursos imersivos no

[1] Lamparina a gás GLP.
[2] Lamparina a querosene.
[3] Programa de rádio destinado a recados.

cenário educacional. Ferramentas como realidades virtuais, inteligência artificial e simulações interativas, antes vistas apenas na literatura e na cinematografia, prometem transformar as práticas pedagógicas ao potencializar funções cognitivas e reformular a dinâmica de interação com o conhecimento.

Como é possível perceber, meu fascínio por inovações e mudanças permanece, assim como a minha inclinação em relação aos computadores e a outras tecnologias digitais, inclusive as imersivas e as que proporcionam realidades alternativas. Quando iniciei minha graduação em Matemática, na modalidade Licenciatura Plena, após ter cancelado a matrícula no curso técnico em Computação, Prensky trouxe novos elementos à discussão, sinalizando transformações no perfil dos estudantes. Nas palavras do referido autor:

> Nossos estudantes mudaram radicalmente. Os estudantes de hoje não são mais as pessoas que nosso sistema educacional foi projetado para ensinar [...]. Os estudantes de hoje - do jardim de infância à faculdade - representam as primeiras gerações a crescer com essa nova tecnologia. Eles passaram a vida inteira cercados e usando computadores, videogames, tocadores de música digital, câmeras de vídeo e todos os outros brinquedos e ferramentas da era digital (Prensky, 2001, p. 1).

A partir dessas contribuições, compreende-se que o avanço das tecnologias digitais exige a reconfiguração dos objetos de conhecimento e das metodologias de ensino. A geração atual aprende por meios distintos, tornando-se indispensável a diversificação dos recursos, das linguagens e dos ritmos adotados, considerando a capacidade física e cognitiva de cada estudante.

Em 2009, iniciei a minha trajetória profissional como docente das disciplinas de Estatística e Matemática Financeira em um curso técnico em Contabilidade, na rede pública estadual de ensino. Essa experiência causou-me certa frustração, visto que despendia tempo expressivo na elaboração de aulas que não despertavam o interesse dos estudantes. Além disso, eu não dispunha de tempo para investigar e refletir sobre os motivos de tal rejeição aos conteúdos, em razão de compromissos financeiros que demandavam dedicação profissional em outro setor.

Nesse mesmo ano, Borba enfatizava o descompasso existente entre a crescente presença da tecnologia no cotidiano e a sua resistência no ambiente escolar:

> [...] não é impossível proibir a Internet na sala de aula ou atrasar sua admissão. Os relógios de pulso parecem ser a única tecnologia que contém microchips que são usados sem restrições na sala de aula. Ninguém acha que os alunos que olham para os relógios para verificar as horas estão trapaceando. Mas olhar para um resultado ou alguma informação na Internet seria considerado trapaça (Borba, 2009, p. 463).

Possivelmente, esse era o descompasso presente em minhas aulas, haja vista a ausência de conhecimento suficiente sobre o perfil daqueles adolescentes, o foco direcionado a um modelo tradicional de ensino ou, ainda, o receio em adotar novas metodologias e recursos. Em suma, diante de inúmeras inquietações sem respostas imediatas e da indisponibilidade de tempo para investigá-las, decidi afastar-me da docência em sala de aula.

Hoje, compreendo o meu afastamento como uma decisão assertiva, visto que minha postura revelava a percepção de que a tecnologia ainda representava uma ameaça, em vez de uma aliada no processo educativo, embora ela estivesse presente no meu cotidiano fora da sala de aula e os estudantes já estivessem sendo inseridos no universo digital.

A pandemia de COVID-19 evidenciou a relevância das tecnologias digitais nos processos de ensino e de aprendizagem, além de intensificar os debates concernentes às demandas por reestruturação. Koraleski, Pasa e Scheffer (2024, p. 45) apontam que

> [...] a Educação demanda mudanças devido, entre outros fatores, ao avanço tecnológico que modifica a forma como nos comunicamos, vivemos, relacionamos e construímos conhecimento. Nesse cenário e considerando o momento pós - pandêmico, o campo educacional exige mudanças significativas nos modos de ensinar e aprender.

Apesar disso, a integração das tecnologias digitais no ensino permanece lenta e desigual. Conforme mencionam Martinez e Sancho (2021), a distância entre o discurso e a prática é marcada por barreiras como currículos rígidos, formação docente insuficiente, infraestrutura precária e políticas educacionais pouco responsivas às transformações tecnológicas.

O meu retorno às salas de aula ocorreu em 2021, na Educação Básica da rede pública estadual, para atuar como docente de Matemática nos Anos Finais do Ensino Fundamental; todavia, dessa vez, a experiência configurou-se de modo distinto. Embora os estudantes e eu própria estivéssemos amedrontados em virtude do retorno presencial à escola durante o contexto pandêmico, eu estava determinada a planejar e ministrar aulas que despertassem o interesse dos discentes.

Inúmeras leituras e cursos foram realizados, e eu havia desenvolvido a habilidade de observação, porquanto havia vivenciado recentemente a maternidade. Com o exercício materno, advieram a maturidade, a paciência e a capacidade de testar hipóteses na tentativa de decifrar as expressões e os sentimentos do meu bebê para atendê-lo em suas necessidades, bem como para interpretar cada choro, inquietação e demais situações do cotidiano com ele.

Foi essa vivência, somada a toda a experiência profissional adquirida no setor administrativo, que incorporei à minha "mochila de rodinhas" para retornar à área da educação. Nessa bagagem, entre outros elementos, constavam as tecnologias digitais, as quais possuíam um potencial expressivo e transformaram a dinâmica das minhas aulas.

Cumpre salientar que a tecnologia, por si só, não agrega valor pedagógico. É indispensável que os discentes possuam conhecimento básico sobre os objetos de conhecimento para, posteriormente, introduzirem-se atividades desenvolvidas mediante o uso de tecnologias. Ocasionalmente, o mero fato de o equipamento eletrônico estar diante dos estudantes já permite notar um maior empenho na execução das tarefas propostas, razão pela qual se infere que o estudante se sente acolhido.

1.1 ECOLOGIAS ONDE BROTAM SONHOS E ESCOLHAS

Que escola desejo para o meu filho? Este é o questionamento que faço diariamente e que me direcionou a optar pelo aprofundamento e pela ampliação dos meus estudos na área de tecnologia.

A experiência em sala de aula tornou-me testemunha da apatia dos estudantes diante de problemas a serem resolvidos exclusivamente com caneta, lápis e borracha. Essa imagem contrasta com a euforia por eles demonstrada ao obterem acesso aos *Chromebooks* e a *softwares* como *GeoGebra* e *Geoboard*, ou ao realizarem avaliações por meio de formulários digitais. Por meio dessas práticas, percebi o impacto transformador que os recursos tecnológicos exercem sobre a motivação discente. Recordo, ainda, o espanto e a alegria externados quando lhes solicitei que trouxessem calculadora para as aulas: o simples acesso a um instrumento distinto já despertava o seu interesse.

Em casa, ao observar meu filho manusear o dispositivo móvel que lhe repassei, notei a naturalidade com que descobre funcionalidades, domina comandos em jogos como *Minecraft* e *Farm Simulator*, amplia o seu vocabulário e manifesta interesse por vídeos de *gamers*, aos quais recorre sempre que não sabe como resolver uma situação no jogo. Neles, meu filho observa estratégias e atalhos, aos quais assiste com atenção e procura reproduzir, demonstrando autonomia na busca por possíveis soluções. O abismo entre o desinteresse por ele demonstrado em relação a atividades puramente escritas e a forma como se apropria de recursos manipuláveis, a exemplo do material dourado, e tecnológicos como a simulação de vendedor na sala de trabalho do pai, onde pode digitar na tela do Word e calcular com o

auxílio da calculadora, reforça o meu propósito de alinhar as práticas educativas àquilo que fomenta o interesse dos discentes.

Diante desse cenário, não tive dúvidas: é imprescindível fomentar a cultura digital nas escolas. Para colaborar com esse fomento, necessito estudar continuamente as múltiplas tecnologias digitais disponíveis, constituir um exemplo positivo e incentivar outros profissionais da área da educação. Assim, quando meu filho alcançar os Anos Finais do Ensino Fundamental, a probabilidade de ele frequentar um ambiente educacional que incorpore as tecnologias às práticas educativas será substancialmente maior.

Almejo que meu filho aprenda a pensar e a resolver problemas, tanto no âmbito acadêmico quanto na vida em sociedade, apropriando-se das tecnologias contemporâneas. Para que esse objetivo se concretize, é fundamental que ele transite por ecologias nas quais o conhecimento e a curiosidade possam florescer.

1.2 CAMINHOS DE CONEXÃO

O mestrado constitui um dos meus projetos de vida. Até então, este não se apresentava como uma possibilidade factível, em razão dos custos financeiros e da distância geográfica. Contudo, em determinado momento, um anúncio da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), direcionado pelos algoritmos do computador, apresentou-me a abertura das inscrições. Como se pode constatar, obtive êxito. Para mim, essa oportunidade tem se mostrado fundamental na trajetória profissional. Aquilo que se limitava ao senso comum encontra respaldo em pesquisas e em pesquisadores da área. É gratificante constatar que outros sujeitos compartilham das mesmas inquietações, bem como ter acesso a esses pesquisadores e às suas pesquisas.

Cada disciplina trouxe consigo textos de grande relevância, os quais pareciam ter sido cuidadosamente selecionados para dar fundamentação teórica ao meu senso comum. Cursar o mestrado tem sido, literalmente, trafegar por caminhos de conexão. Senti-me acolhida e reiterei que um dos meus lugares preferidos é, de fato, constituído pelos espaços de estudo e de aprendizagem. Ademais, trata-se de uma oportunidade pública, gratuita e "perto de casa".

Este capítulo marcou a passagem de um mundo conhecido para outro emergente — a travessia entre o real e o virtual. Para avançar, acolho em silêncio as minhas raízes, abrindo espaço para o novo. A seguir, apresento a introdução do referencial teórico desta dissertação, cujos títulos e subtítulos dialogam com o universo ficcional de Avatar, bem como com a noção de metaverso.

2 DO REAL AO IMERSIVO

O metaverso, reconhecido como um ambiente virtual imersivo, torna-se foco nesta pesquisa. Como afirmam Vieira e Medeiros (2023, p. 1250), “o metaverso não é algo novo [...] Ele se refere a um mundo onde o virtual e o real interagem e criam valor através de atividades sociais”.

O propósito é utilizá-lo como uma nova possibilidade para o ensino de Geometria Plana e Espacial nos Anos Finais do Ensino Fundamental, uma vez que “o estudo da geometria é também uma forma de ler e interpretar o mundo ao seu redor” (Bairral *et al.*, 2024, p. 15) e “perceber o espaço é uma coisa que nos importa desde a geração” (Bravo, 2024, p. 24).

Além disso, concorda-se com Scheffer (2017, p. 29), quando destaca que “os ambientes informatizados de aprendizagem assumem seu lugar na escola com a chegada dos equipamentos eletrônicos, o que motivou os professores ao uso desses instrumentos em suas aulas”.

Junto ao metaverso e à Geometria Plana e Espacial nos Anos Finais do Ensino Fundamental, situam-se o corpo e o sentir, que sustentam esta investigação. O corpo é compreendido como corpo-próprio, “corpo com movimento intencional, que se expressa, que percebe e se estende ao outro na ação e na manifestação” (Scheffer, 2017, p. 54). Trata-se de um corpo consciente de si, que se comunica por gestos, posturas e movimentos, que percebe o ambiente, dialoga com o mundo à sua volta e a ele se conecta.

O sentir consiste em “ter imagens mentais proveniente dos padrões neurais que representam as modificações do corpo e do cérebro que constituem a emoção” (Damásio, 2013, p. 334). Assim, o sentimento não depende da presença física do estímulo, mas de como ele se representa internamente.

Nessa perspectiva, a presente pesquisa tem como tema o metaverso e suas possibilidades para o ensino de conceitos geométricos nos Anos Finais do Ensino Fundamental. A opção por pesquisar o metaverso como uma possível alternativa educacional justifica-se pela consideração das convicções pedagógicas que norteiam a prática da pesquisadora, pela observação do envolvimento dos estudantes com os jogos digitais em seus dispositivos móveis e com as atividades pedagógicas que se apropriam de recursos tecnológicos, bem como pela necessidade de um ambiente que possibilite a visualização e a simulação de conceitos geométricos e que instigue o interesse e a curiosidade, provoque reflexões e permita ao estudante participar da construção da sua aprendizagem.

Academicamente, a pesquisa revela-se relevante por contribuir para a continuidade dos diálogos sobre a apropriação das tecnologias digitais, neste caso, do metaverso, no ensino de conceitos geométricos, e por oferecer subsídio a professores ao disponibilizar uma proposta para a Criação de uma Ambiência Enativa[4] de Aprendizagem no Metaverso que utiliza esses espaços para ensinar Geometria no Ensino Fundamental.

Esta investigação torna-se relevante pela oportunidade de alinhar o ensino às dinâmicas da contemporaneidade. Ciente de que os estudantes estão crescendo em um mundo cada vez mais digital, no qual a interação com os dispositivos eletrônicos é intrínseca, o estudo busca integrar espaços virtuais imersivos às práticas pedagógicas já consolidadas. Dessa forma, por meio de um experimento de ensino sobre conceitos geométricos no metaverso, a pesquisa contribui para a inovação da Educação Matemática no Ensino Fundamental.

Nessa perspectiva, surge o problema: **que possibilidades os ambientes imersivos do metaverso apresentam para a discussão de conceitos geométricos a partir da corporeidade e de experiências sensoriais nos processos de ensino e de aprendizagem matemática nos Anos Finais do Ensino Fundamental?**

A pesquisa tem como objetivo geral investigar as possibilidades que ambientes imersivos do metaverso proporcionam para o ensino e para a aprendizagem de conceitos geométricos nos Anos Finais do Ensino Fundamental, considerando a corporeidade e as experiências sensoriais que fundamentam a estruturação teórica do estudo. Como objetivos específicos, busca-se: investigar aspectos teóricos da corporeidade em ambientes imersivos do metaverso que se apresentam para o ensino e para a aprendizagem de conceitos geométricos nos Anos Finais do Ensino Fundamental; analisar as experiências sensoriais proporcionadas nesses ambientes e suas possíveis contribuições para o ensino e para a aprendizagem de conceitos geométricos; elaborar e propor uma ambiência enativa de aprendizagem que utilize o metaverso para discutir conceitos geométricos; e analisar os resultados da experimentação da ambiência enativa de aprendizagem no metaverso, identificando como a interação entre o corpo, o sentir e o ambiente tecnológico contribui para o desenvolvimento do pensamento geométrico.

[4] A perspectiva enativa (ou enação) de Maturana e Varela (2010), a aprendizagem e a mente não funcionam isoladas “dentro da mente”. Dessa forma, o corpo em ação e o ambiente participam ativamente da constituição do conhecimento, que emerge justamente do acoplamento contínuo entre a pessoa e o mundo ao seu redor. Nesse viés, propomos um ambiente onde o conhecimento se renderiza por meio da interação do estudante com o ambiente digital, com base nas suas próprias ações corporais e na experiência sensorial.

Considerando o problema de pesquisa e os objetivos delineados, este estudo adotará uma abordagem qualitativa. Justifica-se esta escolha pela necessidade de compreender as particularidades da corporeidade e do sentir no processo de ensino e de aprendizagem de conceitos geométricos, o que se viabilizou pela realização de um experimento de ensino em ambiente de metaverso, que contou com a participação voluntária de estudantes dos Anos Finais do Ensino Fundamental.

Durante o experimento de ensino, o Produto Educacional foi testado e aplicado, momento em que os dados para a pesquisa foram coletados. Tal material foi preparado tendo em vista a teoria discutida: o corpo em movimento, o sentir e a visualização geométrica. Na referida vivência, foram tratados conceitos geométricos importantes para esta etapa de ensino, tais como: ponto, segmento de reta, plano, vértice, ângulo, lado, polígonos, face, aresta, poliedros, planificação, bidimensional, tridimensional, prisma, pirâmide, cubo e paralelepípedo. Almeja-se que, ao visualizar esses conceitos, os estudantes consigam reconhecer, nomear e comparar figuras geométricas planas com base em suas propriedades e relações entre lados e ângulos; associar figuras espaciais às suas planificações e vice-versa; e reconhecer, nomear e comparar figuras geométricas espaciais (como prismas, pirâmides, cilindros, cones e esferas), relacionando-as com objetos do mundo físico.

Os dois capítulos subsequentes destinam-se à apresentação do referencial teórico que sustenta esta investigação. O capítulo três explora as tecnologias digitais imersivas, a exemplo do metaverso, e a corporeidade, destacando como essa combinação pode revolucionar o ensino e a aprendizagem de conceitos geométricos, sem, contudo, substituir o papel essencial do professor. Desse modo, define-se o metaverso como uma rede de mundos virtuais 3D interoperáveis, persistentes e síncronos, que oferecem uma sensação de presença e continuidade para múltiplos usuários.

Além disso, discute-se o potencial pedagógico desse espaço imersivo como uma ferramenta de simulação que torna a aprendizagem matemática alinhada à realidade dos estudantes, ao promover interações ativas e a construção do conhecimento por meio de representações diversas. Acrescenta-se o metaverso como um espaço enativo, onde a aprendizagem emerge da interação e do acoplamento estrutural entre o estudante e o ambiente virtual, transformando a abstração matemática em uma vivência tangível e colaborativa. Para complementar, aprofunda-se a noção de corporeidade como um elemento ativo na construção

do saber, demonstrando como o corpo, ao se empenhar na resolução de problemas no metaverso, entra em estado de *flow*[5], materializando conceitos geométricos.

O capítulo quatro aborda como o sentir, compreendido como uma experiência consciente de estados internos mediada pelo sistema nervoso, molda a aprendizagem e a interação com o mundo, especialmente com a Matemática, aliado ao potencial do metaverso. Nesse sentido, exploram-se a forma como as emoções e os sentimentos se entrelaçam no processo de aprendizagem, com o cérebro agindo como centro de processamento que integra estímulos sensoriais e forma marcadores somáticos para a construção do conhecimento. Detalha-se, ainda, como a integração das tecnologias imersivas do metaverso pode revolucionar o ensino, potencializando a aprendizagem ao mobilizar múltiplos sentidos e transformar conceitos em vivências. Para complementar, apresenta-se a visualização geométrica como uma habilidade fundamental que permite aos estudantes superar desafios e construir uma compreensão das formas e das relações no espaço.

No capítulo cinco, relata-se o planejamento da pesquisa: os instrumentos, os sujeitos, a coleta de dados, a organização e a interpretação. No capítulo seis, apresentam-se os dados relevantes para a pesquisa e a exposição dos resultados. Na sequência, expõem-se as considerações finais, relacionando os dados coletados e interpretados no experimento de ensino com a teoria. Finaliza-se esta dissertação com a apresentação das referências e dos apêndices.

A realidade que habitamos não se encerra nas fronteiras do visível. No cotidiano escolar, o aprender nasce das vozes, dos gestos e das experiências partilhadas. O encontro entre o real e o imersivo indica um novo modo de ver e sentir o conhecimento — um movimento no qual aprender é atravessar portais. A seguir, apresenta-se o próximo capítulo, que discute as tecnologias e o corpo.

[5] Estado de concentração profunda e imersiva, no qual o estudante se envolve totalmente na atividade, perdendo a noção do tempo.

3 RENDERIZANDO CONEXÕES ENTRE O CORPO E O VIRTUAL

Tecnologia, nas palavras de Veraszto *et al.,* (2009, p. 38), "é um conjunto de saberes inerentes ao desenvolvimento e concepção dos instrumentos (artefatos, sistemas, processos e ambientes) criados pelo homem através da história para satisfazer suas necessidades e requerimentos pessoais e coletivos".

Nessa direção, as tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), tais como dispositivos móveis, computadores, *softwares* e redes de comunicação, asseguram experiências interativas e personalizadas. Essas tecnologias representam um elemento potencial para a transformação das metodologias de ensino, pois oferecem recursos que agregam valor ao processo de aprendizagem (Vieira; Medeiros, 2023), especialmente no âmbito do ensino de Geometria. Uma possibilidade que emerge dessa conjuntura é a utilização de tecnologias digitais imersivas, a exemplo do metaverso, conforme a prospecção realizada por Rabello e Junior (2023). Segundo esses autores, o metaverso configura-se como uma evolução tecnológica na qual se torna possível criar simulações que permitam a exploração e a manipulação de conceitos bidimensionais e tridimensionais.

Contudo, para além do aparato tecnológico, é fundamental direcionar o olhar para a corporeidade. Compreendendo que o corpo se mantém ativo durante o processo de aprendizagem, seja pelo movimento, pela experimentação ou pela interação sensorial, torna-se imprescindível considerá-lo, também, nas interações com os ambientes digitais.

Diante disso, o objetivo deste capítulo é fornecer subsídios científicos para alcançar um dos propósitos desta pesquisa, qual seja: investigar aspectos teóricos da corporeidade em ambientes imersivos do metaverso que se apresentam para o ensino e para a aprendizagem de conceitos geométricos nos Anos Finais do Ensino Fundamental.

Para tanto, o capítulo estrutura-se em quatro seções, além desta introdução. A seção 3.1 apresenta o metaverso — definição e características — com base em estudos de Ball

(2023) e Grossi *et al.,* (2024). Na seção 3.2, o foco recai sobre o potencial pedagógico do metaverso para o ensino da Matemática, especialmente da Geometria, conforme argumentos de Borba (2009), Scheffer (2017), Tarouco *et al.,* (2012), Vieira e Medeiros (2023) e Veraszto *et al.,* (2009). Na seção 3.3, aprofunda-se a discussão sobre os processos de aprendizagem experiencial com base nos estudos de Maturana e Varela (2010), articulando-os às contribuições de Baum e Kroeff (2018) e Gavillon *et al.,* (2020). Por fim, na seção 3.4, desenvolve-se a noção de corporeidade, cuja fundamentação decorre das obras de Scheffer (2016, 2017, 2024), integrando-se o conceito de *flow* de Csikszentmihalyi (2020). Em vista disso, este capítulo busca renderizar as conexões entre o corpo e o virtual, iniciando o percurso com um mergulho nas dimensões que compõem o metaverso.

3.1 UM LUGAR QUE OS OLHOS NÃO PODEM VER

Trata-se de um lugar que os olhos não podem contemplar sem o auxílio das tecnologias que o revelam. Não se configura como uma fuga da realidade, mas como uma ampliação dos espaços para experiências. Como afirma Lévy (2011, p. 12), “o virtual não tem afinidade com o falso, o ilusório ou o imaginário. Trata-se, ao contrário, de um modo de ser fecundo e poderoso, que põe em jogo processos de criação, abre futuros.” Estes espaços são definidos por Ball (2023, p. 79) como

> uma rede em enorme escala e interoperável de mundos 3D virtuais renderizados em tempo real que podem ser experienciados de forma síncrona e persistente por um número efetivamente ilimitado de usuários com um sentimento individual de presença e continuidade de dados, como identidade, história, direitos, objetos, comunicações e pagamentos.

Essa definição evidencia o caráter expansivo e interconectado do metaverso, o qual, conforme Ball (2023), materializa uma antiga imaginação humana presente em obras de ficção científica. O termo "metaverso" surgiu no romance *Snow Crash*, escrito por Neal Stephenson em 1992 (Classe *et al.*, 2023; Vieira; Medeiros, 2023; Grossi *et al.*, 2024). O referido autor descreve o metaverso como um mundo virtual persistente e capaz de impactar e interagir profundamente com diferentes aspectos da vida humana.

Lévy (2011) esclarece que o virtual não se opõe ao real, mas tende a atualizar-se. Assim, compreende-se o metaverso como um campo de atualização do mundo físico, resultante da ação humana mediada pela tecnologia.

Ball (2023) também destaca que diversas criações tecnológicas relacionadas ao metaverso nasceram da ficção, a exemplo dos óculos mágicos no conto *Os óculos de Pigmaleão*, de Stanley G. Weinbaum (1935), elemento que se pode associar aos óculos de realidade virtual. Outro termo oriundo da ficção é "ciberespaço", popularizado em 1984 por William Gibson em seu romance *Neuromancer* (Grossi *et al.*, 2024).

Com base nos estudos dos autores supracitados (Ball, 2023; Grossi *et al.*, 2024), depreende-se que os mundos virtuais constituem ambientes de simulação concebidos por meio de tecnologias digitais. Tais tecnologias são capazes de reproduzir cenários que variam entre representações realistas do mundo físico, versões ficcionalizadas deste ou universos inteiramente imaginários. Assim, o metaverso figura como o espaço no qual o impossível pode se tornar realidade.

A visualização desses mundos pode ocorrer de forma imersiva, em representação tridimensional, mediante o uso da realidade virtual. Ademais, dispõe-se da opção de integrá-la ao mundo real por meio da realidade aumentada, bem como da alternativa de mesclar ambas as tecnologias (Ball, 2023; Grossi *et al.*, 2024). Para além dessas ferramentas, o metaverso disponibiliza a tecnologia *blockchain*, definida como “bancos de dados gerenciados por uma rede descentralizada de ‘validadores’ [...] registros de blockchain não ficam em uma única localização nem são gerenciados por uma única parte” (Ball, 2023, p. 239-240). Conforme o mesmo autor, os termos *blockchain*, *web 3.0* e descentralização não constam formalmente na definição descrita por serem elementos “onipresentes e entranhados - entre si e com o termo metaverso” (Ball, 2023, p. 79).

A interação nesses ambientes dá-se pela utilização de óculos de realidade virtual, sensores de movimento, câmeras que monitoram os deslocamentos dos usuários e dispositivos de controle. Ball (2023) enfatiza que o uso desses *hardwares* possibilita uma troca dinâmica entre o usuário e o meio. Com base na citação inicial de Ball (2023), o metaverso apresenta as seguintes características:

- **Mundos virtuais:** consistem em ambientes virtuais criados por tecnologias digitais nos quais a presença e a interação prescindem de uma localização física fixa. Lévy (2011, p. 19) explica que a virtualização consiste em um “desprendimento do aqui e agora”, ressaltando que a ausência não implica irrealidade, mas um modo de existir desterritorializado. Nesse sentido, os mundos virtuais reconfiguram o tempo e o espaço. Como observa o autor, o ciberespaço e o hipertexto, “habitantes ubíquos” e “desterritorializados”, já produziam “acontecimentos de atualização e de navegação” (Lévy, 2011, p. 20). Atualmente, o metaverso expande esse princípio, transformando o

antigo hipertexto bidimensional em ambientes tridimensionais nos quais o sujeito, além de ler e observar, atua, sente e coexiste em redes que atualizam o real.

- **3D:** aspecto que distingue o metaverso da *internet* atual, tornando "possível a transmissão da cultura e do trabalho humano do mundo físico para o digital [...] Os seres humanos certamente não evoluíram durante milhares de anos para usar uma tela de toque plana" (Ball, 2023, p. 53). Os ambientes em 3D oferecem profundidade e a sensação de presença. Ball (2023, p. 54) discorre, ainda, que os "humanos buscam os modelos digitais que mais se aproximam de uma representação do mundo real como eles o experimentam - ricamente detalhado, misturando áudio e vídeo e com uma sensação de ser 'ao vivo' em vez de estático e ultrapassado".
- **Renderização em tempo real:** renderizar consiste no "processo de gerar um objeto ou um ambiente 2D ou 3D usando um programa de computador" (p. 56). Esse processo confere vivacidade à experiência, pois responde instantaneamente aos comandos dos usuários, proporcionando a sensação de imersão.
- **Rede interoperável:** refere-se à capacidade de os sistemas virtuais se conectarem, trocarem informações e funcionarem de forma integrada; ou seja, os usuários de um mundo virtual interoperável podem transferir seus bens virtuais para outro ambiente virtual sem barreiras. Conforme Lévy (2011, p. 22), "cada novo agenciamento, cada "máquina" tecnossocial acrescenta um espaço-tempo, uma cartografia especial, uma música singular". Essa multiplicidade de conexões caracteriza a essência interoperável dos mundos virtuais. De acordo com Ball (2023), tal característica ainda enfrenta desafios em seu desenvolvimento.
- **Grande escala:** capacidade de abrigar um número imenso de mundos virtuais interconectados. Nesse sentido, o metaverso deve evoluir para suportar uma infinidade de ambientes virtuais.
- **Persistência:** capacidade de um mundo virtual manter e preservar seu estado e suas informações, armazenando as ações realizadas pelos usuários — isto é, tais dados devem permanecer integrados ao mundo virtual mesmo após a desconexão dos usuários ou a reinicialização do servidor. Assim, a persistência assegura o histórico do usuário. Essa característica também enfrenta desafios de ordem técnica (Ball, 2023).
- **Sincronia:** refere-se à necessidade de que as interações e os eventos ocorram em tempo real para que todos os participantes compartilhem uma experiência simultânea. Dessa forma, os movimentos, os diálogos e as alterações de cenário são percebidos por todos sem atrasos ou desvios perceptíveis, preservando a coerência e a

continuidade. Desse modo, garantem-se a sensação de presença e a imersão. De acordo com Ball (2023), o maior desafio reside na infraestrutura de rede.

- **Usuários ilimitados:** capacidade de suportar um número virtualmente infinito de participantes simultâneos em um mesmo evento ou ambiente, constituindo uma extensão digital do mundo real. Ball (2023) aponta que essa característica também apresenta uma barreira monumental, para cuja superação requerem-se soluções avançadas no processamento, na renderização e na sincronização de grandes volumes de dados em tempo real.
- **Presença individual:** conforme Ball (2023), essa capacidade diz respeito à percepção de cada participante de estar efetivamente inserido no ambiente virtual compartilhado, interagindo com o meio e com os demais integrantes. Além disso, essa presença deve ser única e distinta, a fim de garantir que cada sujeito tenha sua identidade, suas ações e suas contribuições reconhecidas e refletidas no ambiente coletivo. Lévy (2011, p. 19) já advertia que "o virtual, com frequência, "não está presente"", mas, paradoxalmente, produz efeitos reais e perceptíveis, como a sensação de presença que caracteriza a experiência imersiva no metaverso.

Analisando essas características, verifica-se a possibilidade de apropriação do metaverso em diferentes contextos e segmentos; contudo, cumpre ter ciência de que se trata de um ambiente tecnológico em desenvolvimento que oferece amplas possibilidades, porém acompanhadas de restrições técnicas. Outro aspecto relevante refere-se à busca pelo equilíbrio para evitar que o metaverso se converta em um espaço genérico, incapaz de capturar a riqueza e a diversidade das interações humanas que definem o mundo real.

Portanto, o metaverso pode ser compreendido como uma revolução em curso que promete transformar as relações humanas. Nessa perspectiva, o metaverso expressa o movimento descrito por Lévy (2011, p. 26), segundo o qual "a virtualização é sempre heterogênese, devir outro, processo de acolhimento da alteridade", reinventando a nossa cultura e os modos de interação. Dessa forma, o metaverso também se apresenta como um novo território de aprendizagem, visto que os ambientes virtuais 3D possuem múltiplos propósitos, entre os quais o educacional. A seção seguinte versará sobre a utilização do metaverso na Educação Matemática.

3.2 QUANDO O CONHECIMENTO GANHA PROFUNDIDADE

Até recentemente, o termo "metaverso" figurava apenas na ficção. Todavia, “a tecnologia frequentemente produz surpresas que ninguém prevê. Mas os desenvolvimentos mais importantes e fantásticos são muitas vezes antecipados em décadas” (Ball, 2023, p. 11). Atualmente, o termo vem sendo amplamente debatido em todos os segmentos da sociedade, visto que promete transformações iminentes, inclusive para a área educacional. O diálogo abordado nesta seção versa sobre a apropriação do metaverso como uma nova possibilidade pedagógica na Educação Matemática. Vieira e Medeiros (2023, p. 1250) discorrem que:

> o Metaverso tem um grande potencial para ser utilizado como ferramenta pedagógica, permitindo a criação de ambientes virtuais que proporcionem experiências educacionais imersivas e enriquecedoras para os alunos, além disso esses ambientes virtuais imersivos podem ter capacidade de proporcionar sensação de presença, fomentar a colaboração e garantir alta disponibilidade.

Nessa perspectiva, a utilização do metaverso representa uma oportunidade para tornar a aprendizagem matemática condizente com a contemporaneidade, ao permitir a criação de novos cenários que evoluem à medida que os estudantes se apropriam deles. Assim, as tecnologias digitais passam a

> [...] integrar o ambiente escolar em um processo de interação que envolve estudante, professor, e tecnologia, ela passa a despertar a sensibilidade dos professores quanto a existência de diferentes opções de representações matemáticas, o que é fundamental para a ocorrência de construções, análises e estabelecimento de relações (Scheffer, 2017, p. 30).

Outrossim, a possibilidade de simulação configura-se como uma aliada para a apreensão de conceitos geométricos, processo em que, segundo Tarouco *et al.,* (2012, p. 1), “aproximar a geometria da realidade do aluno se caracteriza como um desafio apontado por muitos educadores”. Os estudos desses autores apontaram para

> a necessidade de inserir o aluno em atividades que incentivem a aprendizagem ativa, sejam atrativas e compreensíveis para ele, tais como jogos, simulações [...] observações, [...] resolução de problemas, enfim, em atividades desafiadoras e que provoquem o pensar, que permitam construir significados e conceitos, onde eles protagonizem de forma autônoma e interajam, produzindo um saber compartilhado e colaborativo (Tarouco *et al.*, 2012, p. 2).

Nessa linha de pensamento, Borba (2009, p. 453) já discutia o futuro da Educação Matemática diante das transformações ocasionadas pela disponibilização da *internet*. O referido autor enfatiza que “o conhecimento é construído por coletivos de

humanos-com-mídias", visto que, segundo seus estudos, os computadores reorganizam o pensamento de uma forma que a linguagem não consegue.

Assim, o emprego das tecnologias para o ensino de conceitos geométricos transforma a Educação Matemática por meio das mídias digitais, dado que estas possibilitam representações múltiplas, as quais não são assimiladas passivamente pelos discentes. Nas palavras do autor, "os estudantes são ativos na construção e reconstrução de representações" (Borba, 2009, p. 455-456). Desse modo, tais recursos moldam o pensamento ao mesmo tempo que são moldados pelos usuários.

Novas formas de pensar, ensinar e aprender harmonizam-se com novos ambientes destinados a tais tarefas. Nesse viés, Veraszto *et al.,* (2009, p. 38) discorriam que, "na medida em que muda padrões, a tecnologia também cria novas rotas de desenvolvimento. Portanto, trabalhar com tecnologia é trabalhar com algo dinâmico. O que hoje é ponta, amanhã é obsoleto, exigindo novos procedimentos, conceitos e atitudes para inovar". Nessa direção, Lévy (2011, p. 18) já esclarecia que a virtualização consiste "em fazer das coordenadas espaçotemporais do trabalho um problema sempre repensado e não uma solução estável", o que expressa precisamente o caráter dinâmico e mutável do metaverso como ambiente educacional.

Nesse cenário, Engelbrecht *et al.,* (2020) destacam que, além das transformações no ensino, as salas de aula de Matemática também passam por reconfigurações. Na concepção desses autores, a tecnologia digital "está desconstruindo a noção de sala de aula" (p. 826). Essa reestruturação corrobora o que Lévy (2011, p. 22) afirmava: "cada forma de vida inventa seu mundo e, com esse mundo, um espaço e um tempo específico". Assim, ao se adentrar o metaverso, a tecnologia viabiliza a criação de um novo espaço-tempo educacional em constante atualização.

Outrossim, Engelbrecht *et al.,* (2020) apontam que "as ferramentas mediam as ações dos educadores de matemática, permitindo-nos projetar novos ambientes de aprendizagem" (p. 832). Nessa mesma perspectiva, Borba (2009, p. 464) formulava uma provocação visionária ao discorrer que "talvez seja a hora de levar a escola para dentro da tecnologia".

Nesse sentido, o contexto revela-se propício para a proposta de criação de ambientes virtuais imersivos voltados ao ensino e à aprendizagem de Geometria no Ensino Fundamental. As explorações bidimensionais e tridimensionais viabilizadas nesses novos espaços permitem vivenciar os conceitos matemáticos, convertendo a Matemática abstrata em uma disciplina manipulável. Essa abordagem fundamenta-se na perspectiva de Borba (2009, p. 453), que, apoiando-se em estudos realizados com Villarreal, afirmava que o "uso de diferentes mídias

muda a matemática em si", bem como na premissa de Engelbrecht *et al.,* (2020, p. 829) de que "a aprendizagem combinada[6] oferece aos alunos ambas as opções de entrega, qualquer que seja o seu estágio atual de desenvolvimento".

Essa coexistência entre diferentes formatos de ensino reflete o que Lévy (2011, p. 22) denominava "situação em que vários sistemas de proximidades e vários espaços práticos coexistem", indicando que o aprender contemporâneo se desdobra em múltiplos territórios: físico, digital e virtual.

Diante do exposto, o metaverso consolida-se como uma nova possibilidade pedagógica que transcende as limitações dos métodos tradicionais de ensino, proporcionando benefícios à Educação Matemática e à prática docente, de modo específico para a aquisição de conhecimentos atinentes aos conceitos geométricos nos Anos Finais do Ensino Fundamental. É nessa imersão, na qual o conhecimento ganha profundidade, que a seção seguinte apresenta o metaverso como um espaço enativo de aprendizagem.

3.3 O PRIMEIRO VOO SELA A LIGAÇÃO

O conceito de metaverso promove

> profundas transformações no processo de aprendizagem, por meio de uma simulação da realidade em um mundo virtual com foco nas conexões sociais, garantindo em seu propósito intensa interação entre todos os envolvidos na dinâmica dos mundos virtuais, e quando se trata de educação, nas salas de aulas virtuais (Silva *et al.*, 2023, p. 3).

Essa abordagem pressupõe que o conhecimento emerge como resultado das ações e interações entre o organismo e o meio (Baum; Kroeff, 2018). Nesse viés, Gavillon *et al.,* (2020, p. 129) discorrem que "uma ferramenta importante para a produção de aprendizagem segundo a enação é a criação de espaços de experimentação, para que se possa aprender de forma engajada".

Nesse contexto, aprender não se limita à mera aquisição de informações, mas consiste em participar de experiências que articulam as dimensões sensorial, cognitiva e social. O estudante converte-se em agente ativo na constituição do conhecimento, tecendo sua compreensão a partir da exploração, manipulação e cocriação no ambiente virtual. Essa concepção dialoga com a noção de autopoiese, visto que, de acordo com Maturana e Varela (2010, p. 55),

[6] Face a face e digital

> a característica mais peculiar de um sistema autopoiético é que ele se levanta por seus próprios cordões, e se constitui como diferentes do meio por sua própria dinâmica, de tal maneira que ambas as coisas são inseparáveis. O que caracteriza o ser vivo é sua organização autopoiética. Seres vivos diferentes se distinguem porque têm estruturas distintas, mas são iguais em organização.

Desse modo, para os referidos autores, os seres vivos configuram-se como sistemas autopoiéticos; isto é, criam-se e preservam-se por si mesmos. Ademais, destacam-se do meio, embora dele sejam inseparáveis. Essa interação conceitua-se, segundo Maturana e Varela (2010), como acoplamento estrutural. O termo descreve a relação dinâmica entre um organismo e seu ambiente, na qual ambos se transformam mutuamente, pois

> enquanto uma unidade não entrar numa interação destrutiva com seu meio, nós observadores, necessariamente veremos que entre a estrutura do meio e a da unidade há uma compatibilidade ou comensurabilidade. Enquanto existir essa comensurabilidade, meio e unidade atuarão como fontes de perturbação mútuas e desencadearam mutuamente mudanças de estado. A esse processo continuado, demos o nome de acoplamento estrutural [...]. Tudo o que foi dito anteriormente é válido para qualquer sistema e portanto para os seres vivos (Maturana; Varela, 2010, p. 112).

No metaverso, essa relação potencializa-se, uma vez que o ambiente virtual responde diretamente às ações dos discentes, enquanto estes reajustam suas estratégias cognitivas com base nos *feedbacks* recebidos. Tal acoplamento estabelece um ciclo adaptativo que reflete a cognição incorporada e a aprendizagem experiencial. Como observava Lévy (2011, p. 29), os sistemas de realidade virtual transmitem mais do que imagens: “quase uma presença”. Essa presença simbiótica entre o sujeito e o ambiente digital reflete o acoplamento estrutural descrito por Maturana e Varela (2010). Assim,

> toda experiência vivida pelo sujeito ocorre em um mundo que é desde sempre correlato a toda sua atividade cognitiva, pois o sujeito experimenta o mundo estando desde sempre em acoplamento estrutural com ele. Enquanto esse acoplamento se mantém, a organização autopoiética não se desfaz e, por isso, todas as experiências entre ele e o seu mundo acontecem na permanência desse acoplamento (Baum; Kroeff, 2018, p. 225).

No ensino de Matemática, essa interação contínua manifesta-se no momento em que o estudante testa hipóteses e verifica suas consequências de maneira prática. O metaverso amplia tais possibilidades ao permitir que conceitos abstratos ganhem materialidade em contextos concretos. Essa expansão exprime a telepresença descrita por Lévy (2011, p. 27), na

qual “estamos, ao mesmo tempo, aqui e lá” graças às tecnologias digitais de informação e comunicação.

A Educação Matemática, muitas vezes percebida como distante, teórica e abstrata, ganha uma nova perspectiva quando os estudantes interagem diretamente com os conceitos em cenários tridimensionais. Essa vivência imersiva transforma a abstração matemática em algo tangível, promovendo uma compreensão integrada, experienciada e profunda.

Esse processo alinha-se à concepção de Maturana e Varela (2010, p. 190), segundo a qual “a riqueza plástica do sistema nervoso não se deve a que ele guarda representações ou ‘engramas’ das coisas do mundo, mas à sua contínua transformação, que permanece congruente com as transformações do meio, como resultado de cada interação que o afeta”.

Essa perspectiva reforça a maneira como a aprendizagem matemática é potencializada no metaverso, dado que cada manipulação, observação ou questionamento no ambiente tridimensional gera novas conexões neurais.

De acordo com Maturana e Varela (2010), os seres vivos operam em múltiplos domínios, tais como o biológico, o linguístico e o social, constituídos pelas interações com o meio. No ambiente virtual, esses domínios reconfiguram-se, viabilizando a criação de espaços interativos que se moldam pelos próprios usuários. Essa capacidade de transitar entre os domínios e expandi-los vincula-se ao funcionamento do sistema nervoso. De acordo com os autores (2010, p. 195),

> o sistema nervoso participa dos fenômenos cognitivos de duas maneiras complementares. [...] A primeira - e mais óbvia - ocorre pela ampliação do domínio de estados possíveis do organismo, que surge da imensa diversidade de configurações sensório-motoras que o sistema nervoso pode permitir. [...] A segunda se dá pela abertura do organismo para novas dimensões de acoplamento estrutural, ao possibilitar que ele associe com a grande diversidade de interações em que pode participar.

Sob o ponto de vista social, libertos da cegueira “de não percebermos que só temos o mundo que criamos com os outros, e que só o amor nos permite criar um mundo em comum com eles” (Maturana; Varela, 2010, p. 270), compreende-se que a colaboração é essencial para a aprendizagem e a construção do conhecimento. Nesse viés, o metaverso apresenta-se como um ambiente digital que amplia as possibilidades de interação, promove o trabalho em equipe, a partilha de estratégias e o engajamento coletivo no processo de aprendizagem. Essa ampliação das interações possíveis no meio virtual pode ser compreendida também a partir da perspectiva biológica que Maturana e Varela (2010, p. 154) apresentam ao afirmar que,

> [...] o comportamento dos seres vivos não é uma invenção do sistema nervoso e não está exclusivamente ligado a ele, já que o observador verá comportamentos ao observar qualquer ser vivo em seu meio. O que a presença do sistema nervoso faz é expandir o domínio de condutas possíveis, ao dotar o organismo de uma estrutura espantosamente versátil e plástica.

Assim, depreende-se que os ambientes digitais, ao estimularem múltiplas formas de interação e expressão, ressoam com a capacidade plástica dos seres vivos de ampliar seus repertórios de ação e convivência, sobretudo em contextos colaborativos de aprendizagem. Essa linha de pensamento coaduna-se com a concepção de conhecimento proposta por Maturana e Varela (2010, p. 185), segundo a qual “todo conhecer é fazer, como correlações sensório-efetoras nos domínios de acoplamento estrutural em que existe o sistema nervoso”.

Diante do exposto, compreende-se que o metaverso, ao favorecer experiências sensório-motoras, interações sociais e a construção ativa do conhecimento, consolida-se como um potente espaço enativo de aprendizagem. Nele, os estudantes têm a oportunidade de acessar informações e vivenciar situações que os desafiam a agir, refletir e transformar-se em constante acoplamento estrutural com o ambiente virtual.

O "primeiro voo" simboliza o instante em que o acoplamento estrutural se consolida, momento no qual o estudante deixa de meramente controlar um ambiente digital e passa a habitar esse espaço, em fluxo com suas dinâmicas e estímulos. É nesse entrelaçamento que o sujeito e o meio aprendem juntos, por meio de adaptações contínuas, recriando-se mutuamente. Essa expansão do aprender reflete o movimento de virtualização no qual “o corpo sai de si mesmo, adquire novas velocidades e conquista novos espaços” (Lévy, 2011, p. 33). Embora o foco resida no conhecimento, o princípio permanece o mesmo: a mente, o corpo e o ambiente projetam-se mutuamente, multiplicando as formas de existir e aprender. A seção seguinte prosseguirá nesse movimento, adentrando o território do "voo corporal", momento em que a corporeidade se revela como elemento essencial do aprender.

3.4 QUANDO O CORPO SE TORNA REDE

“Algo é aprendido quando o próprio corpo o compreendeu e o incorporou ao seu mundo” (Scheffer, 2016, p. 3). Ao inspirar-se em Merleau-Ponty, a autora evidencia que o corpo configura-se como um elemento ativo e vivo na constituição do saber. No processo de ensino e de aprendizagem, a corporeidade articula pensamento, movimento, gesto e fala na construção de significados, especialmente em ambientes mediados por tecnologias digitais. Nesse sentido, “a corporeidade não deve ser vista como algo secundário ou meramente

acessório às atividades lúdicas, mas como um componente central da educação" (Oliva; Mendes, 2025, não paginado).

No entanto, experiências recentes evidenciaram que a ausência do corpo em movimento, nas práticas educativas, pode comprometer a aprendizagem. Piloto e Moreira (2025) observam que o ensino remoto concebeu a ausência do corpo dos estudantes em seu movimento intencional, sem interação com o meio e com os outros. Borba (2021) apontou que o ensino remoto, durante o período crítico da pandemia de COVID-19, forçou a substituição da sala de aula em movimento por uma sala de aula distribuída, fragmentada em lares isolados. Nesse cenário, a casa[7] passa a atuar como um agente na dinâmica educacional, não projetado para o encontro e a mobilidade do corpo, o que limita tanto o movimento físico intencional quanto a capacidade de interagir com o meio e com os pares. Mesmo diante de esforços para promover a participação, o dualismo entre corpo e mente permaneceu presente, confirmando que a corporeidade não se manifestou em sua totalidade nesse contexto.

Scheffer (2016) destaca que a argumentação no ensino de Matemática ultrapassa a linguagem verbal, incorporando gestos e expressões corporais como formas de manifestação do pensamento. Ao explorar ambientes como o *GeoGebra*, Scheffer demonstra que a corporeidade se articula à construção do conhecimento matemático, mediando os processos de visualização, abstração e argumentação. Com base em Merleau-Ponty, a autora afirma que o corpo não apenas está no mundo, mas constitui o meio pelo qual nos tornamos conscientes dele.

A pesquisa de Scheffer (2017) amplia essa compreensão ao mostrar que a interação corpo-mídias-matemática potencializa novas formas de conceber o movimento corporal. No trabalho dessa pesquisadora, a utilização de sensores possibilitou que os discentes representassem o movimento em múltiplas linguagens, atribuindo significados matemáticos a partir da experiência. Como destaca a autora, "o corpo-próprio sendo movimento promoveu a significação matemática que se estabeleceu no decorrer dos episódios com as narrativas matemáticas, momentos criativos dos estudantes ao explorarem seu entendimento" (Scheffer, 2017, p. 205). Esse processo, conforme concluiu a autora, favorece as noções relacionadas a variação, tempo e espaço, antecipando de forma intuitiva os conceitos e evidenciando que a aprendizagem matemática ocorre na articulação entre experiência, mediação tecnológica e abstração simbólica. É pelo corpo que "percebemos, interagimos, significamos e aprendemos.

[7] Borba (2021) advertiu que a transição repentina transformou os quartos dos estudantes em sala de aula, tirando a privacidade, expondo as vulnerabilidades no cenário doméstico e evidenciando as desigualdades extremas de moradia.

O corpo, portanto, não é algo que temos, mas algo que somos, e essa perspectiva altera radicalmente as formas como concebemos a aprendizagem, o conhecimento" (Paz *et al.*, 2025, p. 38058).

Essa perspectiva também se faz presente em Scheffer (2024, p. 236), ao afirmar que "a expressão motora do nosso corpo [...] é uma maneira de expressar nosso acesso ao mundo e ao objeto". No contexto da Geometria, essa relação revela-se potente, pois o espaço é vivido corporalmente para além da representação simbólica. A autora aponta que "a geometria do espaço é vista como aquela necessária para o sujeito se mover" (Scheffer, 2024, p. 236).

A vivência do movimento intencional, como girar o corpo 90 graus para formar um ângulo reto ou caminhar para construir os lados de um polígono, materializa no corpo os conceitos geométricos antes de sua formalização no papel por meio de registros ou atividades escolares. Essa articulação entre experiência sensível e representação simbólica possibilita ao estudante compreender que um quadrado possui quatro lados de mesma medida e quatro ângulos de 90 graus por ter vivenciado essas propriedades antes de representá-las graficamente, visto que, segundo Scheffer (2024, p. 244), "o entendimento ocorrerá quando o estudante vivenciar com o seu próprio corpo o movimento da construção do polígono".

Assim, a corporeidade atua como uma ponte entre o que se vive e o que se representa, entre o corpo em movimento e o conceito matemático, constituindo-se como um princípio epistemológico para a construção do conhecimento geométrico. Quando mediada pelas tecnologias digitais, a "atividade de vivência corporal" (Scheffer, 2024, p. 244) amplia a percepção, incentiva a expressão e fortalece o vínculo entre corpo, pensamento e linguagem matemática. É por meio do corpo que o sujeito se situa no espaço e é com ele que aprende a ver, fazer e compreender a Geometria.

Ao se superar a ideia do corpo como mero suporte da cognição, torna-se possível compreender que o envolvimento do sujeito ocorre de forma integral, sensível e ativa. O corpo, ao engajar-se em uma atividade, interpreta, direciona a atenção, regula o esforço e responde emocionalmente aos desafios, indo além da simples execução de movimentos. Nesse sentido, aprender revela-se um ato de presença que exige foco, reflexão e disposição para o envolvimento.

Nessa perspectiva, o conceito de *flow*, proposto por Csikszentmihalyi (2020), oferece uma chave explicativa importante para se pensar o corpo mobilizando-se na aprendizagem. O autor descreve esse estado como uma experiência ideal na qual "a pessoa fica tão envolvida numa atividade que nada mais parece importar, em que a experiência em si é tão apreciada

que nos entregamos a ela mesmo a um alto preço, pela mera satisfação de vivê-la" (Csikszentmihalyi, 2020, não paginado).

Esse estado de atenção plena e entrega surge quando a tarefa desafia o estudante de modo equilibrado às suas habilidades, apresentando metas claras e proporcionando *feedback* imediato (Csikszentmihalyi, 2020). Nessas condições, o corpo mobiliza sua potência máxima, coordenando percepção, ação e pensamento em um fluxo contínuo e autônomo. A aprendizagem nesse estado deixa de ser fragmentada, pois o estudante vivencia um processo no qual se sente capaz, atento, envolvido e motivado.

A isso, Csikszentmihalyi (2020, não paginado) denomina fruição: uma vivência de prazer decorrente da superação de si e da sensação de progresso diante do desafio. O autor explica que "a combinação de todos esses elementos traz uma sensação de fruição profunda tão recompensadora que as pessoas sentem que vale a pena gastar um bocado de energia simplesmente para ser capaz de experimentá-la".

Assim, a fruição atravessa o corpo e é por ele sentida. O corpo vibra com a descoberta, sustenta a concentração, equilibra a tensão do desafio e celebra internamente os momentos de compreensão. Nesse contexto, o estado de *flow* reforça a premissa de que a aprendizagem emerge de um encontro potente entre o sujeito, o desafio e a experiência.

Nesse cenário, o metaverso, com suas tecnologias e características, surge como um ambiente virtual tridimensional que amplia as experiências no processo de ensino e de aprendizagem da Geometria. Se a tela e o papel já permitiam representar os conceitos vividos pelo corpo, o metaverso oferece a possibilidade de realizar movimentos intencionais em tempo real e em ambiente imersivo. Assim, pode-se representar e vivenciar esse movimento de forma interativa, em uma dinâmica que favorece o engajamento.

A presença ativa do corpo no metaverso favorece a continuidade do fluxo de atenção e de ação característico do estado de *flow*, visto que as atividades proporcionam fruição. Além disso, o metaverso possibilita que os gestos matemáticos ganhem nova expressão ao serem traduzidos por comandos corporais ou simulações visuais. Essa experiência não substitui o corpo físico, mas o prolonga e o transforma em uma interface expressiva, permitindo reconectar pensamento, ação e abstração em uma mesma vivência pedagógica.

Essa compreensão dialoga diretamente com Lévy (2011, p. 33), para quem "a virtualização do corpo não é uma desencarnação, mas uma reinvenção, uma reencarnação [...] uma heterogênese do humano". Nesse sentido, o corpo no metaverso não é suprimido, mas ampliado, uma vez que sua presença se redistribui em novos planos sensório-cognitivos, afirmando a corporeidade como potência de criação e de presença.

Ao integrar o metaverso como um espaço de aprendizagem geométrica, reafirma-se a importância da corporeidade como eixo estruturante da cognição, superando-se a fragmentação entre mente e corpo, bem como entre teoria e prática. Desse modo, o metaverso configura-se como um recurso tecnológico com amplo espaço de exploração e experimentação, podendo representar, ademais, um novo território educativo que possibilita ao estudante aprender Geometria sentindo-se parte dela.

É nesse envolvimento que o corpo se torna rede, passando a pulsar em sintonia com o ambiente, com os outros e consigo mesmo. Como afirmava Lévy (2011, p. 29), “meu corpo tangível está aqui, meu corpo sonoro desdobrado está aqui e lá”, antecipando a noção de corpo em rede. No metaverso, essa ubiquidade se intensifica, pois o corpo se prolonga em múltiplas presenças conectadas, sem deixar de sê-lo.

Nessa trama de relações vivas, o aprender consolida-se como uma experiência de conexão e presença. A corporeidade mediada pelas tecnologias digitais revela-se como um território no qual pensamento e movimento coexistem em fluxo contínuo, e o corpo conectado torna-se o fio condutor da aprendizagem. Nesse sentido, o corpo conectado pode ser compreendido como aquilo que Lévy (2011, p. 33) denominava “atualização temporária de um enorme hipercorpo híbrido, social e tecnobiológico”. A corporeidade, sob a mediação tecnológica, faz pulsar esse hipercorpo conectado, no qual cada gesto individual reverbera em uma rede de aprendizagens partilhadas. É desse tecido pulsante que emerge o sentir, tema que se desdobra no próximo capítulo.

4 A TEIA DA VIDA INTERIOR

Se no capítulo anterior renderizaram-se as conexões entre o corpo e o virtual, neste o foco desloca-se para as tramas invisíveis que unem a percepção e a emoção. A teia da vida interior simboliza esse espaço no qual o sentir se manifesta, conectando a dimensão biológica à simbólica.

Sentir constitui a experiência consciente de estados internos do organismo, mediada pelo sistema nervoso, a qual produz e expressa tanto as reações do corpo às interações com o ambiente quanto os processos internos que regulam a vida (Damásio, 2013).

Esse processo envolve dimensões subjetivas que variam em intensidade e qualidade, atuando como um filme contínuo da relação entre o ser e o mundo, ou seja, um reflexo daquilo que ocorre tanto na superfície quanto nas profundezas do corpo e da mente, conforme descrito por Damásio (2022, p. 64):

> [...] os sentimentos, como expressos em nosso organismo e experimentados na nossa mente, conseguem nos manobrar, literalmente nos perturbar de modo positivo ou negativo. [...] por que "eles são de casa" e têm acesso ao nosso interior. [...] os sentimentos não se limitam a tirar fotos instantâneas de objetos ou eventos externos; eles filmam o espetáculo todo e a atividade nos bastidores, ou seja, não apenas as superfícies, mas também o que está por baixo.

Essa perspectiva evidencia a relevância dos sentimentos na aprendizagem, sobretudo em componentes curriculares desafiadores como o de Matemática, nos quais as emoções exercem influência direta sobre a dinâmica e a natureza dos saberes adquiridos.

É fundamental destacar a contribuição da aprendizagem matemática para a formação integral do estudante, haja vista que, além de favorecer o desenvolvimento da capacidade de realizar cálculos, essa disciplina aprimora o pensamento crítico e a criatividade. No ambiente escolar, é recorrente a identificação de discentes que apresentam resistência ao componente e dificuldade na sua compreensão, manifestando sentimentos desfavoráveis em relação a ele. Na perspectiva de Boaler *et al.,* (2018, p. 3),

> [...] muitos estudantes têm uma ideia extremamente errada sobre a matemática. Ao longo de anos de aula de matemática, muitos estudantes passam a acreditar que seu papel na aprendizagem dessa disciplina é memorizar métodos e fatos, e que o sucesso na matemática provém da memorização. Eu afirmo que esta é exatamente a ideia errada porque, na verdade, há muito pouco a ser lembrado em matemática. Essa disciplina é composta de poucas ideias fundamentais interligadas, e os alunos que são bem sucedidos em matemática são aqueles que veem o assunto como um conjunto de ideias sobre as quais eles precisam pensar profundamente.

Considerando o exposto, esta pesquisa objetiva compreender de que maneira as tecnologias imersivas disponíveis no metaverso podem contribuir para repensar as aulas de Matemática, de modo a promover uma perturbação positiva, tornando-as mais atrativas para os estudantes e motivando-os a aprender. Afinal, como acrescenta Wachowicz (2012, p. 151), "é preciso instituir nas salas de aula, diariamente, o desejo e a busca do conhecimento, e transformá-los em pensamento e atitude".

Este capítulo destina-se a apresentar um referencial teórico que permita alcançar o objetivo específico de analisar as experiências sensoriais proporcionadas nesses ambientes e suas possíveis contribuições para o ensino e para a aprendizagem de conceitos geométricos. Estruturalmente, o capítulo foi organizado em seções. Na primeira, o foco central recai sobre a importância dos sentimentos no processo de consolidação das aprendizagens referentes aos conceitos geométricos. Em seguida, a abordagem estende-se às experiências sensoriais e à mobilização dos sentidos mediante o uso dos recursos tecnológicos do metaverso. Por fim, apresenta-se a visualização como elemento-chave para a aprendizagem de conceitos geométricos.

4.1 EMOÇÃO QUE CHEGA PELA CONEXÃO

A importância das emoções e dos sentimentos no processo de aprendizagem da Matemática constitui o foco central desta seção. Nesse viés, Damásio (2022, p. 66) define as emoções como sendo

> uma coleção de ações internas involuntárias que ocorrem em conjunto (por exemplo, contrações na musculatura lisa, alterações na frequência cardíaca, respiração, expressões faciais, postura), desencadeadas por eventos perceptuais. As ações emotivas em geral se destinam a respaldar a homeostase, por exemplo, reagindo a ameaças ou indicando estado de êxito. Quando evocamos eventos na memória, também produzimos emoções.

Na sequência, o autor conceitua o sentimento como "fenômenos mentais que acompanham e derivam de vários estados de homeostase do organismo, que podem ser primários (sentimentos homeostáticos como fome e sede, dor ou prazer) ou provocados por emoções (sentimentos emocionais como medo, raiva e alegria)" (Damásio, 2022, p. 66).

Com base em tais definições, é possível estabelecer uma conexão entre emoção e sentimento, os quais se manifestam em uma sequência interligada de processos que envolvem o corpo e a mente, sendo as emoções fenômenos primários e os sentimentos, representações

mentais desses mesmos fenômenos. Dessa forma, os sentimentos derivam das emoções e traduzem suas manifestações físicas em experiências subjetivas, constituindo a base para reflexões, decisões e comportamentos conscientes. Fica evidente que, nessa relação, a emoção representa a base biológica, ao passo que os sentimentos constituem as dimensões mentais e interpretativas dessas respostas.

O cérebro desempenha um papel central na produção das emoções e dos sentimentos, armazenando memórias emocionais que auxiliam na associação de experiências passadas a situações presentes. Além disso, relaciona as emoções aos comportamentos, reforçando condutas associadas a sentimentos positivos e desestimulando atitudes ligadas a sentimentos negativos. Trata-se, assim, do núcleo do processamento neural, no qual os estímulos sensoriais se transformam em padrões mapeados, fundamentais para a compreensão e a internalização das informações (Damásio, 2013).

Por meio dos sentidos (visão, audição, tato, olfato e paladar), o sujeito interage com os mundos externo e interno, constituindo representações mentais detalhadas. Essas representações são armazenadas na memória e manipuladas para resolver problemas, formular ideias e estabelecer conexões entre conceitos, conforme explica Damásio (2022, p. 49):

> a atividade neural relacionada a estados mentais é distribuída espacialmente por conjuntos de neurônios de maneira que naturalmente constitui padrões. Os exemplos óbvios ocorrem nas sondas sensoriais da visão, da audição e do tato, em conjunto com as das atividades no nosso interior visceral. Os padrões correspondem, em termos espaciais, a objetos, ações ou qualidades que provocam a atividade neural. Eles retratam objetos e ações não só espacialmente, mas também em termos do tempo que as ações levam para ocorrer. A atividade neural mapeia de modo abrangente os objetos-alvo e suas ações. Os "padrões mapeados" são esboçados depressa de acordo com os detalhes físicos de objetos e ações presentes no mundo ao redor do nosso sistema nervoso — sobretudo no mundo que se oferece a sondas sensoriais como os olhos ou os ouvidos. As "imagens" que constituem nossa mente são resultado da atividade neural bem organizada que transmite esses padrões ao cérebro.

Em síntese, o cérebro não atua isoladamente: há uma integração entre as áreas sensoriais, o hipocampo e o córtex pré-frontal que fortalece as conexões neurais, consolidando a memória e facilitando o acesso ao conhecimento (Damásio, 2022). Ademais, os sentimentos vinculados à experiência sensorial ancoram a aprendizagem em contextos emocionais e corporais, tornando-a duradoura. Desse modo, o cérebro processa informações e articula os sentidos, a memória e as emoções, criando uma base sólida para o aprendizado.

Damásio (2012, p. 223) oferece uma perspectiva sobre o processo de tomada de decisão e a construção do conhecimento mediante a teoria da marcação somática: "os

marcadores-somáticos são um caso especial do uso de sentimentos gerados a partir de emoções secundárias. Essas emoções e sentimentos foram ligados, pela aprendizagem, a resultados futuros previstos de determinados cenários".

Fundamentando-se na interação entre corpo, sentidos, emoções e sentimentos, essa teoria destaca os marcadores somáticos como sinais automáticos associados a estados emocionais e sentimentais, os quais orientam a atenção, destacam opções e simplificam o processo decisório. Conforme afirma o autor (Damásio, 2012, p. 223), "os marcadores-somáticos não tomam decisões por nós. Ajudam o processo de decisão dando destaque a algumas opções, tanto adversas como favoráveis, e eliminando-as rapidamente da análise subsequente".

Esses marcadores são formados a partir de experiências emocionais e sentimentais, sobretudo durante a infância e a adolescência, e têm como base as emoções secundárias, que se desenvolvem por meio da aprendizagem e da socialização, como destaca Damásio:

> os marcadores baseiam-se no processo das emoções secundárias. A constituição de marcadores-somáticos adaptativos requer que tanto o cérebro como a cultura sejam normais. Quando o cérebro ou a cultura são deficientes, é improvável que os marcadores-somáticos sejam adaptativos [...] O conjunto crítico e formativo de estímulos para os emparelhamentos somáticos é, sem dúvida, adquirido na infância e na adolescência. Mas o crescimento do número de estímulos somaticamente marcados termina apenas quando a vida chega ao fim, pelo que é adequado descrever esse crescimento como um processo contínuo de aprendizagem (2012, p. 228 e 230).

A inclusão dos sentimentos como elemento essencial amplia a compreensão sobre o funcionamento dos marcadores somáticos. Enquanto as emoções são reações automáticas e imediatas a estímulos, os sentimentos emergem como interpretações conscientes dessas emoções. Eles criam um contexto minucioso que conecta as respostas somáticas às reflexões e às experiências pessoais. Quando combinados aos estímulos sensoriais, os sentimentos intensificam a formação de memórias marcantes e a construção do conhecimento.

Nessa perspectiva, os sentidos atuam como portais pelos quais o cérebro absorve estímulos do ambiente circundante para desencadear respostas emocionais e sentimentais que auxiliam na apreensão das informações recebidas. Cada sensação captada pode converter-se em um marcador somático, com base nas emoções vivenciadas previamente.

A aprendizagem humana pode ser compreendida como uma experiência holística que envolve múltiplos canais sensoriais e uma expressiva dimensão sentimental. Quanto mais sentidos são ativados durante o processo educativo e quanto mais estes evocam sentimentos relevantes, maior é a probabilidade de se criarem marcadores somáticos eficazes. Tais

sentimentos conferem profundidade às associações emocionais, conectando o objeto do conhecimento em estudo à experiência subjetiva do estudante.

Os sentimentos despertados em uma aula que combina elementos visuais, auditivos e táteis podem intensificar a apropriação dos objetos de conhecimento em pauta. Esse envolvimento sentimental reforça a aprendizagem ao vincular informações a valores e experiências.

Os marcadores somáticos não apenas priorizam informações, mas também integram os sentimentos ao processo decisório. Nesse contexto, as experiências vivenciadas no ambiente educacional que despertam sentimentos de realização, pertencimento e curiosidade apresentam maior probabilidade de retenção. Por outro lado, sentimentos negativos como ansiedade e frustração, quando não mediados adequadamente, podem dificultar a retenção de dados e comprometer o aprendizado.

Assim, a estruturação de um ambiente que evoque sentimentos positivos é fundamental para otimizar a formação de memórias e a tomada de decisões. Como discorre Damásio (2022, p. 29), “os sentimentos nos fornecem o conhecimento da vida no corpo e, de pronto, tornam esse conhecimento consciente”. Portanto, os sentimentos proporcionam ao organismo uma avaliação qualitativa das experiências, ancorando o conhecimento a contextos emocionais e corporais.

É nesse ponto que o sentir ultrapassa a dimensão biológica e se transforma em impulso para aprender. A aprendizagem emerge quando algo nos mobiliza: a emoção constitui o primeiro sinal dessa ligação, fazendo o sujeito sentir-se parte do que aprende, movendo o corpo, despertando os sentidos e abrindo espaço para o pensamento. É essa energia inicial — a emoção advinda da conexão — que impulsiona o aprender.

Nesse sentido, as tecnologias imersivas, a exemplo dos óculos de realidade virtual para acesso ao metaverso, atuam diretamente sobre as sondas sensoriais. Ao simularem os estímulos do mundo físico, esses dispositivos estimulam a geração de padrões neurais análogos aos da vivência concreta. Essa capacidade de induzir a sensação de presença e de mobilizar respostas físicas e mentais genuínas torna o metaverso um ambiente promissor para a manifestação de emoções e sentimentos durante a aprendizagem.

Quando a emoção se converte em consciência e a consciência em imagem, o que se sente passa a ser visualizado. É nesse instante que o aprender se transforma em visualização, constituindo um modo de pensar e de representar o mundo. Especialmente na Geometria, a visualização possibilita ao estudante transformar o invisível em forma. A seguir, amplia-se

essa abordagem para compreender como as tecnologias digitais imersivas disponíveis no metaverso mobilizam os sentidos e potencializam a aprendizagem matemática.

4.2 ME ENSINE A VER

A integração das tecnologias digitais imersivas disponíveis no metaverso pode trazer transformações positivas para a aprendizagem matemática. Bairral (2023) salienta que a utilização das tecnologias potencializa a aprendizagem, desde que seu emprego ultrapasse a simples modernização do ensino. Para isso, é fundamental que a tecnologia esteja presente de forma transversal, permeando todo o currículo.

De acordo com esse autor, a tecnologia deve estar inserida nos processos de ensino e de aprendizagem, bem como no desenvolvimento de habilidades matemáticas. Sua apropriação visa a simulações e explorações, além da mediação para reconfigurar e ressignificar conceitos. Bairral (2023) acrescenta que é importante considerar os sujeitos, no caso, os estudantes, que estão produzindo conhecimento, observando a maneira como eles se relacionam com as mídias digitais.

Recursos como construções digitais, registros escritos e metáforas auxiliam na mediação semiótica, isto é, na forma como se representam e se compreendem os conceitos. Bairral (2023) ressalta que o design de tarefas, a mediação semiótica e a dinâmica da aula estão interligados, influenciando diretamente o processo cognitivo dos discentes. Essa integração possibilita que o estudante apreenda conceitos, explore-os de forma interativa e produza significados positivos.

Na perspectiva de Bairral (2023), inovar no ensino da Geometria consiste em redesenhar as práticas pedagógicas, aproveitando as tecnologias disponíveis e outros recursos didáticos para transformar conceitos em experiências interconectadas que, além de facilitar a aprendizagem, geram novas formas de pensar e de compreender os objetos do conhecimento geométrico.

As tecnologias, tanto as analógicas quanto as digitais, coexistem com o ser humano e constituem possibilidades promissoras para o ensino. Embora os estudantes utilizem as tecnologias digitais amplamente em seu cotidiano, como por meio de celulares e computadores, seu uso precisa ser reorientado para finalidades pedagógicas (Prensky, 2001). A criação de ambientes virtuais imersivos de aprendizagem põe em evidência como a tecnologia digital pode ser apropriada para conectar o conhecimento escolar ao mundo real.

Nesse sentido, trata-se de uma oportunidade para a criatividade humana gerar novos conceitos e alterar o escopo cultural da Matemática que se ensina e se aprende (Gontijo *et al.*, 2019). Enquanto fração do conhecimento, a Matemática também se transforma com o tempo, impulsionada por mudanças culturais e tecnológicas (Bairral, 2023).

Portanto, ensinar e aprender Matemática requer lógica, emoção, curiosidade e criatividade. Além disso, exige intencionalidade, pois, como discorre Wachowicz (2012, p. 138-139), "a aprendizagem é um processo que tem a duração de toda a vida e somente pode ser realizado pela pessoa que tem a intencionalidade, ainda que inconsciente, de aprender". A autora enfatiza, ainda, que os professores precisam fomentar esse interesse. Nessa linha de pensamento, o propósito é mobilizar os estudantes para despertar o interesse e o engajamento com os objetos do conhecimento matemático, visando à produção de saberes geométricos e ao desenvolvimento, no discente, da habilidade de ler e interpretar o mundo por meio da Geometria. A inovação na prática docente não se limita ao emprego de tecnologias digitais, mas envolve integração, conceituação, ousadia, intencionalidade e criação. Desse modo, a exploração de novas abordagens de ensino, articulando mídias digitais e afetividade no processo educativo, demanda incentivo constante.

Nas palavras de Bairral (2023, p. 10), "o ser humano é potente por natureza", apresentando capacidades que ultrapassam a mera dimensão racional do pensamento. Sob essa ótica, as tecnologias vinculadas ao metaverso possibilitam a mobilização dos cinco sentidos, reconfigurando a forma como se interage com o conhecimento. Esse impacto mostra-se relevante em áreas que exigem maior esforço e persistência, como a Matemática. Contudo, cabe questionar: como mobilizar os sentidos mediante as tecnologias do metaverso para essa finalidade?

Observa-se a expansão da diversidade de equipamentos disponíveis para o acesso aos ambientes virtuais no metaverso. Os óculos VR criam a sensação de profundidade e movimento, acompanhando os deslocamentos da cabeça para simular ambientes tridimensionais. Fones de ouvido integrados reproduzem sons em 360 graus, auxiliando na localização espacial do usuário e ampliando a sensação de presença. Controladores permitem interações físicas com o ambiente virtual, captando movimentos e transmitindo sensações táteis, como vibrações e texturas, o que confere maior realismo às experiências. Ademais, novas tecnologias voltadas a estímulos olfativos e gustativos encontram-se em desenvolvimento, prometendo agregar ainda mais densidade às vivências imersivas (Ball, 2023).

O metaverso combina realidade virtual e realidade aumentada. Essa integração possibilita a visualização e a exploração de formas geométricas como se fizessem parte do mundo físico. Como já antecipava Lévy (2011, p. 28), “os sistemas ditos de realidade virtual nos permitem experimentar uma integração dinâmica de diferentes modalidades perceptivas”, viabilizando reviver experiências sensoriais completas. Essa articulação dos sentidos (visão, audição, tato e cinestesia) constitui justamente o aspecto que o metaverso potencializa, convertendo a aprendizagem matemática em uma vivência corporificada.

Esses estímulos despertam a propriocepção ao permitir a percepção do corpo no espaço físico circundante (Damásio, 2022). A capacidade de manusear objetos virtualmente, como rotacionar uma figura geométrica para observar todos os seus ângulos e faces, intensifica a imersão e aprimora a compreensão espacial, elemento crucial no ensino da Matemática. A combinação desses recursos transforma o aprendizado em uma vivência, vinculando os sentidos ao raciocínio lógico e emocional, o que facilita a compreensão de entes abstratos sem correspondência física direta no mundo real, a exemplo de pontos e segmentos (Bairral, 2023).

A partir do exposto, pondera-se que as possibilidades de interação com conceitos geométricos no metaverso ilustram como a mobilização de múltiplos sentidos expande a percepção e favorece a internalização conceitual. A estimulação integrada dos sentidos gera padrões mapeados no cérebro que conectam objetos e ideias a contextos sensoriais e emocionais. Tais representações mentais organizam-se espacialmente, são armazenadas na memória e manipuladas para solucionar problemas e gerar novos entendimentos (Damásio, 2022).

Nesse horizonte, as reflexões de Bairral (2017) reforçam a importância de compreender a tecnologia como uma extensão sensorial e cognitiva do corpo humano. Ao defini-la como “um artefato semiótico e uma extensão do nosso corpo em suas dimensões sensorial e emocional” (Bairral, 2017, p. 100), o autor ratifica que a aprendizagem e a experiência humana são corporificadas.

Compreendem-se, assim, os gestos, as falas e os toques em telas como manifestações concretas dessa extensão, configurando uma linguagem própria que revela o pensamento no ato comunicativo. De acordo com Bairral (2017, p. 101), “toques em telas constituem uma outra linguagem e, portanto, possuem particularidades e implicações em nosso pensamento”. Essa perspectiva aproxima-se da imersão proporcionada pelo metaverso, no qual manipulações corporificadas, como girar, transladar ou explorar objetos tridimensionais,

potencializam a compreensão espacial e integram diferentes dimensões da cognição e da emoção.

Bairral (2022) reforça essa compreensão ao defender que a cognição matemática não se reduz à escrita e à oralidade, mas emerge de múltiplos registros. Tais registros podem incluir gestos, imagens, construções digitais, toques e até interações mediadas por *emojis* e vídeos, configurando o que o autor denomina registros hiperconectados, os quais ampliam as formas de representar e compreender conceitos. Como destaca o pesquisador, "vale o que está articulado e explicado, de modos diversos" (Bairral, 2022, p. 138), e não apenas o que se encontra na forma escrita. Por esse viés, entende-se o metaverso como um espaço de hiperconexão no qual diferentes linguagens se articulam, transformando a experiência matemática em vivência corporificada.

Para concluir, enfatiza-se que a possibilidade de criar experiências imersivas de aprendizagem expande-se com a utilização das tecnologias disponíveis no metaverso. Vivências como essas integram a tríade cérebro-corpo-ambiente com o objetivo de reconfigurar o ensino da Matemática, neste caso, de conceitos geométricos. Simultaneamente, essa transformação contribui para a formação integral dos estudantes, uma vez que reconhece e valoriza as dimensões emocionais e culturais do pensamento.

Ao integrar corpo, sentidos e tecnologias imersivas, o metaverso amplia as vias de percepção e compreensão do espaço. Nesse ambiente, aprender torna-se um ato de ver com todo o corpo. Assim, a imersão prepara o olhar para a visualização geométrica, em que perceber o mundo significa também compreender suas formas e relações. Nesse processo, o corpo se expande, conforme descreve Lévy (2011, p. 33): "ao se virtualizar, o corpo se multiplica [...] e enriquece nosso universo sensível." O metaverso materializa esse movimento, permitindo aos estudantes experimentar a Geometria com todos os sentidos e tornarem-se parte do próprio espaço que observam. É nesse horizonte que se introduz a próxima seção.

4.3 EU VEJO VOCÊ

Por meio da Geometria, torna-se possível interpretar, compreender e intervir no espaço circundante (Settimy, 2022; Bairral *et al.*, 2024). Nos Anos Finais do Ensino Fundamental, a unidade temática "Geometria" integra todos os anos de escolarização e, conforme as diretrizes curriculares nacionais (Brasil, 2018, p. 271), "envolve o estudo de um amplo conjunto de

conceitos e procedimentos necessários para resolver problemas do mundo físico e de diferentes áreas do conhecimento".

Este estudo objetiva empregar as tecnologias de realidade virtual, realidade aumentada e realidade mista disponíveis no metaverso com o propósito de mediar o desenvolvimento do pensamento geométrico dos estudantes. Conforme Brasil (2018, p. 271), essa unidade temática examina as "formas e relações entre elementos de figuras planas e espaciais". Na sequência, Brasil (2018, p. 272) acrescenta que:

> em relação às formas, espera-se que os alunos indiquem características das formas geométricas tridimensionais e bidimensionais, associem figuras espaciais a suas planificações e vice-versa. Espera-se, também, que nomeiem e comparem polígonos, por meio de propriedades relativas aos lados, vértices e ângulos.

Nesse contexto, propõe-se a criação de um ambiente virtual no qual os estudantes possam visualizar imagens e objetos 2D e 3D renderizados, de modo a proporcionar experiências de aprendizagem que desenvolvam as habilidades previstas nas diretrizes supracitadas. Consequentemente, os estudantes poderão manipular e explorar tais figuras e objetos. Settimy (2022) defende que a visualização constitui uma habilidade basilar para o desenvolvimento do raciocínio geométrico. Sendo assim, convém estimulá-la mediante a utilização de recursos didáticos diversificados ao longo de toda a trajetória escolar.

Settimy (2022) elenca algumas dificuldades relativas à visualização, tais como:

- a resistência em aceitar demonstrações visuais como legítimas;
- a tendência em considerar o visual como um elemento de difícil ensino;
- a dificuldade apresentada pelos estudantes em representar o que visualizam;
- a necessidade de constituir estímulos para aprimorar a visualização.

Nas palavras de Settimy (2022, p. 80), "é preciso criar estímulos a fim de aprimorar a habilidade de visualizar, tanto para fazer distinção entre objetos bidimensionais e tridimensionais quanto para representá-los".

Bravo (2024, p. 45) igualmente sustenta que a habilidade de visualizar precisa ser desenvolvida ao longo da vida. Esse autor compreende que "a visualização não depende apenas do olhar [...] visualizar depende de aplicar o conjunto de nossos sentidos, trabalhar com diferenciados meios e possibilidades". Bravo (2024) recorre a Damásio para demonstrar que, desde o nascimento, os sujeitos são impactados por estímulos multissensoriais que formam registros mentais.

Desse modo, a visualização inicia-se nas experiências sensoriais da infância e apoia-se nas memórias e vivências. Nesse sentido, a prática pedagógica deve engajar os sentidos e a dimensão corporal. Conforme pontua Bravo (2024, p. 46), “trabalhar com a visualização muda a maneira de olhar, de aplicar os conceitos geométricos e de ver a Geometria aplicadas nas estruturas dos objetos”.

Nessa linha de raciocínio, Leivas (2024) afirma que a consolidação do pensamento geométrico deve iniciar-se na Educação Infantil mediante experiências visuais e representacionais, incorporando novas geometrias e mídias tecnológicas. Conforme Leivas (2024, p. 52), a “comunicação de um conceito pode e deve ser feita por diversos tipos de registros, a fim de que se consolide no desenvolvimento do pensamento geométrico”.

Em consonância com esse quadro, mostra-se relevante incorporar as contribuições de Vygotsky, que trabalha com “a noção de que a relação do homem com o mundo não é uma relação direta, mas, fundamentalmente, uma relação mediada” (Oliveira, 2010, p. 29). Trata-se da mediação por instrumentos e por símbolos culturalmente construídos (Vygotsky, 1991). Assim, os recursos tecnológicos e imersivos atuam como instrumentos mediadores ou artefatos semióticos no processo de internalização dos conceitos.

Diante do exposto, compreende-se que o estudo da Geometria demanda práticas pedagógicas que contemplem a relevância da visualização e da manipulação conceitual. As tecnologias imersivas disponíveis no metaverso oferecem novas possibilidades para suplantar os desafios apontados por Settimy (2022). Tais recursos digitais também viabilizam que os discentes explorem e comuniquem conceitos geométricos por meio de múltiplos registros, conforme defendem Leivas (2024) e Bravo (2024). Assim, a expressão “eu vejo você” simboliza o gesto de aprender com o olhar e também com o sentir — um olhar que compreende a si mesmo, o outro, o mundo e as formas geométricas que o constituem.

Neste capítulo, buscou-se demonstrar que o sentir, o ver e o conhecer não se dissociam. Eles constituem elementos articulados na teia da vida interior que sustenta o aprender. A emoção mobiliza o corpo, o corpo estimula os sentidos e a visualização converte a experiência em forma, tornando o pensamento representável. O metaverso, nesse contexto, configura-se como um espaço no qual essas dimensões se encontram, permitindo que o estudante, além de visualizar o conceito geométrico, perceba-se nele inserido. Portanto, a teia da vida interior revela que ver é sentir, assim como sentir constitui uma vivência e uma forma de compreensão.

O capítulo seguinte discorre acerca do percurso metodológico da pesquisa, detalhando o caminho percorrido para compreender de que maneira tais experiências se constituíram ao longo do processo investigativo.

5 A CÁPSULA DE CONEXÃO

A cápsula de conexão traduz, metaforicamente, o percurso metodológico desta pesquisa. Na ficção, a cápsula constitui a tecnologia que permite o acesso e a exploração do novo mundo. Na pesquisa, a metodologia exerce esse mesmo papel, servindo como a estrutura que viabiliza a investigação científica. Nas palavras de Andrade (2017, p. 117), a metodologia compreende "o conjunto de métodos ou caminhos que são percorridos na busca do conhecimento". Logo, este capítulo destina-se à apresentação da tessitura metodológica que orientou a investigação das possibilidades que ambientes imersivos do metaverso apresentam para a discussão sobre os processos de ensino e de aprendizagem de conceitos geométricos, nos Anos Finais do Ensino Fundamental.

A pesquisa exige do pesquisador uma postura investigativa e crítica, comprometida com a busca por respostas às questões que o mobilizam intelectualmente. Nesse sentido, Gil (2023, p. 1) define a pesquisa como o "procedimento racional e sistemático que tem como objetivo fornecer respostas aos problemas que são propostos".

Esta investigação caracteriza-se, quanto à sua natureza, como uma pesquisa aplicada, pois busca compreender e aprimorar processos de ensino e aprendizagem com a mediação do metaverso, mediante a experimentação e a análise de uma proposta inovadora. Nessa linha de pensamento, Andrade (2017, p. 110-111) enfatiza que a pesquisa aplicada objetiva "atender às exigências da vida moderna" e ainda promove "o avanço do conhecimento em determinada área". Tal visão evidencia o compromisso da ciência com a compreensão da realidade e com a sua transformação.

Como a ênfase esteve na interpretação dos significados e das interações dos estudantes durante a realização de um experimento de ensino, optou-se por conduzir, quanto à abordagem, uma pesquisa qualitativa. Para Borba e Araújo (2017, p. 25), a pesquisa qualitativa "nos fornece informações mais descritivas, que primam pelo significado dado às ações". Creswell e Creswell (2021, p. 151) corroboram essa perspectiva ao afirmar que a ideia fundamental da pesquisa qualitativa "é a de aprender sobre o problema ou questão a partir dos participantes e manejar a pesquisa de modo a obter essas informações".

Assim, em pesquisas emergentes, nas quais pouco se conhece sobre o objeto, o pesquisador aprende com ele e conduz a investigação de acordo com os objetivos delineados. Nesse contexto, caracteriza-se este estudo como exploratório, visto que se visa à familiarização e à compreensão das relações entre a corporeidade, o sentir e a aprendizagem de conceitos geométricos em ambientes imersivos do metaverso. Dialoga-se com Gil (2023, p. 27), que destaca que "as pesquisas exploratórias têm por propósito proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses".

O trabalho de campo envolveu um experimento de ensino, o qual consistiu na realização de experiências de aprendizagem em ambiente de metaverso, ou seja, aplicou-se o Produto Educacional que culmina nesta pesquisa e que serviu como base para o desenvolvimento do estudo. O experimento de ensino desta investigação alinha-se à abordagem dos *design experiments* de Cobb *et al.,* (2003), uma metodologia de pesquisa que busca compreender e transformar contextos reais de aprendizagem.

Conforme Cobb *et al.,* (2003, p. 9), um experimento de ensino "objetiva criar uma versão em pequena escala de uma ecologia de aprendizagem para que ela possa ser estudada em profundidade e detalhes". Além disso, envolve uma pesquisadora interagindo com um pequeno número de estudantes durante uma série de sessões de ensino (Cobb *et al.*, 2020), nas quais propõe atividades e faz questionamentos de acompanhamento para instigar a aprendizagem e a reflexão do estudante sobre a sua experiência.

Em suma, o experimento de ensino atendeu às características propostas por Cobb *et al.,* (2003) para os *design experiments* ao assumir uma finalidade teórica e prática, pois busca compreender e propor novas possibilidades de ensinar Geometria para estudantes dos Anos Finais do Ensino Fundamental em ambientes de metaverso.

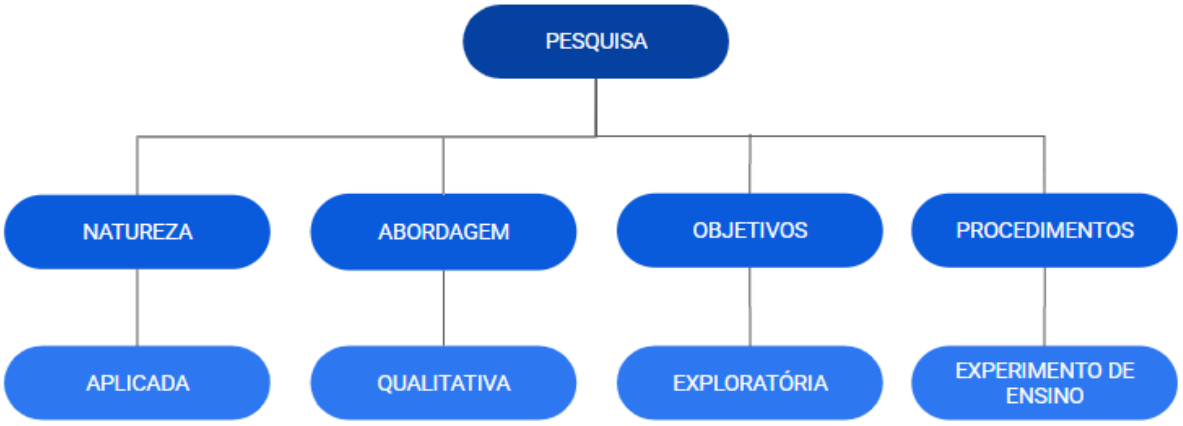
O experimento de ensino contemplou, ainda, as dimensões prospectiva e reflexiva ao envolver tanto a elaboração e a aplicação do Produto Educacional[8] quanto a análise interpretativa dos dados à luz do referencial teórico. O processo ocorreu de forma iterativa,

[8] A coleta dos dados ocorreu durante a aplicação do Produto Educacional, no contexto do experimento de ensino.

em ciclos contínuos de observação, análise e aperfeiçoamento. Por fim, as reflexões e os refinamentos contribuíram para elaborar sugestões voltadas a futuras práticas pedagógicas e à apropriação de tecnologias imersivas na Educação Matemática.

Com o intuito de complementar a caracterização desta investigação, a Figura 1, a seguir, apresenta uma síntese visual da caracterização metodológica desta pesquisa:

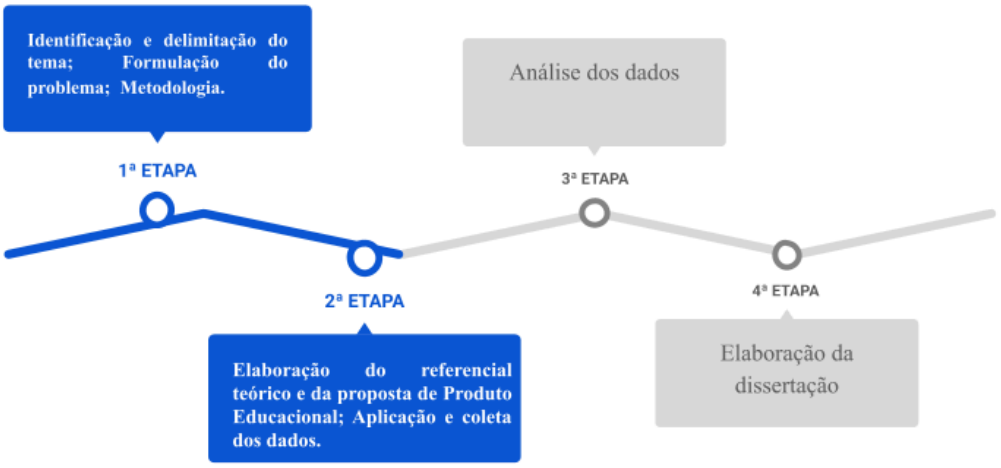
Figura 1 - Diagrama da caracterização metodológica



Fonte: Elaborado pela pesquisadora (2026).

Do ponto de vista de Creswell e Creswell (2021, p. 151), compreende-se que “o plano inicial para a pesquisa não pode ser rigidamente prescrito, e que algumas ou todas as fases do processo podem mudar, as formas de coleta de dados podem ser deslocadas depois que o pesquisador entrar no campo e começar a coleta de dados”. Sob essa perspectiva, a pesquisa estruturou-se em quatro momentos, conforme ilustrado na Figura 2 e detalhado na descrição a seguir:

Figura 2 - Diagrama das etapas da pesquisa



Fonte: Elaborado pela pesquisadora (2026).

O primeiro momento constituiu a fase exploratória e preparatória, na qual se realizaram a identificação e a delimitação do tema, a formulação do problema e a estruturação metodológica da pesquisa. Assim, o referencial estruturou-se em conformidade com os objetivos do estudo, os quais nortearam a busca de uma possível resposta para o problema proposto. Gil (2023, p. 7) considera apropriado para a pesquisa científica caracterizar o problema como um "assunto controverso, ainda não satisfatoriamente respondido em qualquer campo de conhecimento, e que pode ser objeto de pesquisas científicas ou discussões acadêmicas". Segundo Creswell e Creswell (2021, p. 109), a questão central "pede uma exploração do fenômeno ou do conceito central em um estudo". Sendo assim, este estudo visa responder à seguinte inquietação: **Que possibilidades os ambientes imersivos do metaverso apresentam para a discussão de conceitos geométricos a partir da corporeidade e de experiências sensoriais nos processos de ensino e de aprendizagem matemática dos Anos Finais do Ensino Fundamental?**

Para nortear a investigação na busca por respostas satisfatórias ao problema em questão, delimitaram-se objetivos. Segundo Creswell e Creswell (2021, p. 95), os objetivos comunicam "a intenção geral de uma proposta de estudo". Na visão de Gil (2023, p. 13), os objetivos esclarecem "acerca dos resultados esperados". Nesse sentido, o objetivo geral consistiu em investigar as possibilidades que ambientes imersivos do metaverso proporcionam para o ensino e para a aprendizagem de conceitos geométricos nos Anos Finais do Ensino Fundamental, considerando a corporeidade e as experiências sensoriais que fundamentam a estruturação teórica do estudo.

Para dar suporte teórico e fundamentar as conclusões deste experimento de ensino, foi necessária a elaboração de um referencial teórico. Com essa finalidade, por meio de leituras-chave, diálogos e ajustes, definiu-se que a pesquisa proposta se desenvolveria sobre o tema: o metaverso e suas possibilidades para o ensino de conceitos geométricos nos Anos Finais do Ensino Fundamental, com ênfase na corporeidade e nas experiências sensoriais.

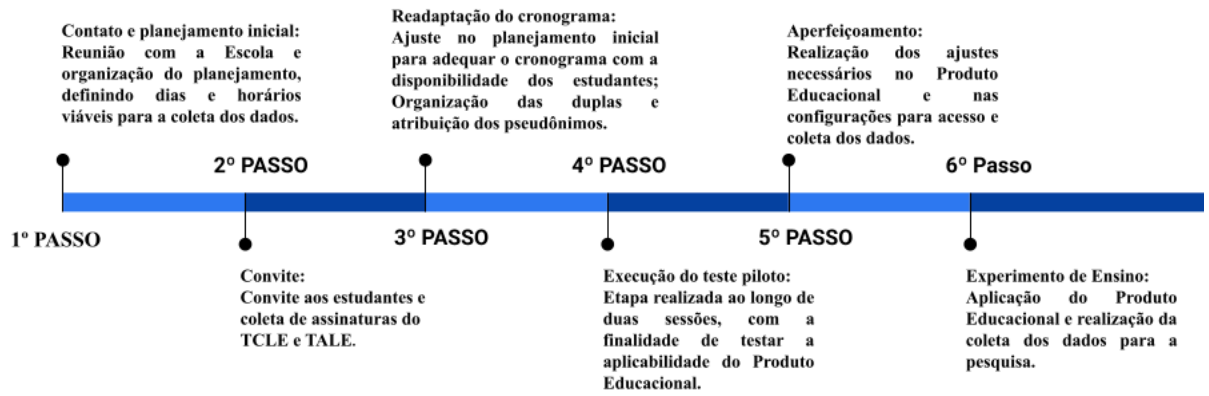
A pesquisa teve como eixos estruturantes gerais: as Tecnologias Digitais Imersivas, por envolverem o metaverso como um ambiente de aprendizagem; a Corporeidade e Experiências Sensoriais, por considerarem o corpo e os sentidos como mediadores do conhecimento; e a Geometria Plana e Espacial dos Anos Finais do Ensino Fundamental, pelo recorte específico de objeto de conhecimento matemático e faixa etária. Esses eixos consistem nos temas que delinearam a revisão teórica a partir do estudo bibliográfico em materiais publicados, tais como artigos, capítulos, livros, revistas, jornais, teses, dissertações, anais de eventos científicos e materiais disponibilizados na Internet.

No segundo momento, elaboraram-se o referencial teórico e a proposta do Produto Educacional. Em seguida, conduziu-se a prática da pesquisa por meio de um experimento de ensino, o qual envolveu a aplicação do material, viabilizando a coleta de dados da investigação. Conforme orientam Creswell e Creswell (2021), o procedimento de coleta de dados deve envolver a seleção intencional dos participantes e dos ambientes de pesquisa, bem como a obtenção das devidas autorizações junto aos comitês responsáveis.

O contexto da pesquisa abrangeu estudantes do 6º ano do Ensino Fundamental, Anos Finais de uma escola pública do norte do estado do Rio Grande do Sul. Para tanto, realizou-se a consulta à instituição escolar quanto à possibilidade de realização da investigação em suas dependências e quanto ao envolvimento dos discentes. A instituição assinou a Declaração de Ciência e Concordância da Instituição Envolvida, de acordo com o modelo disponível no Apêndice A.

Houve a necessidade de prévia submissão da pesquisa ao Comitê de Ética da UFFS, uma vez que o experimento de ensino envolveu seres humanos. O projeto de pesquisa foi aprovado por esse Comitê, em 15/12/2025, sob o nº 8.060.797. Com o parecer consubstanciado em mãos, iniciou-se a criação do Produto Educacional que foi aplicado no experimento de ensino. No diagrama da Figura 3, demonstram-se as etapas que compreenderam a coleta de dados, a partir da reunião com a escola com a finalidade de realizar o planejamento dos dias e horários das sessões.

Figura 3 - Diagrama das etapas da coleta de dados



Fonte: Elaborado pela pesquisadora (2026).

Em posse da aprovação do Comitê e das experiências de aprendizagem, realizou-se uma reunião com a escola para a organização conjunta do planejamento dos dias e horários voltados à execução das sessões, visando a viabilizar a coleta de dados. Após o planejamento, os estudantes foram informados sobre a pesquisadora, a investigação, a necessidade de participação de dois estudantes voluntários para o teste piloto e de quatro participantes para o experimento de ensino. Ademais, os discentes receberam informações quanto aos equipamentos, aos horários de realização, ao tempo de duração, à frequência das sessões, à exigência do consentimento, por escrito, dos pais e/ou responsáveis, entre outros esclarecimentos pertinentes.

Após a apresentação dessas informações e o esclarecimento de todas as dúvidas, os estudantes foram convidados a participar voluntariamente do estudo. Os interessados foram listados por ordem de chegada. Os pais e/ou responsáveis pelos seis primeiros estudantes cadastrados foram notificados sobre esse interesse e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), cujo modelo consta no Apêndice B, ao passo que os estudantes assinaram o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), conforme modelo verificado no Apêndice C.

Durante as sessões, os participantes utilizaram o *head-mounted display* (HMD) Meta Quest 3, popularmente conhecido como óculos de realidade virtual (VR), e seus respectivos controles. De acordo com o fabricante[9], esse dispositivo possui 512 GB de armazenamento interno e massa de 515 g. Trata-se de um *headset* de VR completo e sem fio, que executa seu

9 https://www.meta.com/br/quest/quest-3/?srsltid=AfmBOopY4hdqgmiUvEgc74K6XiPcdcabiooA_b6cS8eXCF5i9A8uyaot

próprio sistema operacional, prescindindo de conexão com computador ou console. O equipamento conta com conectividade Wi-Fi e autonomia média de bateria de aproximadamente 2,2 horas. Dispõe, ainda, de rastreamento de mãos por toque direto e de tecnologia háptica variável, responsável por fornecer *feedback* tátil ao usuário durante as interações.

O experimento de ensino desenvolveu-se na plataforma de metaverso Spatial.io, para a qual a pesquisadora disponibilizou contas criadas exclusivamente com essa finalidade. Cada participante utilizou um avatar nomeado a partir de personagens do filme de ficção científica *Avatar 2*, de modo a preservar o anonimato, conforme se observa no Quadro 1.

Quadro 1 - Identificação das duplas e seus integrantes

Identificação	Participantes
TP (teste piloto)	Kiri e Neytiri
D1 (dupla 1)	Tuktirey e Tsireya
D2 (dupla 2)	Neteyam e Aonung

Fonte: Elaborado pela pesquisadora (2026).

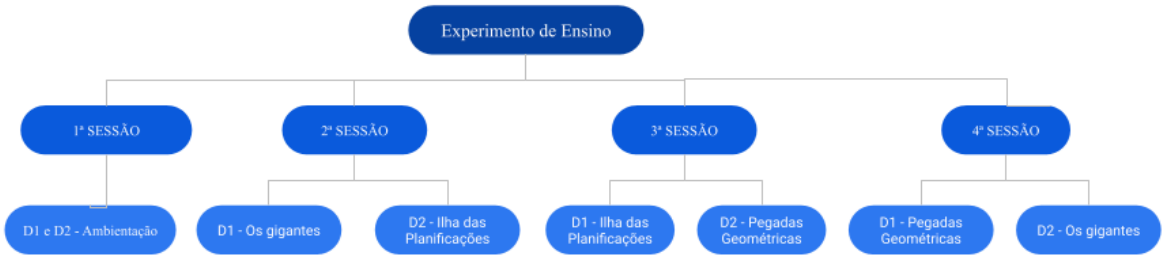
Com as autorizações em mãos, iniciou-se o teste piloto, composto por duas sessões com aproximadamente trinta minutos de duração; etapa fundamental para a investigação, a fim de avaliar a aplicabilidade da proposta. Nesse sentido, realizou-se a testagem das atividades previstas para o experimento de ensino com uma dupla de estudantes do 6º ano.

Após a realização do teste piloto e a efetuação dos ajustes necessários, procedeu-se à coleta de dados da investigação. Essa etapa ocorreu por meio de quatro sessões por dupla, com duração mínima de trinta minutos cada. Nessas sessões, os estudantes exploraram o ambiente imersivo no metaverso enquanto resolviam problemas que envolviam conceitos geométricos.

A primeira sessão de cada dupla participante destinou-se à familiarização com os equipamentos e à exploração do ambiente imersivo, objetivando a adaptação dos sujeitos. Essa fase mostrou-se relevante para que os participantes se sentissem mais confortáveis e seguros ao utilizar os recursos tecnológicos, desenvolvendo maior autonomia e confiança para interagir com o ambiente ao longo das demais sessões. Assim, essa preparação inicial contribuiu para a validade e a qualidade dos dados obtidos durante o experimento.

Nas demais sessões, as duplas realizaram as experiências de aprendizagem sugeridas no Produto Educacional. Na Figura 4, observa-se o escopo da execução do experimento de ensino.

Figura 4 - Diagrama do escopo do experimento de ensino



Fonte: Elaborado pela pesquisadora (2026).

As sessões foram gravadas para garantir que todas as interações (os movimentos e as reações corporais, as argumentações dos estudantes e as telas que exibiam o ambiente virtual) fossem registradas. De acordo com Heath (2025) e Labonte *et al.,* (2021), as gravações de vídeo possibilitam capturar não apenas o áudio, mas também as interações naturais. Heath e Cleverly (2025) complementam que os vídeos permitem aos pesquisadores examinar repetidamente como os participantes utilizam recursos ou artefatos específicos, fornecendo subsídios para investigar, em detalhes, as sequências de ações. Para Neves e Borba (2019, p. 221), "a natureza multissemiótica e multimodal dos vídeos possibilita que sejam realizadas intersemioses entre recursos como imagem, oralidade, gestos e sons com o propósito de transmitir uma ideia".

Assim, coletaram-se as experiências dos estudantes participantes do experimento de ensino em sua totalidade multimodal (Moretti; Radford, 2023), de modo a permitir a captura de elementos da corporeidade (movimentos, gestos, posturas e deslocamentos) e de experiências sensoriais. O Quadro 2 apresenta os meios de coleta e suas respectivas finalidades de uso. Sua elaboração inspirou-se no modelo de organização e variedade de instrumentos proposto por Romeiro *et al.,* (2024). Todos os registros foram armazenados em repositório digital seguro. A identificação dos registros foi realizada conforme a dupla de estudantes e a sessão correspondente.

Quadro 2 - Meios de coleta e finalidade

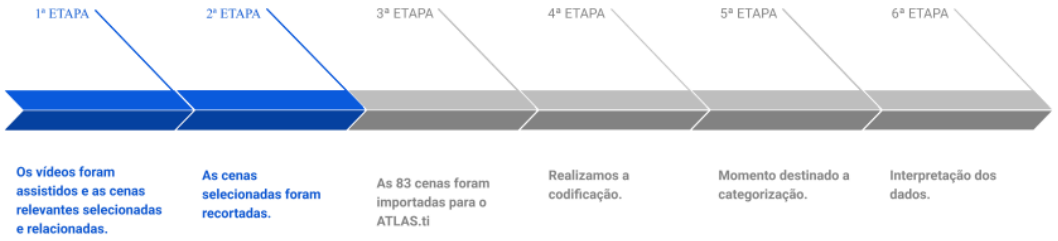
Meio de coleta	**Finalidade**
Registros por câmeras audiovisuais externas na sala física	Para capturar as manifestações corporais, posturas, deslocamentos e interações não mediadas pelo avatar no metaverso, como ajustes nos óculos VR, uso dos

	controladores, conversas presenciais e reações físicas (expressões faciais, gestos amplos, movimentação do corpo no espaço).
Registro de movimento corporal via dispositivo de entrada: dados capturados por óculos de realidade virtual, controladores de mão.	Para registrar os gestos, interações, ações e movimentos dos avatares no espaço digital, inclusive, comunicação verbal (diálogos, comentários espontâneos, hesitações, entonação e ritmo da fala) e gestual produzida no espaço digital, a partir do ângulo de visão do participante (POV[10]).

Fonte: Elaborado pela pesquisadora (2026).

O terceiro momento destinou-se à análise de dados, a qual seguiu a abordagem multimodal conforme a proposta metodológica de Radford (2015). Para Moretti e Radford (2023, p. 7), "a análise multimodal pode constituir-se como uma importante aliada na produção de uma metodologia de análise de dados coerente com uma compreensão de aprendizagem como atividade humana e processo de tomada de consciência do sujeito". Romeiro *et al.,* (2024, p. 6) enfatizam que "a análise multimodal da atividade que permite ao pesquisador cruzar os diversos meios das formas de pensamento (fala, gestos, representações escritas, ritmos, sentimentos, respiração, manipulação de artefatos físicos, entre outros)". O diagrama da Figura 5 ilustra a sequência de etapas para a análise dos dados.

Figura 5 - Diagrama das etapas da análise dos dados



Fonte: Elaborado pela pesquisadora (2026).

Nessa perspectiva, os vídeos foram assistidos integralmente, tantas vezes quantas se fizeram necessárias (Powell; Silva, 2015), em busca de segmentos salientes (Radford, 2015), isto é, trechos de interações relevantes para os objetivos da pesquisa que apresentaram indicações claras de uma ou mais categorias de análise, as quais foram selecionadas como unidades de análise. As cenas pertinentes foram identificadas por sessão e numeradas

[10] *Point of View* - Ângulo de Visão - A câmera é o olho do participante - Visão em primeira pessoa dentro do metaverso.

sequencialmente. A rotulação das cenas deu-se a partir do número da cena, da sessão, da identificação da dupla e do meio de coleta.

Para cada uma das cenas relacionadas, marcou-se o tempo exato de início e fim das interações. Em seguida, realizou-se o recorte desses fragmentos, totalizando 83 cenas, as quais foram exportadas para o *software* ATLAS.ti, utilizado como ferramenta para otimizar a análise dos dados. A análise qualitativa multimodal dos dados efetuou-se por meio do exame de imagens de videogravações, procedimento pertinente dada a extensa quantidade de material coletado. Segundo Garcez *et al.,* (2011, p. 251-252), a análise de

> Imagem em movimento, aliada ao áudio, permite capturar aspectos difíceis de serem capturados por outros recursos, tais como expressões corporais, faciais e verbais utilizadas em situações cotidianas (no caso de uma observação sistemática, por exemplo); reações de diferentes sujeitos em face de uma atividade ou questão proposta pelo pesquisador - como visualização e interpretação de filme e/ou imagem fixa [...] realização de tarefas e/ou atividades em grupos operativos ou individualmente.

Todo o acervo foi assistido novamente e codificado de acordo com Creswell e Creswell (2021). Para viabilizar a organização, os códigos foram gerados conforme a categoria de análise e a ocorrência observada, visto que "as unidades de análise não ficam visíveis ao analista durante todo o tempo" (Garcez *et al.*, 2011, p. 259). Para esse processo, consideraram-se: a fala (o que foi dito); os movimentos/posturas/gestos (o que o corpo real fez e a manipulação dos controles); a emoção (tom de voz e expressão facial); e a interação no ambiente imersivo e com objetos virtuais (movimento do olhar, gestos do avatar, movimento do vetor de seleção ao manipular objetos e a emoção percebida) (Heath; Cleverly, 2025).

Estabeleceram-se as categorias *a priori* (Quadro 3), fundamentadas no referencial teórico e nos objetivos específicos, as quais serviram de lentes interpretativas. Cada categoria desdobra-se em subcategorias e apresenta as evidências empíricas observadas nos registros.

Quadro 3 - Categorias de análise

Categoria	Subcategoria	Possíveis evidências
Corporeidade	Expressiva	**Sala real**: agilidade; concentração; dúvida; gesto enquanto explica; interesse; mover-se rapidamente; olhar fixo; postura de atenção; silêncio prolongado. **POV**: alternância frequente do olhar; ao ouvir a pesquisadora deslocou-se pelo perímetro; aproximação do objeto; busca visual exploratória; centralização da atenção a elementos/formas; cochicho; dúvida; gesto para

		representar elemento; gesto para sanar dúvida; mudança de direção; oscilação do olhar (pulando); reações verbais; salto 360º (mortal); silêncio enquanto executa a tarefa.
	Interativa	**Sala real**: ajustar corpo para visualizar objeto; deslocar-se fisicamente; girar cabeça; levantar braço; mover-se; movimentar mão; rotacionar corpo. **POV**: apontar com cursor; aproximação e afastamento; deslocamento no espaço virtual; exploração ativa ambiente; gesto para representar forma; manipulação de objeto; movimentos de navegação espacial; movimentos de observação; movimentos de perspectiva; pegar objeto; rotação corporal; uso de bastão virtual e anotação virtual; uso de teclado virtual e anotação virtual.
Experiências Sensoriais	Visuais	**Sala real**: busca por formas; comentário; concentrada; construção de referencial espacial; deslizar cursor na aresta; exploração visual ativa; interação com colega; movimentos rápidos; mudança de direção do olhar; reconhecimento geométrico. **POV**: apontar cursor ângulo; apontar cursor vértice; aproximação visual; confusão na contagem; deslizar cursor aresta; deslizar cursos lado; escolher objeto; exploração de diferentes perspectivas; foco em detalhes geométricos; gesto no ar com mãos virtuais ou cursor; manipulação de objeto; organizar notas virtuais; suporte visual para respostas; varredura visual.
	Táteis/Proprioceptivas (embora simuladas, são sentidas pelo corpo)	**Sala real**: deslocar-se fisicamente; inclinar-se para diferentes direções; levantar braço; rotacionar corpo. **POV**: ajuste na perspectiva; digitar no teclado; escrever com bastão virtual; exploração tridimensional do espaço; mudança de direção; pegar objeto; percorrer perímetro; redimensionamento espacial corporal (ampliou sem intenção); sensação de deslocamento; tentativa de sentir.
	Auditivas	**Sala real**: direcionamento do olhar; mudança de atenção após fala da pesquisadora; reação corporal; respostas imediatas (nem sempre verbal). **POV**: interações verbais; mudança de direção após orientação; respostas imediatas a comandos verbais; som teclado virtual.
	Afetivas/Emocionais	**Sala real**: comentário; entusiasmo; envolvimento contínuo; persistência; surpresa. **POV**: exploração espontânea do ambiente; permanência na atividade; persistência; reações verbais; salto 360º; surpresa.
Visualização geométrica	Representações mentais	**Sala real**: gestos no ar; movimentar-se (deslocamento e rotação); pausas reflexivas. **POV**: apontar/deslizar/cursor elementos; desconstrução/construção; exploração de

		diferentes ângulos; gesto no ar; pausas observacionais; pegar objeto; percorrer perímetro; perspectiva da cognição; planejamento cognitivo (pegou peças necessárias); quantificar elementos; rotação da câmera.
	Representações gráficas	**Sala real**: comparação entre figuras; observar diferentes perspectivas; reconhecer elementos. **POV**: aproximação para observar; desconstrução/construção; exploração visual; observação detalhada; perspectiva do objeto.
	Interpretação mediada	**Sala real**: ação; mudança de compreensão; reorganização do pensamento. **POV**: apontar mediado; colaboração com colega; digitar/escrever virtual; estratégia de resolução; exploração espaço interno; exploração guiada; pegar mediado.

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Após o processo de codificação e categorização, listaram-se os códigos com maior recorrência durante a execução das tarefas propostas nas sessões do experimento de ensino para cada uma das categorias. Na sequência, realizou-se a interpretação de como essas manifestações se articularam, sempre com o cuidado de rever as cenas para confirmação e, por fim, estabelecer a relação com a teoria. O propósito dessas etapas (dados – interpretação da pesquisadora – relação com teóricos) consistiu em articular as descobertas de cada categoria com as metas predefinidas do estudo, confirmando o alcance dos objetivos e consolidando as conclusões.

Nesse sentido, para alcançar o objetivo de investigar aspectos teóricos da corporeidade em ambientes imersivos do metaverso que se apresentam para o ensino e para a aprendizagem de conceitos geométricos nos Anos Finais do Ensino Fundamental, considerou-se a categoria Corporeidade e suas subcategorias. Para atingir o objetivo de analisar as experiências sensoriais proporcionadas nesses ambientes e suas possíveis contribuições para o ensino e para a aprendizagem de conceitos geométricos, utilizou-se a categoria Experiências Sensoriais e suas subcategorias.

Quanto ao objetivo geral de investigar as possibilidades que ambientes imersivos do metaverso proporcionam para o ensino e para a aprendizagem de conceitos geométricos nos Anos Finais do Ensino Fundamental, considerando a corporeidade e as experiências sensoriais que fundamentam a estruturação teórica do estudo, a consecução deu-se por meio da integração das categorias de análise. Nesse âmbito, a investigação contemplou três categorias: Corporeidade, Experiências Sensoriais e Visualização Geométrica.

Essas categorias permitiram compreender, de maneira ampla, como o corpo e as experiências sensoriais se articulam nos ambientes imersivos do metaverso para favorecer a aprendizagem de conceitos geométricos, buscando, assim, respostas ao problema proposto na pesquisa. A integração delas permitiu construir uma visão sistêmica na qual a aprendizagem emerge como um processo humano multimodal, respondendo ao problema com consistência.

A quarta etapa da pesquisa destinou-se à elaboração deste relatório final. Por tratar-se de uma pesquisa qualitativa, aplicada e ancorada na análise multimodal das interações no metaverso, na qual o tratamento dos dados envolveu a categorização, a interpretação e as discussões à luz do referencial teórico, optou-se por uma apresentação analítica dos resultados.

5.1 A AMBIÊNCIA ENATIVA

Em culminância, como requisito dos Mestrados Profissionais em Educação, "é preciso apresentar um produto de natureza técnica ou tecnológica, preferencialmente articulado de maneira orgânica com a pesquisa" (Pereira; Bagnara, 2024, p. 21). A criação de um produto educacional nos mestrados profissionais faz parte do compromisso ético e político que ultrapassa a formalidade acadêmica, retornando os frutos da pesquisa à sociedade. Esse produto representa um processo de sistematização e uma contribuição que visa à transformação e ao aprimoramento dos espaços educacionais. Em essência, o produto de mestrado profissional em educação reflete um processo de formação contínua e aberta a novos desdobramentos, capaz de inspirar transformações positivas na prática pedagógica e no contexto educacional (Sartori; Pereira, 2019). Esta perspectiva, ao entrelaçar-se ao contexto da pesquisa, consiste na imagem final renderizada, ou seja, a materialização simbólica de toda a investigação. Nesse sentido, assume-se que o conhecimento é uma forma que se desenha em movimento.

A imagem final que se pretende renderizar consiste na disponibilização de uma proposta para a criação de uma ambiência enativa de aprendizagem no metaverso, com sugestões de experiências de aprendizagem que exploram conceitos geométricos no metaverso. Nas palavras de Dantas (2024, p. 86), "compreende-se a ambiência como um lugar somado de tudo que o envolve".

Essa possibilidade rompe com o paradigma de material didático fechado e propõe um ambiente a ser gerado na interação entre sujeito, espaço e tecnologia. A ambiência, nesse contexto, não é apenas um cenário; é ato e efeito do aprender. Ela se faz à medida que o

estudante aprende, sente e age no metaverso. Por esse viés, as sugestões de experiências de aprendizagem não são prescrições, mas pistas e inspirações de criação, que cada professor poderá replicar, adaptar, reinventar e contextualizar conforme seu público e suas condições.

Em síntese, a renderização não se encerra neste produto, mas se projeta em cada novo olhar, gesto e criação que dele emergir. A ambiência enativa de aprendizagem constitui-se como uma ecologia aberta e em permanente construção, na qual o conhecimento se faz e se refaz no encontro entre o estudante, o corpo e o ambiente. Assim, a imagem final permanece em movimento, pois, afinal, aprender é o próprio ato de continuar renderizando o mundo.

Essa ideia dialoga com Lévy (2011, p. 12), para quem o virtual tende a atualizar-se continuamente como um "modo de ser fecundo e poderoso". Assim, o Produto Educacional constitui-se como um processo de virtualização pedagógica, em permanente movimento e recriação. Cada nova apropriação da Ambiência Enativa de Aprendizagem representa uma atualização singular. A renderização é o gesto de transformar a potência virtual da pesquisa em forma visível sem eliminar sua natureza dinâmica. Conforme afirma o autor, "a virtualização é um dos principais vetores da criação da realidade" (Lévy, 2011, p. 18), e é nesse sentido que o Produto Educacional proposto reflete o processo investigativo e o prolonga em novas experiências, abrindo futuros possíveis para a prática docente.

Ao inspirar-se nos princípios dos *Design Experiments* (Cobb *et al.*, 2003), a criação de tal produto estrutura-se como um processo investigativo e formativo. Esse processo busca criar uma ecologia de aprendizagem que integre o corpo, o sentir, o metaverso e conceitos geométricos em um mesmo fluxo interativo.

A elaboração foi organizada em ciclos iterativos de criação, observação e aperfeiçoamento. Esta etapa integrou o teste piloto e o experimento propriamente dito, nos quais as informações foram obtidas na observação das interações e pelas percepções dos estudantes participantes. O percurso de criação compreendeu as seguintes etapas:

- Composição teórica e conceitual da ambiência, com base na intencionalidade e no referencial teórico;
- Projeção da ecologia de aprendizagem, definindo os elementos que farão parte do ambiente;
- Escolha da plataforma, considerando seus recursos e potencialidades;
- Criação e modelagem do espaço virtual imersivo;
- Planejamento das experiências enativas;
- Vivência e observação dos estudantes — o teste piloto;
- Aperfeiçoamento com base nos dados coletados no teste piloto;

- Vivência e observação dos estudantes — o experimento de ensino.

Elaboraram-se as configurações de experiências de aprendizagem propostas para a ambiência, com base na etapa de ensino. Salienta-se que são sugestões que complementam o estudo dos objetos de conhecimento relacionados à temática Geometria. A versão apresentada foi elaborada para o contexto desta investigação e aplicada no experimento de ensino, após o teste piloto.

Nome da configuração: Pegadas Geométricas

Intencionalidade da experiência de aprendizagem: Reconhecer, nomear e comparar figuras geométricas planas com base em suas propriedades e relações entre lados e ângulos.

Conceitos mobilizados: lados, vértices e ângulos.

Organização da ambiência:

Pesquisadora

Criar um ambiente virtual, no metaverso, com figuras planas ampliadas (triângulos, quadrados e hexágonos) no chão e orientar o estudante a percorrer o contorno de cada figura e fazer os questionamentos.

Experiência de aprendizagem:

Estudantes participantes

Percorrer o contorno (perímetro) de cada forma geométrica, utilizando os óculos VR - Meta Quest 3.

Diálogo sobre a experiência:

1) Vocês conseguem localizar os lados, os vértices e os ângulos internos?
2) Essas formas geométricas são polígonos ou poliedros? Por quê?
3) Como foi caminhar sobre o contorno de cada polígono?
4) O que aconteceu com o corpo quando você chegou a um vértice?
5) O número de vezes que você girou o corpo tem relação com o número de lados da figura?
6) Em quais figuras você precisou girar mais o corpo? Em qual, menos?
7) Como vocês explicariam para outra pessoa o que é um triângulo usando o corpo (mãos, braços)?

Em seguida, observar cada uma das figuras e registrar, nas notas virtuais, os elementos de cada polígono: quantificar os lados, vértices e ângulos internos.

Diálogo sobre a experiência:

- Qual a relação entre o número de lados, de vértices e de ângulos internos.

Diálogo final: O caminhar e girar o corpo ajudou você a entender melhor sobre lados, vértices e ângulos internos?

Nome da configuração: Ilha das Planificações

Intencionalidade da experiência de aprendizagem: Associar figuras espaciais às suas planificações e vice-versa.

Conceitos mobilizados: polígono, poliedros, 2D (bidimensional), 3D (tridimensional).

Organização da ambiência:

Pesquisadora

Criar um ambiente com polígonos e poliedros, orientar os estudantes na vivência e realizar os questionamentos.

Experiência de aprendizagem:

Estudantes participantes

Movimentar-se pelo espaço e observar as formas bidimensionais e tridimensionais disponíveis.

Diálogo inicial:

- O que é planificação para você?
- E uma figura bidimensional - 2D?
- E uma figura tridimensional - 3D?

Escolher uma figura 2D e uma 3D e relatar a diferença entre elas.

Posteriormente, escolher um poliedro e representar sua planificação com as peças poligonais, dando continuidade ao pôster. Em caso de dificuldade em manusear as peças, pode montar no chão.

Diálogo sobre a experiência:

1) Quando você observa e manipula o poliedro, o que ele tem que a planificação não tem?
2) Ao transformar o poliedro em uma planificação, o que mudou na forma de ver e compreender essa figura?
3) A planificação representa o mesmo objeto que o poliedro? Em que sentido ela é a mesma coisa e em que sentido ela é diferente?

4) Podemos dizer que a planificação é uma figura bidimensional e o poliedro é tridimensional? O que caracteriza cada um deles a partir da experiência que você teve?
5) O movimento e a visualização ajudaram você a compreender a diferença entre figuras bidimensionais e tridimensionais?
6) E quanto a planificação?

Diálogo final: Como você se sentiu ao realizar esta experiência?

Nome da configuração: Os Gigantes

Intencionalidade da experiência de aprendizagem: Reconhecer, nomear e comparar figuras geométricas espaciais (como prismas, pirâmides, cilindros, cones e esferas), relacionando-as com objetos do mundo físico.

Conceitos mobilizados: sólido geométrico, poliedro, prisma, pirâmide, cubo, paralelepípedo, face, vértice, arestas.

Organização da ambiência:

Pesquisadora

Criar um ambiente virtual, no metaverso, com prismas e pirâmides, orientar os estudantes na vivência e realizar os questionamentos.

Experiência de aprendizagem:

Estudantes participantes

Movimentar-se pelo espaço, aproximando-se, contornando, entrando no sólido e comparando as formas.

Na sequência, cada estudante escolhe um prisma para observar.

Diálogo sobre o prisma:

1) Qual o número de faces? Arestas? Vértices?
2) O que você percebeu ao observar esse sólido?
3) O que te chamou atenção nele?
4) Como você identificou os elementos desse sólido?

Na sequência, cada estudante escolhe uma pirâmide para observar.

Diálogo sobre a pirâmide:

1) Qual o número de faces? Arestas? Vértices?
2) O que você percebeu ao observar esse sólido?
3) O que te chamou atenção nela?
4) Como você identificou os elementos desse sólido?

Diálogo sobre a experiência:

1) O que você percebeu ao observar as faces do prisma e da pirâmide? Em que elas se parecem e em que diferem?
2) As faces laterais de um prisma e de uma pirâmide têm o mesmo formato? O que muda?
3) Ao comparar o número de faces, arestas e vértices do prisma e da pirâmide, você percebeu alguma relação entre esses elementos?
4) Se aumentarmos o número de lados da base, o que acontece com o número de faces, arestas e vértices?
5) Com base no que você observou, como você explicaria para outra pessoa o que caracteriza um prisma e o que caracteriza uma pirâmide?
6) De que forma essa experiência de observar, tocar e comparar os sólidos ajudou você a perceber melhor as diferenças entre prismas e pirâmides?

Diálogo final: A experiência ajudou você a compreender a estrutura dos poliedros?

No teste piloto testamos uma sugestão de experiência além das apresentadas acima, a qual não foi aplicada no experimento de ensino devido ao cumprimento do tempo de duração de cada sessão, porém será disponibilizada na versão final do Produto Educacional.

Experiência de aprendizagem:

Cada estudante escolhe um prisma e observa o número de lados da base e o número de faces laterais e insere uma nota virtual com essas informações:

Diálogo sobre a experiência:

1) Qual o número de lados da base?
2) Qual o número de faces laterais?
3) Se aumentarmos o número de lados da base, o que acontece com o número de faces laterais?
4) Vocês percebem alguma relação entre esses elementos?

Cada estudante escolhe uma pirâmide e observa o número de lados da base e o número de faces laterais e insere uma nota virtual com essas informações:

Diálogo sobre a experiência:

5) Qual o número de lados da base?
6) Qual o número de faces laterais?
7) Se aumentarmos o número de lados da base, o que acontece com o número de faces laterais?
8) Vocês percebem alguma relação entre esses elementos?

9) A relação entre os elementos observados se manteve nos prismas e nas pirâmides?

5.2 O TESTE PILOTO

O teste piloto, composto por duas sessões, mostrou-se fundamental, principalmente para os ajustes técnicos, de modo a viabilizar a coleta de dados. A primeira sessão apontou as seguintes necessidades de adequação:

- **Contas – mesmo personagem:** Identificou-se uma inconsistência na exibição dos nomes dos participantes no ambiente imersivo, no qual ambos apresentavam a mesma identidade visual e nominal. Tal ocorrência derivou do processo de vinculação inicial entre o dispositivo (óculos VR) e a plataforma Spatial.io. No momento da inserção do código de pareamento, o navegador mantinha ativa a sessão do primeiro perfil cadastrado, replicando automaticamente as credenciais incorretas para ambos os acessos. O procedimento foi devidamente corrigido mediante o *logoff* da conta genérica, realizando-se uma nova autenticação para cada participante.
- **Gravação da interface:** Durante o teste piloto, observou-se que a gravação interna do dispositivo era interrompida automaticamente pelo sensor de proximidade ao transferir o equipamento para o participante. Para garantir a continuidade do registro audiovisual e a análise posterior dos movimentos, estabeleceu-se um novo protocolo: o próprio estudante realiza o acionamento da gravação imediatamente após a colocação dos óculos VR. Esse procedimento assegurou que o sensor permanecesse ativo e que todo o percurso, desde o acesso à plataforma até a finalização das atividades previstas para a sessão, fosse devidamente documentado. Para viabilizar esse processo, criou-se um portal de acesso no *hall* do participante.
- **Ambientação:** A sessão piloto reiterou a imprescindibilidade de uma etapa de ambientação prévia, dada a natureza emergente das tecnologias de Realidade Virtual (VR). Observou-se que a falta de familiaridade dos participantes com os dispositivos de entrada, principalmente com os controles, compromete a fluidez da atividade. Para mitigar essa barreira técnica, criou-se um guia visual informativo (*card*) detalhando o mapeamento de funções dos controles e instituiu-se a realização de uma sessão destinada exclusivamente à ambientação. Além do domínio técnico dos dispositivos, a sessão de ambientação cumpre o papel estratégico de mitigar o “efeito novidade”, pois observou-se que a curiosidade intrínseca ao primeiro contato com o metaverso estimula um comportamento exploratório que pode desviar o foco da atividade proposta. Portanto, ao oferecer um período prévio de livre exploração, buscou-se

neutralizar essa tendência. Essa etapa foi essencial para que, durante a coleta de dados definitiva, o participante apresentasse empenho e concentração nas tarefas de aprendizagem, minimizando dispersões causadas pelo ineditismo da tecnologia.

- **Design da atividade:** A execução da atividade "Pegadas Geométricas" necessitou de intervenção. Inicialmente, a tentativa de percurso simultâneo de ambos em uma única trilha de polígonos resultou em interferência mútua, prejudicando o desempenho dos participantes. Em uma segunda abordagem, optou-se pelo deslocamento em sentidos opostos; contudo, a convergência para o centro da calçada reiterou o problema de limitação espacial. A terceira alternativa, baseada na execução sequencial, mostrou-se ineficiente devido à ociosidade e à dispersão do estudante em espera. Concluiu-se, portanto, pela necessidade de espelhamento das calçadas, criando-se duas estações de trabalho independentes para viabilizar a coleta concomitante e individualizada.

Efetivaram-se os ajustes para a segunda sessão do teste piloto, na qual se confirmou sua eficácia: a adequação de *logins* individuais eliminou a duplicidade, garantindo a correta identificação dos participantes, enquanto o novo protocolo de acionamento da gravação pelo próprio usuário assegurou a continuidade do registro audiovisual, sem interrupções. Ambos os procedimentos foram executados com sucesso, validando a autonomia dos estudantes e a estabilidade técnica do ambiente imersivo para as próximas etapas da pesquisa. A adoção do *card* informativo (Apêndice D) apresentou resultados positivos na fluidez do experimento. O material gráfico orientou os participantes tanto na configuração da gravação interna quanto no manuseio dos controles, eliminando a necessidade de suporte externo constante. A adesão dos estudantes a esse novo protocolo foi satisfatória: eles conseguiram memorizar os comandos e realizar os trajetos corretamente, evidenciando que o guia visual consistiu em uma alternativa viável e eficiente para garantir a qualidade da coleta de dados.

A segunda sessão também apontou a necessidade de ajustes:

- **Design da atividade:** A análise da sessão indicou a necessidade de simplificar a interação na atividade "Os Gigantes". A inserção de notas virtuais demandou um tempo excessivo, comprometendo a progressão da proposta prevista. Para otimizar o experimento, o registro via blocos de notas será substituído por uma abordagem de observação e diálogo. Desse modo, no experimento de ensino, os participantes focam a exploração imersiva e a resposta oral aos questionamentos da pesquisadora, garantindo que o tempo da sessão seja integralmente dedicado à construção do pensamento geométrico e à exploração do espaço. Caso a dupla apresentasse

facilidade ao inserir as notas durante a ambientação, essa possibilidade seria considerada.

- **Mediação pedagógica:** Identificou-se a necessidade de um refinamento na mediação da pesquisadora, visando preservar a espontaneidade das respostas e das manifestações corporais dos participantes. As sessões piloto revelaram que intervenções precoces podem interromper fluxos de raciocínio em construção, inibindo gestos e expressões que constituem dados qualitativos valiosos. Portanto, o protocolo de mediação passou a ser executado com maior tempo de espera, permitindo que o participante explorasse o tempo de resposta necessário.

Com os ajustes realizados, avançou-se para a segunda fase: a aplicação do experimento de ensino propriamente dito. No capítulo a seguir, apresentam-se os dados e a respectiva análise.

6 O MERGULHO NO UNIVERSO DOS DADOS

No filme *Avatar: O Caminho da Água*, quando Jake Sully chega com sua família ao clã Metkayina (o povo do recife), orienta seus filhos a observar e a aprender sobre a cultura daquela comunidade. Nesse sentido, o primeiro aprendizado exigido consistiu na adaptação corporal (a contenção da respiração e a prática da natação), seguida pelo aguçamento dos sentidos (perceber as correntes marítimas e cativar as criaturas) para, finalmente, visualizar e compreender a grandiosidade daquele oceano. De forma análoga, este capítulo dedica-se a um mergulho na observação e na análise dos dados coletados, com vistas a compreender de que modo o corpo e as experiências sensoriais conduzem à visualização de conceitos geométricos quando a sala de aula se localiza em um ecossistema pouco conhecido.

Antes do detalhamento da análise por meio das categorias estabelecidas *a priori*, descreve-se o percurso de cada atividade desenvolvida no experimento de ensino. Ao iniciar cada sessão, a pesquisadora direcionava os participantes para o espaço configurado para a atividade, a qual se iniciava com um momento de exploração destinado à observação dos objetos geométricos a serem abordados. Posteriormente, era solicitada alguma prática, como quantificar elementos, planificar um sólido ou percorrer o perímetro de uma forma e, para finalizar, promovia-se um diálogo sobre as relações percebidas. Havendo tempo disponível, uma nova prática era solicitada, seguida de debate, procedendo-se assim sucessivamente até o término da sessão.

A seguir, apresentam-se a análise e as discussões relativas aos dados coletados, os quais foram devidamente codificados e categorizados. As categorias de análise foram previamente definidas com o objetivo de examinar os resultados da experimentação da ambiência enativa de aprendizagem no metaverso, identificando como a interação entre o corpo, as sensações e o ambiente tecnológico contribui para o desenvolvimento da aprendizagem geométrica.

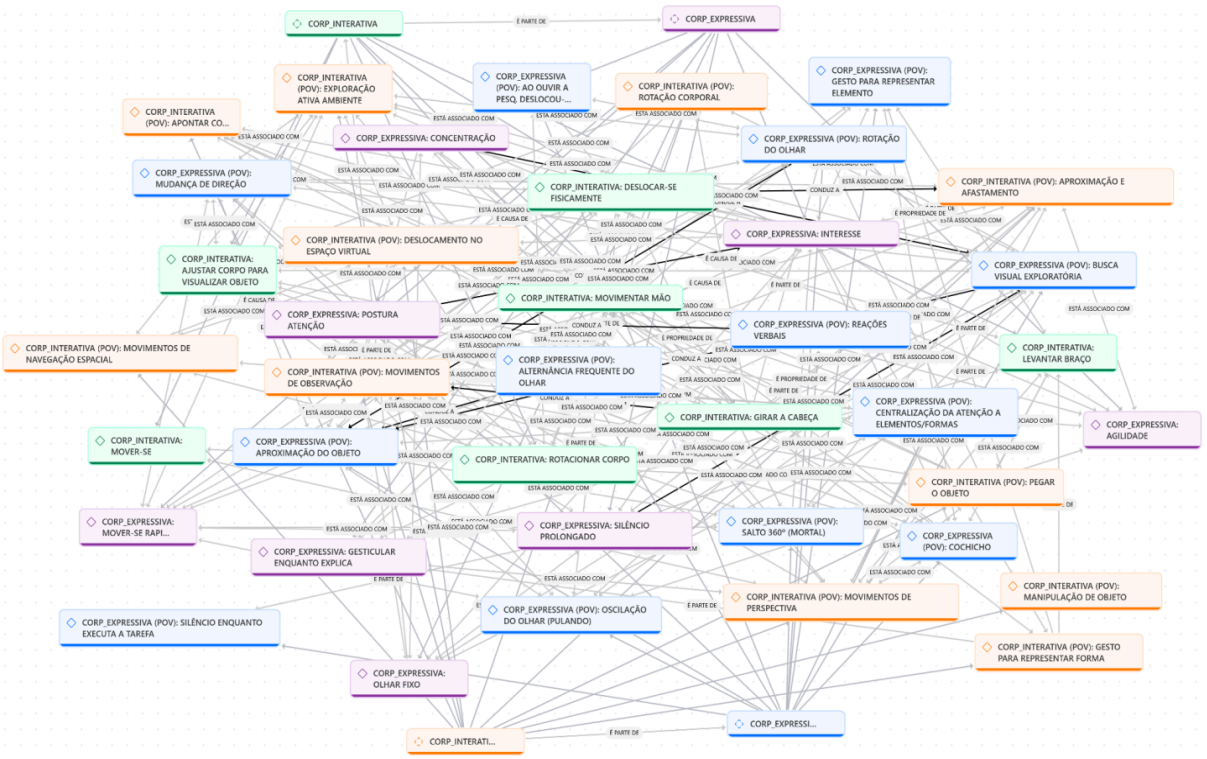
6.1 CORPOREIDADE

O objetivo desta categoria consiste em analisar e interpretar como o corpo se expressa (corporeidade expressiva) e interage (corporeidade interativa) para evidenciar experiências de aprendizagem relacionadas a conceitos geométricos no Ensino Fundamental. Para tanto, busca-se compreender a sincronia entre duas dimensões da ação dos participantes: os movimentos corporais e as reações no espaço físico do ambiente, capturados por câmera

externa; e as ações e reações observadas a partir da perspectiva em primeira pessoa proporcionada pelo Meta Quest 3 (POV), na plataforma Spatial.

Para dar início à discussão e à interpretação dos dados que emergem da coleta empírica, apresenta-se a Figura 6 com a rede de códigos/evidências, elaborada com o auxílio do *software* que intermediou esta análise: o ATLAS.ti.

Figura 6 - Rede corporeidade

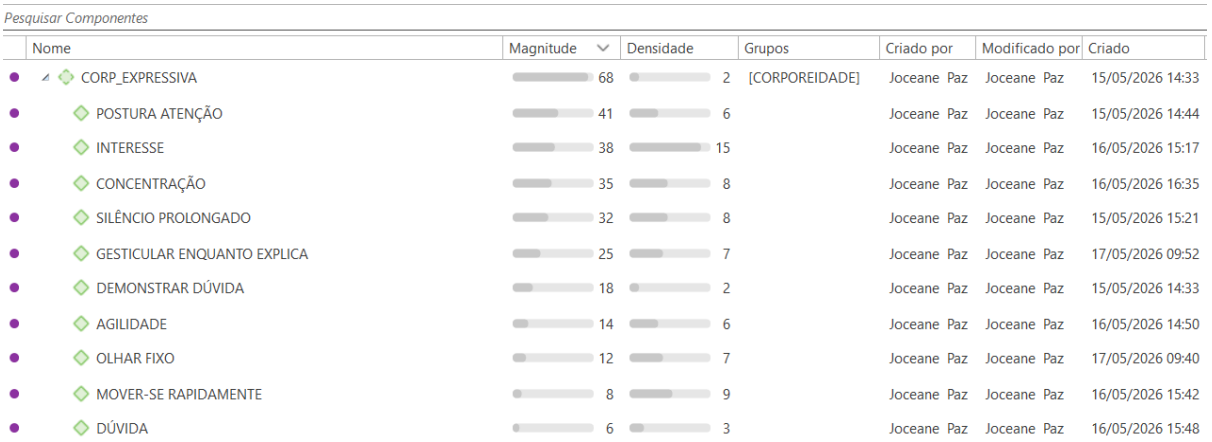


Fonte: *Software* ATLAS.ti (2026).

Como se observa, os códigos foram classificados em: corporeidade interativa (verde), corporeidade interativa (POV) (laranja), corporeidade expressiva (roxo) e corporeidade expressiva (POV) (azul). Reitera-se que a sigla POV (*Point of View*) refere-se à visão em primeira pessoa no ambiente do metaverso.

Ao analisar as **evidências da corporeidade expressiva**, verifica-se (Figura 7) um elevado índice de postura de atenção, interesse, concentração e silêncio prolongado. Por sua vez, na **corporeidade expressiva (POV)** (Figura 8), constatam-se alternância frequente do olhar, rotação do olhar, aproximação do objeto e busca visual exploratória. A magnitude indica a força empírica do código, isto é, a quantidade de trechos de vídeo (citações) marcados com o referido código.

Figura 7 - Gerenciador de código da subcategoria Corporeidade Expressiva

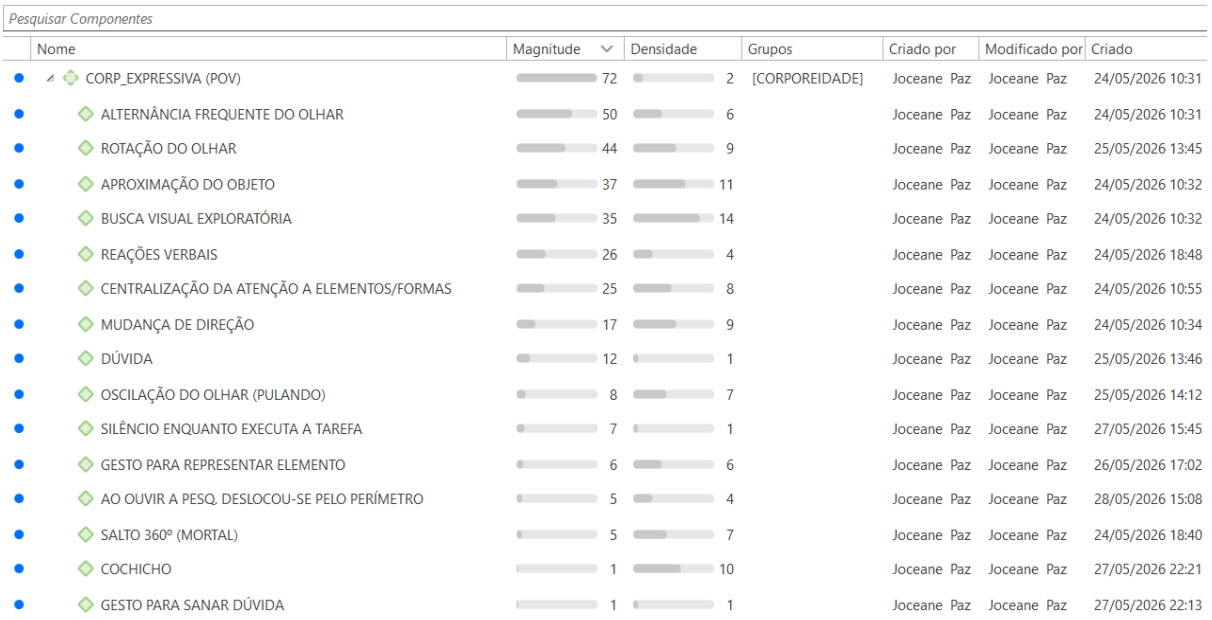


Pesquisar Componentes

Nome	Magnitude	Densidade	Grupos	Criado por	Modificado por	Criado
CORP_EXPRESSIVA	68	2	[CORPOREIDADE]	Joceane Paz	Joceane Paz	15/05/2026 14:33
POSTURA ATENÇÃO	41	6		Joceane Paz	Joceane Paz	15/05/2026 14:44
INTERESSE	38	15		Joceane Paz	Joceane Paz	16/05/2026 15:17
CONCENTRAÇÃO	35	8		Joceane Paz	Joceane Paz	16/05/2026 16:35
SILÊNCIO PROLONGADO	32	8		Joceane Paz	Joceane Paz	15/05/2026 15:21
GESTICULAR ENQUANTO EXPLICA	25	7		Joceane Paz	Joceane Paz	17/05/2026 09:52
DEMONSTRAR DÚVIDA	18	2		Joceane Paz	Joceane Paz	15/05/2026 14:33
AGILIDADE	14	6		Joceane Paz	Joceane Paz	16/05/2026 14:50
OLHAR FIXO	12	7		Joceane Paz	Joceane Paz	17/05/2026 09:40
MOVER-SE RAPIDAMENTE	8	9		Joceane Paz	Joceane Paz	16/05/2026 15:42
DÚVIDA	6	3		Joceane Paz	Joceane Paz	16/05/2026 15:48

Fonte: *Software* ATLAS.ti (2026).

Figura 8 - Gerenciador de código da subcategoria Corporeidade Expressiva (POV)



Pesquisar Componentes

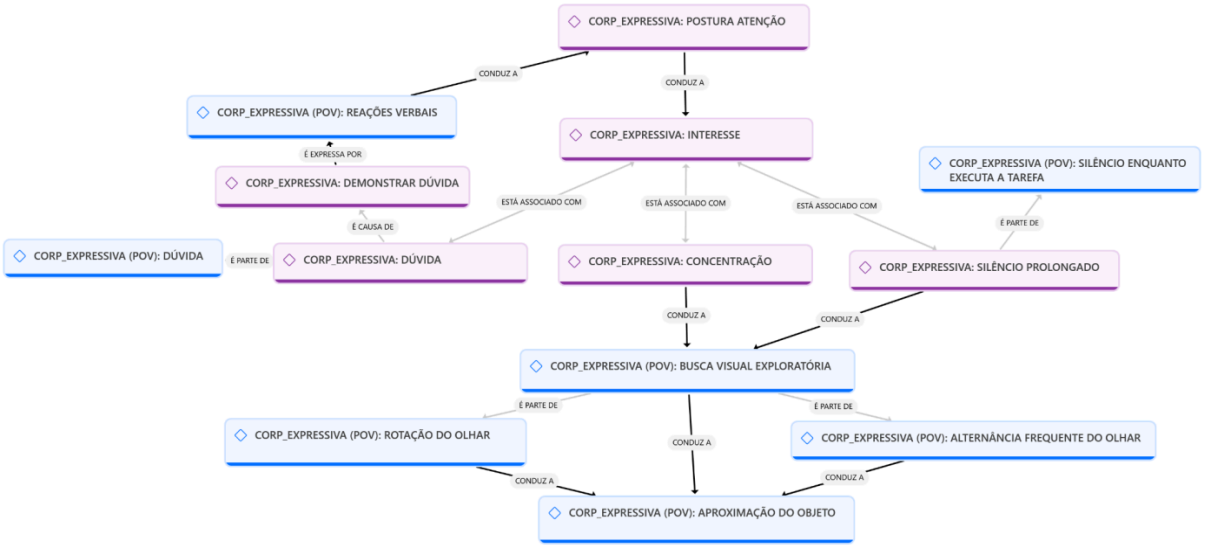
Nome	Magnitude	Densidade	Grupos	Criado por	Modificado por	Criado
CORP_EXPRESSIVA (POV)	72	2	[CORPOREIDADE]	Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 10:31
ALTERNÂNCIA FREQUENTE DO OLHAR	50	6		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 10:31
ROTAÇÃO DO OLHAR	44	9		Joceane Paz	Joceane Paz	25/05/2026 13:45
APROXIMAÇÃO DO OBJETO	37	11		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 10:32
BUSCA VISUAL EXPLORATÓRIA	35	14		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 10:32
REAÇÕES VERBAIS	26	4		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 18:48
CENTRALIZAÇÃO DA ATENÇÃO A ELEMENTOS/FORMAS	25	8		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 10:55
MUDANÇA DE DIREÇÃO	17	9		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 10:34
DÚVIDA	12	1		Joceane Paz	Joceane Paz	25/05/2026 13:46
OSCILAÇÃO DO OLHAR (PULANDO)	8	7		Joceane Paz	Joceane Paz	25/05/2026 14:12
SILÊNCIO ENQUANTO EXECUTA A TAREFA	7	1		Joceane Paz	Joceane Paz	27/05/2026 15:45
GESTO PARA REPRESENTAR ELEMENTO	6	6		Joceane Paz	Joceane Paz	26/05/2026 17:02
AO OUVIR A PESQ. DESLOCOU-SE PELO PERÍMETRO	5	4		Joceane Paz	Joceane Paz	28/05/2026 15:08
SALTO 360º (MORTAL)	5	7		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 18:40
COCHICHO	1	10		Joceane Paz	Joceane Paz	27/05/2026 22:21
GESTO PARA SANAR DÚVIDA	1	1		Joceane Paz	Joceane Paz	27/05/2026 22:13

Fonte: *Software* ATLAS.ti (2026).

A postura de atenção manifestava-se no momento em que as orientações eram prestadas: os movimentos corporais cessavam para que os participantes as escutassem. O interesse e a concentração traduziam-se na execução contínua da atividade proposta. Quando surgiam dúvidas, estes reagiam verbalmente e, após os devidos esclarecimentos, retornavam à tarefa, mantendo-se em silêncio durante a realização. A alternância do olhar decorreu da amplitude visual proporcionada pelo ambiente, o qual viabilizou a exploração, a busca por elementos que colaborassem com a resolução da tarefa e a visualização das formas

geométricas sob diferentes perspectivas: de perto, internamente e ao seu entorno. A rede de códigos apresentada na Figura 9 coloca em destaque a interação entre esses dados.

Figura 9 - Interação entre os códigos da corporeidade expressiva



Fonte: *Software* ATLAS.ti (2026).

Esses dados indicam que a realização de atividades em ambiente de metaverso, mediante o acesso por meio dos óculos de realidade virtual, conduziu o corpo físico dos estudantes a uma postura que induziu a mente a focar os dados necessários para a resolução dos problemas propostos. O silêncio não consistiu em uma imposição, mas em um recurso que auxiliou o corpo a manter-se concentrado; o corpo, por sua vez, atuou como um instrumento de validação (alternância do olhar, aproximação e rotação), visto que, além de observar, os discentes tocavam[11] as formas com os olhos.

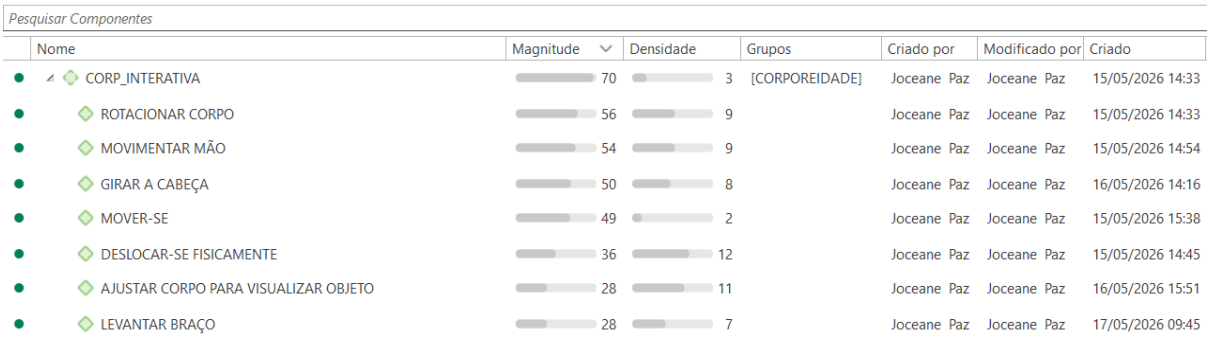
O interesse do estudante manteve-se intrínseco no decorrer das experiências de aprendizagem propostas. Erro, dúvida e dificuldade não se configuraram como fatores que levaram os participantes a abandonar a tarefa, mas impulsionaram a busca por esclarecimentos, a fim de dar continuidade à resolução.

O fato de o discente manter uma postura de atenção e encontrar-se concentrado não significa que tenha mantido seu corpo paralisado ou estático. Pelo contrário, ao analisar os dados da **corporeidade interativa** no âmbito do corpo físico, verifica-se (Figura 10) que as evidências com maior ocorrência foram: rotacionar o corpo, movimentar a mão, girar a cabeça, mover-se e deslocar-se fisicamente. Por outro lado, na **corporeidade interativa**

[11] Em razão da imersão, a visão assumiu o papel do tato. Abordar-se-á esse assunto na próxima categoria de análise: “Experiências Sensoriais”.

quanto ao POV, os índices mais expressivos (Figura 11) correspondem a: rotação corporal, deslocamento no espaço virtual, movimentos de navegação, aproximação e afastamento, movimento de observação e movimento de perspectiva.

Figura 10 - Gerenciador de código da subcategoria corporeidade interativa

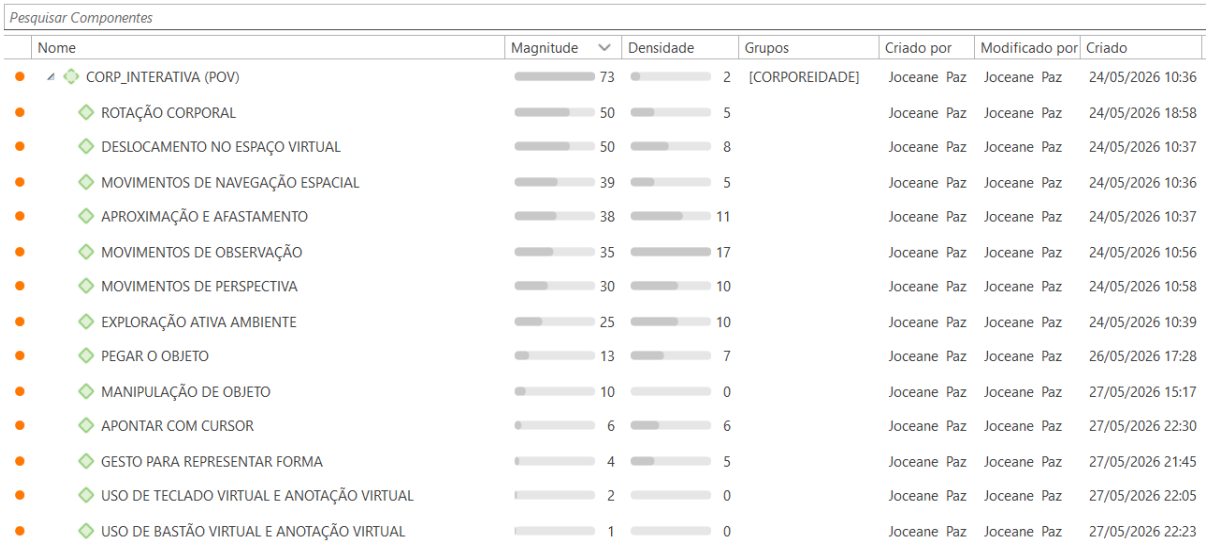


Pesquisar Componentes

Nome	Magnitude	Densidade	Grupos	Criado por	Modificado por	Criado
CORP_INTERATIVA	70	3	[CORPOREIDADE]	Joceane Paz	Joceane Paz	15/05/2026 14:33
ROTACIONAR CORPO	56	9		Joceane Paz	Joceane Paz	15/05/2026 14:33
MOVIMENTAR MÃO	54	9		Joceane Paz	Joceane Paz	15/05/2026 14:54
GIRAR A CABEÇA	50	8		Joceane Paz	Joceane Paz	16/05/2026 14:16
MOVER-SE	49	2		Joceane Paz	Joceane Paz	15/05/2026 15:38
DESLOCAR-SE FISICAMENTE	36	12		Joceane Paz	Joceane Paz	15/05/2026 14:45
AJUSTAR CORPO PARA VISUALIZAR OBJETO	28	11		Joceane Paz	Joceane Paz	16/05/2026 15:51
LEVANTAR BRAÇO	28	7		Joceane Paz	Joceane Paz	17/05/2026 09:45

Fonte: *Software* ATLAS.ti (2026).

Figura 11 - Gerenciador de código da subcategoria corporeidade interativa (POV)



Pesquisar Componentes

Nome	Magnitude	Densidade	Grupos	Criado por	Modificado por	Criado
CORP_INTERATIVA (POV)	73	2	[CORPOREIDADE]	Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 10:36
ROTAÇÃO CORPORAL	50	5		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 18:58
DESLOCAMENTO NO ESPAÇO VIRTUAL	50	8		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 10:37
MOVIMENTOS DE NAVEGAÇÃO ESPACIAL	39	5		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 10:36
APROXIMAÇÃO E AFASTAMENTO	38	11		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 10:37
MOVIMENTOS DE OBSERVAÇÃO	35	17		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 10:56
MOVIMENTOS DE PERSPECTIVA	30	10		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 10:58
EXPLORAÇÃO ATIVA AMBIENTE	25	10		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 10:39
PEGAR O OBJETO	13	7		Joceane Paz	Joceane Paz	26/05/2026 17:28
MANIPULAÇÃO DE OBJETO	10	0		Joceane Paz	Joceane Paz	27/05/2026 15:17
APONTAR COM CURSOR	6	6		Joceane Paz	Joceane Paz	27/05/2026 22:30
GESTO PARA REPRESENTAR FORMA	4	5		Joceane Paz	Joceane Paz	27/05/2026 21:45
USO DE TECLADO VIRTUAL E ANOTAÇÃO VIRTUAL	2	0		Joceane Paz	Joceane Paz	27/05/2026 22:05
USO DE BASTÃO VIRTUAL E ANOTAÇÃO VIRTUAL	1	0		Joceane Paz	Joceane Paz	27/05/2026 22:23

Fonte: *Software* ATLAS.ti (2026).

Na Figura 12, observa-se o trio de imagens em que Tsireya rotaciona o seu corpo durante a realização da atividade proposta em uma das sessões do experimento de ensino.

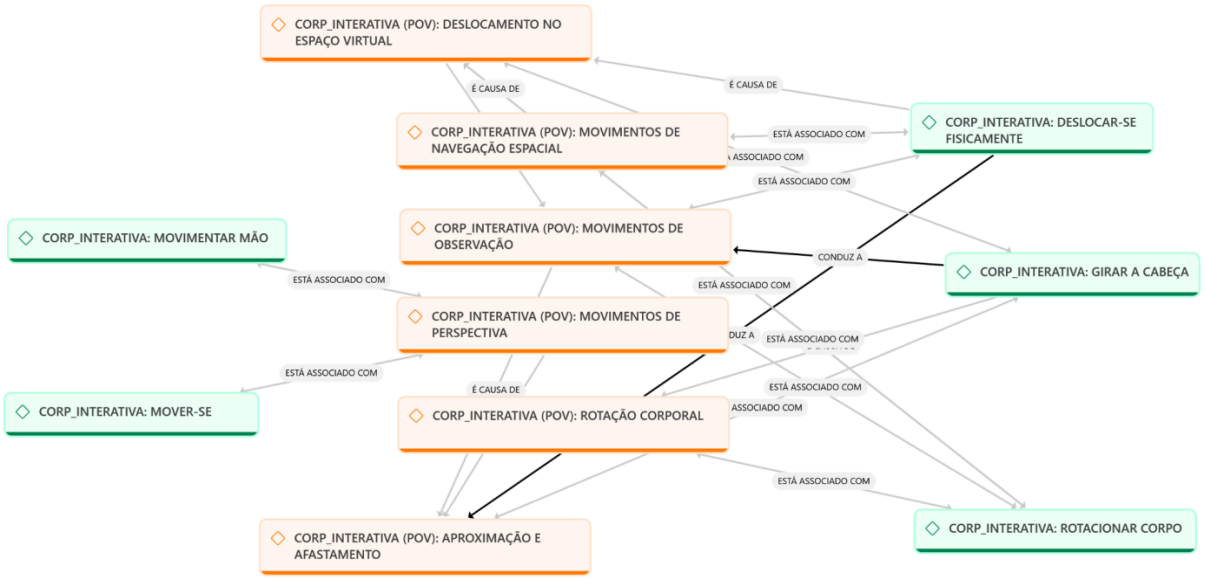
Figura 12 - Tsireya rotacionando o corpo



Fonte: Dados do estudo (2026).

Na Figura 13, observa-se a rede que ilustra o modo como esses códigos/evidências se articulam.

Figura 13 - Interação entre os códigos da corporeidade interativa



Fonte: *Software* ATLAS.ti (2026).

Ao entrelaçar essas evidências, nota-se uma simetria entre as ações, tanto sob a perspectiva do espaço físico no ambiente externo quanto sob o ângulo de visão do estudante: o discente rotaciona o corpo real para produzir rotação na realidade virtual; desloca-se

fisicamente na sala real para gerar deslocamento no espaço virtual. Isso evidencia que a imersão conduziu o estudante à constatação de que, para compreender, observar ou manipular o objeto virtual, era necessário direcionar o próprio corpo no mundo real.

Os dados de aproximação e afastamento e o movimento de perspectiva, aliados ao ato de movimentar as mãos e girar a cabeça, indicam que a vivência no espaço 3D impulsionou uma mudança na forma como se costuma estudar a geometria, na qual o estudante a observa de frente e em duas dimensões. O movimento de perspectiva e de observação demonstra que o discente precisou investigar as regiões ocultas (pontos cegos) das formas geométricas: o que se encontra atrás? O que se localiza abaixo? O ato de movimentar a mão no espaço físico, onde não há elemento concreto, indica uma tentativa do corpo biológico de tatear e validar a tridimensionalidade visualizada pelos olhos.

Ao acompanhar a interação de Tuktirey apresentada a seguir, tem-se a impressão de que a participante apontou para o espaço vazio (“o nada”); contudo, ao associar essa ação ao POV, verifica-se que ela apontava para as imagens que julgou distintas. Esse movimento de apontar esteve presente em diversos momentos do experimento de ensino, como forma de indicar figuras e quantificar vértices, arestas e faces.

Durante as experiências de aprendizagem no metaverso, a corporeidade interativa mostrou-se expressivamente presente. Os movimentos corporais moldaram as aprendizagens e o pensamento geométrico, ou seja, o estudante precisou mover-se para compreender. A configuração das atividades, o espaço virtual e os recursos tecnológicos disponíveis instigaram o discente a habitar e a percorrer a geometria para conseguir decifrá-la. Em outras palavras, os movimentos de observação e de perspectiva permitiram ao estudante identificar propriedades não visíveis na projeção bidimensional, como as faces ocultas do prisma, alterando sua percepção espacial. A seguir, apresenta-se uma breve descrição do trecho de uma das cenas codificadas (Cena 1), acompanhada de algumas imagens.

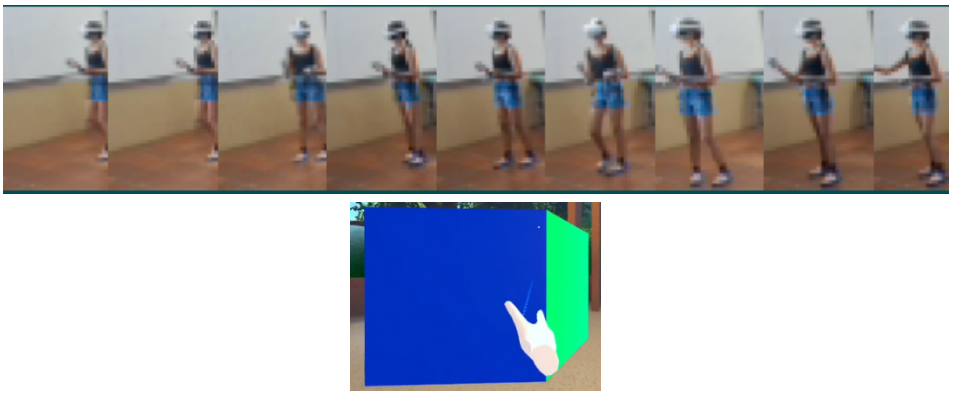
Cena 1: Interação entre Tuktirey e a pesquisadora.

Pesquisadora: *Tuktirey, qual forma geométrica “diferente” você viu?*

Tuktirey se desloca fisicamente (Figura 14), estica o braço à frente e enquanto aponta, responde:

Tuktirey: *Esse prisma aqui da frente! e ...*

Figura 14 - Sequência de imagens da movimentação de Tuktirey durante atividade



Fonte: Dados do estudo (2026).

Nesse momento, a participante rotaciona o corpo a 90º para a esquerda (Figura 15), observa ao redor, avança e dá continuidade às suas respostas.

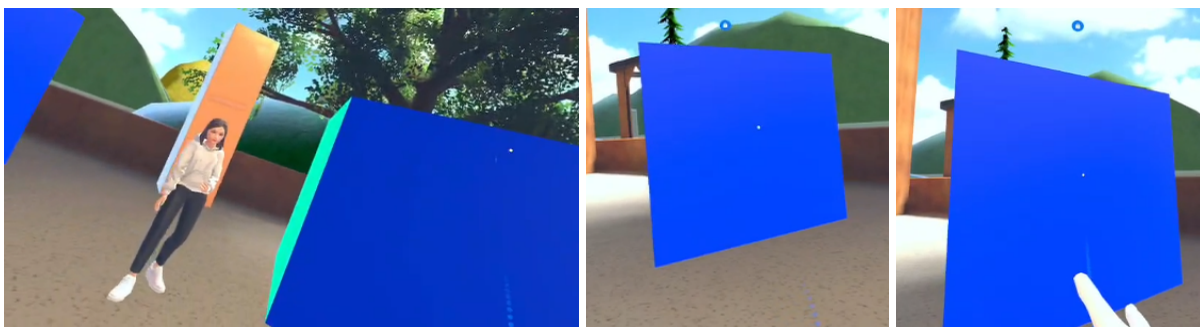
Tuktirey: *E, bastante, esse daqui* (Figura16) *também que eu nunca tinha visto esse daqui.*

Figura 15 - Sequência de imagens da movimentação de Tuktirey dando sequência a atividade



Fonte: Dados do estudo (2026).

Figura 16 - Sequência de imagens do ângulo de visão em primeira pessoa de Tuktirey durante atividade



Fonte: Dados do estudo (2026).

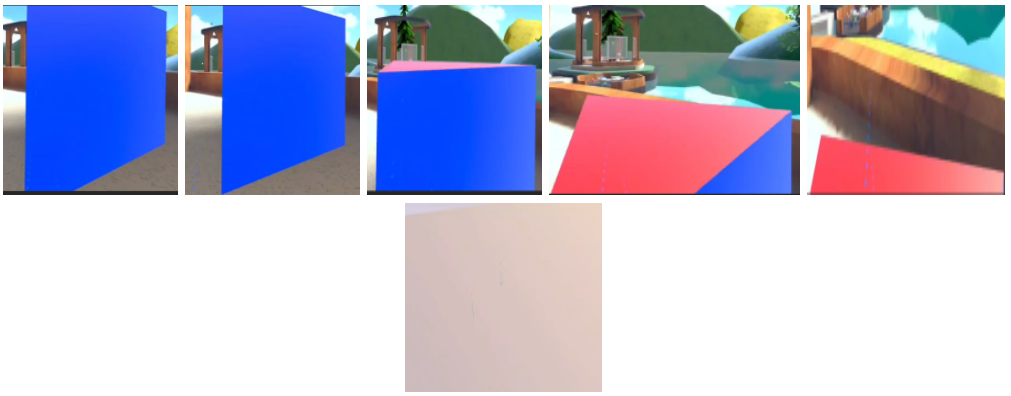
Pesquisadora: *Você entrou dentro dele?*

Tuktirey: *Não*

Pesquisadora: *Entra para você ver!*

Tuktirey: *Pera aí!* (Como o grid[12] de segurança apareceu, Tuktirey deu um salto 360º - mortal e aterrissou dentro do sólido – Figura 17) *Entrei!*

Figura 17 - Sequência de imagens do POV de Tuktirey dando sequência a atividade



Fonte: Dados do estudo (2026).

Pesquisadora: *Olha a base! Que formato é?*

Tuktirey: (Olha para baixo) *Um triângulo!*

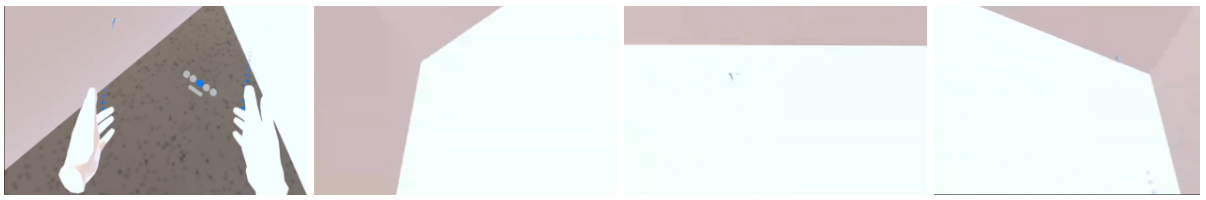
Pesquisadora: *E o teto?*

Tuktirey: (Olha para cima) *Triângulo!*

Pesquisadora: *E as faces laterais, quantos lados tem?* (Ela olha e passa o cursor ao redor – Figura 18).

Tuktirey: Quatro!

Figura 18 - Tuktirey dentro de um prisma triangular virtual



Fonte: Dados do estudo (2026).

Na Cena 1, observa-se Tuktirey em constante movimentação, tanto no espaço livre da sala de aula física quanto no ambiente virtual. A participante desloca-se, rotaciona o corpo,

[12] O sistema *Guardian* do *Meta Quest 3,* que avisa sobre os limites físicos da sala.

movimenta os braços, observa ao seu redor e interage continuamente com a pesquisadora, evidenciando na prática a expressiva presença da corporeidade. Esclarece-se que essa exploração não estava prevista no roteiro original; a oportunidade emergiu a partir de um comentário da estudante sobre os diferentes poliedros até então desconhecidos por ela. Na Cena 1, as redes de códigos apresentadas nas Figuras 6, 9 e 13 ganham concretude analítica.

Ao adentrar o prisma triangular virtual, altera-se a lógica da geometria bidimensional tradicional. Para identificar a forma da base e das faces laterais, Tuktirey não recorre a uma fórmula ou a uma representação gráfica em página de livro; ela desloca seu corpo físico no espaço real para ingressar no sólido virtual. Essa imersão viabilizou uma investigação sob a perspectiva interna, na qual a percepção das propriedades do prisma se construiu por meio da alteração da perspectiva corporal. Ao direcionar o olhar para baixo e para cima, identificando triângulos, e ao redor, contabilizando quatro lados nas faces laterais, a estudante valida empiricamente as propriedades que caracterizam o prisma reto de base triangular. Portanto, o conceito geométrico passa a constituir uma propriedade vivenciada pelo próprio corpo.

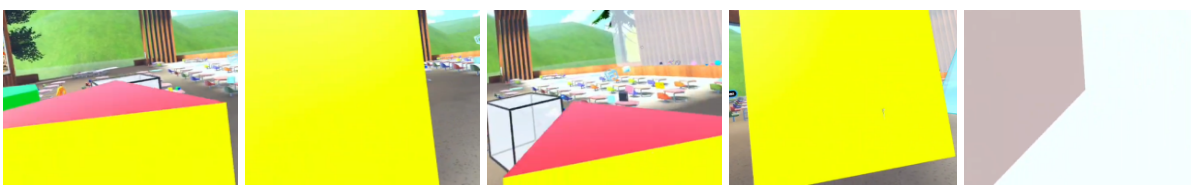
Essa interpretação valida-se pela resposta de Aonung (Cena 2) durante uma interação com a pesquisadora. Acompanhe a transcrição do diálogo e algumas imagens obtidas do POV:

Cena 2: Interação entre Aonung e a pesquisadora.

Pesquisadora: *Aonung, como você identificou os elementos do teu sólido?*

Aonung: *Ãhh ... identifiquei ... bem ... eu dei uns pulos assim né* (oscilação do POV - para cima e para baixo - reproduzindo os pulos – Figura 19) *para poder olhar todas as partes ... em cima* (base superior é visualizada) *... e para olhar embaixo ... que era pior mesmo, eu ... entrei dentro dele que daí dava para ver direitinho* (entra dentro do prisma retangular e foca o olhar na base inferior).

Figura 19 - Aonung interagindo com um prisma triangular virtual durante diálogo com a pesquisadora



Fonte: Dados do estudo (2026).

A interação com Aonung ilustra como a corporeidade expressiva e a interativa se manifestaram de forma indissociável na busca por uma resposta. Para atender ao questionamento, o discente verbaliza e executa as ações descritas por meio de movimentos corporais virtuais. Essa dinâmica demonstra de que modo o corpo se expressa e atua enquanto investiga e valida conceitos geométricos.

6.1.1 Encaminhando uma análise

Ao cruzar as duas subcategorias, fica nítido o papel do corpo físico na mediação da realidade virtual. Na dimensão expressiva, a visão do mundo real "sumiu" para o estudante, pois foi transportada para o ambiente virtual. Na dimensão interativa, embora a mente se encontrasse no mundo virtual, fez-se necessário utilizar as regras físicas do mundo real para conseguir operar as formas geométricas virtuais. Em suma, essas dimensões se complementam: enquanto a corporeidade expressiva funciona como uma estratégia, a corporeidade interativa atua como a execução motora dessa estratégia. Ao considerar a possibilidade tecnológica, a realidade virtual só se tornou eficiente para o ensino da geometria porque o corpo físico do discente traduz comandos biológicos reais.

Considerando os pressupostos do referencial teórico, conclui-se que a criação de um espaço de experimentação no mundo virtual para a realização do experimento de ensino promoveu ações e interação entre os estudantes, o ambiente e os conceitos geométricos abordados (Silva *et al.*, 2023; Baum; Kroeff, 2018; Gavillon *et al.*, 2020). À luz de Maturana e Varela (2010), essa dinâmica formou um sistema autopoiético, visto que os estudantes e as tecnologias do metaverso estabeleceram um acoplamento estrutural em tempo real. Essa compatibilidade gerou uma rede de interações fechadas em sua organização (evidências), mas estruturalmente aberta para receber e processar os estímulos virtuais, construindo conhecimento por meio da exploração e da manipulação das formas geométricas.

Essa dinâmica, na qual a mudança no estado biológico do estudante (o movimento físico) gera uma perturbação compensada imediatamente pelo ambiente (movimento POV) e vice-versa, ilustra o que Lévy (2011) define como atualização de um hipercorpo híbrido e tecnobiológico. Os óculos de VR e o avatar deixam de ser recursos externos e passam a integrar a estrutura biológica e cognitiva dos participantes, dissolvendo a fronteira entre o real e o virtual.

Sob a premissa de que o espaço é gerado pelas ações do sujeito, o ambiente tridimensional foi trazido à existência pelos próprios estudantes. As formas geométricas não estavam simplesmente armazenadas na plataforma à espera deles; elas ganharam significado matemático por meio da expressão e da interação corporal. Assim, a aprendizagem geométrica potencializou-se, legitimando o metaverso como um território enativo de aprendizagem no qual o empenho corporal amplia os domínios cognitivos dos discentes ao gerar novas conexões neurais.

À luz de Scheffer (2016; 2017; 2024), evidencia-se que o corpo dos estudantes se manteve ativo e presente no desenvolvimento das atividades, vivenciando formas e conceitos geométricos por meio de seus corpos ampliados no espaço digital (Lévy, 2011). Ao manter-se em sincronia com a mente, a expressão gestual e o movimento corporal potencializaram a argumentação verbal. Essa dinâmica sinaliza que a palavra dita e escrita não constitui o único recurso para demonstrar o conhecimento, consolidando o metaverso como um ambiente que fomenta a multimodalidade argumentativa no ensino e na discussão de conceitos geométricos no Ensino Fundamental. Assim, os dados confirmam que o entendimento geométrico ocorre na exata medida em que o corpo experimenta o deslocamento e a mudança de perspectiva, transformando o movimento de construção do polígono (atividades configuradas no experimento) em pensamento geométrico em rede.

Sob a perspectiva de Csikszentmihalyi (2020), o ambiente e as experiências de aprendizagem propostas mostraram-se propícios ao estado de Flow, uma vez que os desafios eram compatíveis com as habilidades dos estudantes, proporcionando uma sensação de progresso durante a realização das propostas. Como a sincronia entre o que se faz e o que se pensa é uma das marcas desse estado, os participantes canalizaram sua energia integralmente na tarefa, abstraindo-se das distrações do ambiente externo.

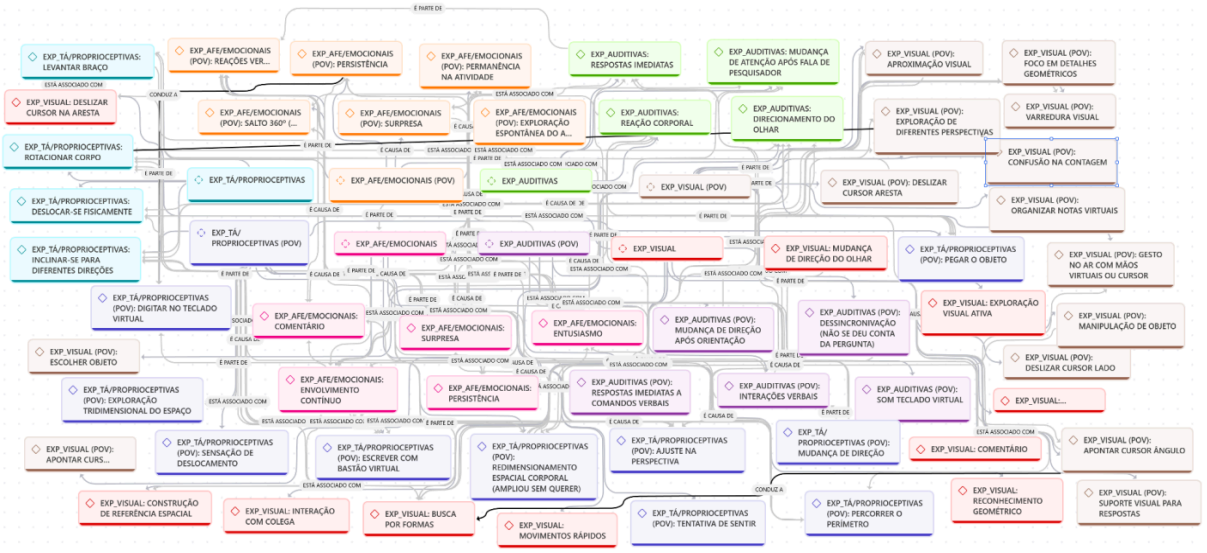
Esse silêncio prolongado materializa a fruição: o corpo físico aquieta-se para sustentar a concentração e absorver o impacto da imersão digital. É nesse ponto que se conecta a perspectiva de Lévy (2011) sobre a virtualização como uma reinvenção do corpo. O silêncio do corpo físico é o que permite o nascimento do corpo desdobrado que atua no metaverso.

6.2 EXPERIÊNCIAS SENSORIAIS

O objetivo desta categoria consiste em analisar as experiências sensoriais proporcionadas nesses ambientes e suas possíveis contribuições para o ensino e para a aprendizagem de conceitos geométricos, conforme a proposta de Produto Educacional

apresentada na metodologia. Para dar início às discussões, apresenta-se na Figura 20 a rede com os códigos que emergiram da análise.

Figura 20 - Rede experiências sensoriais



Fonte: *Software* ATLAS.ti (2026).

Observa-se que os códigos foram classificados em: experiências auditivas (verde), experiências auditivas (POV) (roxo), experiências táteis/proprioceptivas (verde-turquesa), experiências táteis/proprioceptivas (POV) (azul-escuro), experiências afetivas/emocionais (rosa), experiências afetivas/emocionais (POV) (laranja), experiências visuais (vermelho) e experiências visuais (POV) (marrom).

Ao analisar a subcategoria de **experiências auditivas**, verifica-se (Figura 21) uma elevada incidência dos seguintes códigos/evidências: direcionamento do olhar, reação corporal e mudança de atenção após a fala da pesquisadora. Por sua vez, nas **experiências auditivas (POV)** (Figura 22), constatam-se: interações verbais, respostas imediatas a comandos verbais e mudança de direção após orientação.

Figura 21 - Gerenciador de código da subcategoria experiências auditivas

Pesquisar Componentes

Nome	Magnitude	Densidade	Grupos	Criado por	Modificado por	Criado
EXP_AUDITIVAS	55	1	[EXPERIENCIAS SEN:	Joceane Paz	Joceane Paz	15/05/2026 15:25
DIRECIONAMENTO DO OLHAR	47	4		Joceane Paz	Joceane Paz	16/05/2026 16:03
REAÇÃO CORPORAL	33	4		Joceane Paz	Joceane Paz	15/05/2026 15:25
MUDANÇA DE ATENÇÃO APÓS FALA DE PESQUISADOR	32	3		Joceane Paz	Joceane Paz	16/05/2026 16:03
RESPOSTAS IMEDIATAS	7	5		Joceane Paz	Joceane Paz	16/05/2026 16:02

Fonte: *Software* ATLAS.ti (2026).

Figura 22 - Gerenciador de código da subcategoria experiências auditivas (POV)

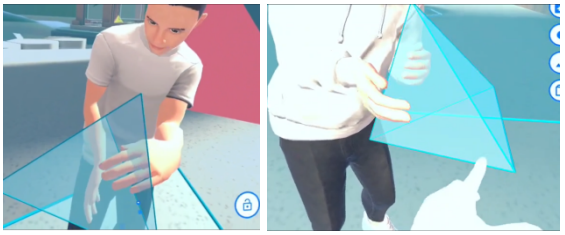
Pesquisar Componentes

Nome	Magnitude	Densidade	Grupos	Criado por	Modificado por	Criado
EXP_AUDITIVAS (POV)	68	2	[EXPERIENCIAS SEN	Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 10:45
INTERAÇÕES VERBAIS	58	4		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 19:12
RESPOSTAS IMEDIATAS A COMANDOS VERBAIS	44	1		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 10:45
MUDANÇA DE DIREÇÃO APÓS ORIENTAÇÃO	33	1		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 10:46
DESSINCRONIVAÇÃO (NÃO SE DEU CONTA DA PERGUNTA)	1	1		Joceane Paz	Joceane Paz	25/05/2026 13:59
SOM TECLADO VIRTUAL	1	0		Joceane Paz	Joceane Paz	27/05/2026 22:08

Fonte: *Software* ATLAS.ti (2026).

Na Figura 23, visualiza-se uma interação verbal em que Aonung explica a Neteyam o conceito de aresta, indicando-o.

Figura 23 - Colaboração de Aonung com Neteyam



Fonte: Dados do estudo (2026).

Ao articular as perspectivas do ambiente real e do virtual, interpreta-se que o estímulo auditivo funcionou como um condutor de mediação pedagógica e transição de foco. No mundo real, a fala da pesquisadora atuou como um gatilho de reorientação física e de perspectiva: imediatamente após os comandos verbais, os participantes reagiam corporalmente e direcionavam o olhar, indicando uma mudança de atenção. Essa transição de foco no espaço físico não gerou dispersão; pelo contrário, configurou-se como um passo preparatório. Na conclusão do estímulo auditivo, essa orientação traduziu-se em ação no ambiente imersivo, no qual os estudantes passavam a movimentar-se coordenadamente e a interagir de forma imediata na realização das atividades geométricas propostas nas sessões do experimento.

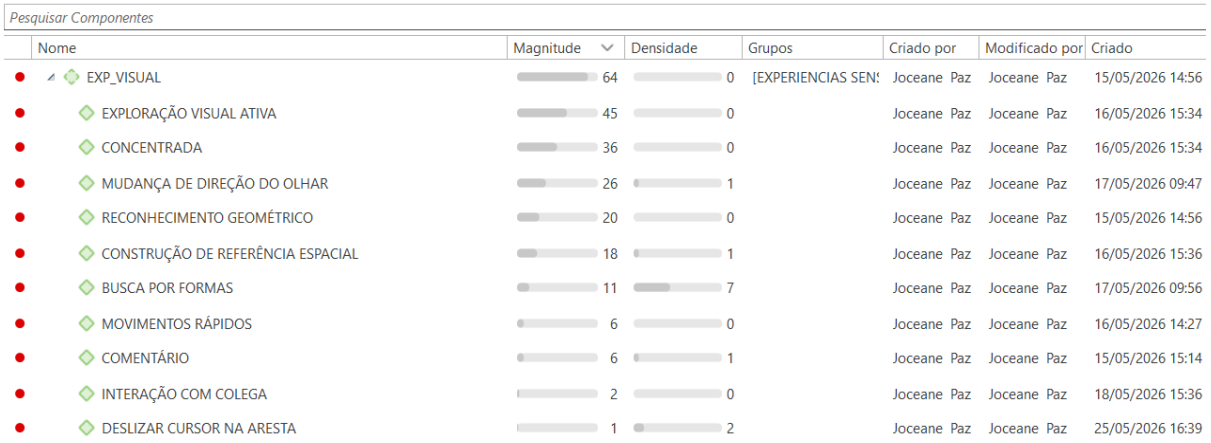
Essa interpretação direciona a análise para três aspectos: a escuta atenta, o som como guia e a intencionalidade da ação. O direcionamento do olhar e as reações corporais revelam que os estudantes mantiveram uma âncora na realidade, de modo a não se isolar nem se alienar pelo uso dos óculos de realidade virtual. Na geometria, visualizar um objeto sob diferentes ângulos (mudar de direção) é fundamental para a compreensão conceitual. Os

dados mostram que a audição (o som como guia) potencializou esse processo, uma vez que o comando verbal da pesquisadora se transformou em movimento tridimensional imediato no metaverso. O fato de os participantes dirigirem-se à realização da atividade logo após a fala indica que a experiência sensorial auditiva gerou compreensão de propósito. Os estudantes não se moveram aleatoriamente no metaverso; moveram-se com uma intenção clara, validando a concepção do experimento de ensino.

Para solucionar as experiências de aprendizagem, após ouvirem os comandos, os participantes contavam com outra funcionalidade disponível: as experiências sensoriais visuais, tratando-se, possivelmente, da dimensão de maior destaque.

Ao analisar as evidências relacionadas às **experiências visuais** no ambiente real, verifica-se elevada magnitude em códigos como (Figura 24): exploração visual ativa, concentrada, mudança de direção do olhar, reconhecimento geométrico e construção de referência espacial. Nas **experiências visuais em primeira pessoa (POV)**, no metaverso, destacaram-se (Figura 25): exploração de diferentes perspectivas, aproximação visual, foco em detalhes geométricos, varredura visual, apontar/deslizar o cursor para/em elementos, manipular objetos e suporte visual para respostas.

Figura 24 - Gerenciador de código da subcategoria experiências visuais



Nome	Magnitude	Densidade	Grupos	Criado por	Modificado por	Criado
EXP_VISUAL	64	0	[EXPERIENCIAS SEN	Joceane Paz	Joceane Paz	15/05/2026 14:56
EXPLORAÇÃO VISUAL ATIVA	45	0		Joceane Paz	Joceane Paz	16/05/2026 15:34
CONCENTRADA	36	0		Joceane Paz	Joceane Paz	16/05/2026 15:34
MUDANÇA DE DIREÇÃO DO OLHAR	26	1		Joceane Paz	Joceane Paz	17/05/2026 09:47
RECONHECIMENTO GEOMÉTRICO	20	0		Joceane Paz	Joceane Paz	15/05/2026 14:56
CONSTRUÇÃO DE REFERÊNCIA ESPACIAL	18	1		Joceane Paz	Joceane Paz	16/05/2026 15:36
BUSCA POR FORMAS	11	7		Joceane Paz	Joceane Paz	17/05/2026 09:56
MOVIMENTOS RÁPIDOS	6	0		Joceane Paz	Joceane Paz	16/05/2026 14:27
COMENTÁRIO	6	1		Joceane Paz	Joceane Paz	15/05/2026 15:14
INTERAÇÃO COM COLEGA	2	0		Joceane Paz	Joceane Paz	18/05/2026 15:36
DESLIZAR CURSOR NA ARESTA	1	2		Joceane Paz	Joceane Paz	25/05/2026 16:39

Fonte: *Software* ATLAS.ti (2026).

Figura 25 - Gerenciador de código da subcategoria experiências visuais (POV)

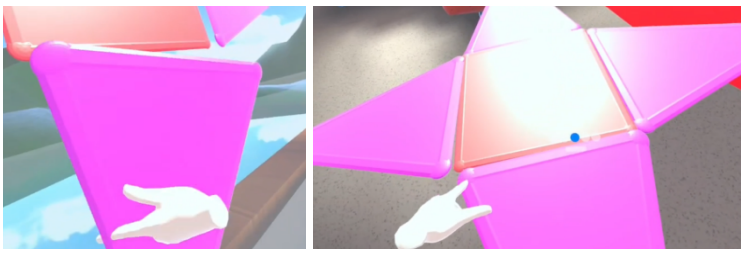
Pesquisar Componentes

Nome	Magnitude	Densidade	Grupos	Criado por	Modificado por	Criado
EXP_VISUAL (POV)	67	2	[EXPERIENCIAS SENS	Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 10:41
EXPLORAÇÃO DE DIFERENTES PERSPECTIVAS	36	2		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 10:41
APROXIMAÇÃO VISUAL	35	3		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 10:42
FOCO EM DETALHES GEOMÉTRICOS	28	1		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 10:59
VARREDURA VISUAL	21	1		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 11:00
APONTAR CURSOR VÉRTICE	14	0		Joceane Paz	Joceane Paz	25/05/2026 16:50
MANIPULAÇÃO DE OBJETO	10	1		Joceane Paz	Joceane Paz	27/05/2026 15:18
SUPORTE VISUAL PARA RESPOSTAS	10	0		Joceane Paz	Joceane Paz	27/05/2026 22:28
APONTAR CURSOR ÂNGULO	8	3		Joceane Paz	Joceane Paz	27/05/2026 22:24
ESCOLHER OBJETO	8	0		Joceane Paz	Joceane Paz	27/05/2026 15:10
DESLIZAR CURSOR LADO	6	0		Joceane Paz	Joceane Paz	27/05/2026 22:31
DESLIZAR CURSOR ARESTA	3	1		Joceane Paz	Joceane Paz	25/05/2026 16:51
CONFUSÃO NA CONTAGEM	3	0		Joceane Paz	Joceane Paz	25/05/2026 15:00
GESTO NO AR COM MÃOS VIRTUAIS OU CURSOR	2	1		Joceane Paz	Joceane Paz	28/05/2026 15:27
ORGANIZAR NOTAS VIRTUAIS	1	0		Joceane Paz	Joceane Paz	27/05/2026 22:09

Fonte: *Software* ATLAS.ti (2026).

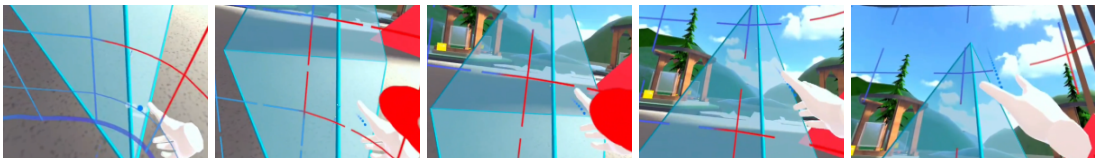
Na Figura 26, observam-se duas imagens em que Aonung manipula polígonos ao construir a planificação de uma pirâmide: na primeira, em uma tentativa de dar continuidade à montagem já iniciada pela pesquisadora ao configurar a atividade; na segunda, apresenta-se a estrutura concluída após a decisão de montá-la paralelamente ao chão. Na Figura 27, verifica-se uma sequência de imagens na qual Neteyam desliza o cursor sobre uma das arestas de uma pirâmide de base triangular.

Figura 26 - Planificação realizada por Aonung



Fonte: Dados do estudo (2026).

Figura 27 - Neteyam deslizando cursor pela aresta



Fonte: Dados do estudo (2026).

Na Figura 28, apresenta-se o registro do POV de Aonung ao visualizar Neteyam no interior da pirâmide triangular, segurando uma miniatura do referido sólido e explorando diferentes perspectivas dessa mesma forma geométrica. Na lateral, exibe-se a perspectiva de Neteyam no mesmo instante.

Figura 28 - Neteyam observando diversas perspectivas



Fonte: Dados do estudo (2026).

A exploração visual ativa emerge dos gestos e movimentos corporais (corporeidade) observados nas videogravações da sala real (ambiente externo). Esse dado alia-se à mudança de direção do olhar oriunda dos movimentos da cabeça, confirmando-se ao observar as cenas das atividades no ambiente imersivo do metaverso experienciado pelos estudantes.

Vale ressaltar que os participantes, no espaço físico, na maioria das vezes, após escutarem as problematizações, permaneciam em silêncio por alguns instantes — comportamento frequentemente antecedido pela expressão “espera aí, prof.”. Enquanto isso, movimentavam-se (rotacionando o corpo, girando a cabeça, deslocando-se fisicamente) e, em alguns momentos, emitiam sussurros associados à contagem ou menção de elementos geométricos, culminando na verbalização da resposta.

No POV, identifica-se uma sequência de movimentos que compõem o suporte visual para a formulação dessas respostas: o processo inicia-se com a varredura visual, avança para a aproximação visual e a manipulação de objetos, desdobra-se na exploração de diferentes perspectivas com foco em detalhes e, por fim, consolida-se no ato de apontar ou deslizar o cursor sobre os elementos.

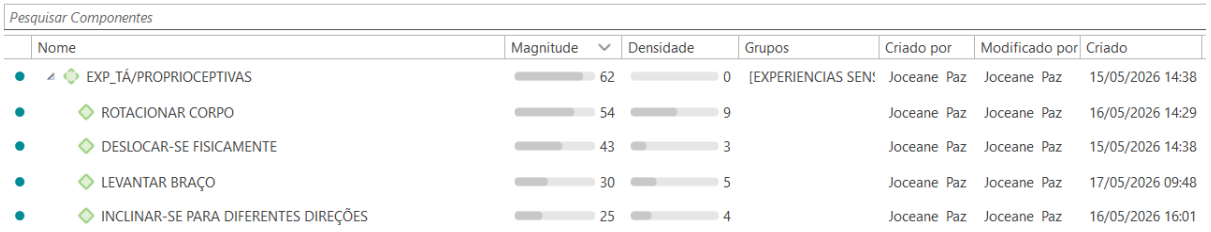
Os códigos "reconhecimento geométrico" e "construção de referência espacial" emergiram como consequências do conjunto de ações observadas nas cenas, as quais foram viabilizadas pelas disponibilidades do metaverso. Ao usufruir da possibilidade de caminhar sobre um polígono e adentrar um poliedro, o reconhecimento geométrico deu-se ou complementou-se pela vivência direta proporcionada pelos objetos geométricos. De forma

semelhante, a construção de referência espacial potencializou-se pela interação entre o estudante, a estrutura geométrica e a composição das formas.

Outro código que suscitou uma interpretação singular durante o processo de codificação refere-se ao código "concentrada", o qual se relaciona à atenção visual focada no objeto ou na experiência. Embora as sessões do experimento de ensino tenham sido realizadas no horário de contraturno e iniciadas durante o intervalo das aulas, período caracterizado por intensa movimentação no pátio e interações verbais entre os estudantes, os participantes mantiveram o foco nas atividades. Em outras palavras, o ambiente e a sua configuração demonstraram-se capazes de manter a atenção visual dos estudantes concentrada na vivência, de modo que, em momento algum, demonstraram intenção de observar os acontecimentos externos ou de interagir com quem ingressava na sala para retirar material. Trata-se, portanto, não de uma atenção passiva como a de quem assiste a um filme, mas de uma atenção voltada à resolução de um problema, isto é, um olhar voltado à descoberta.

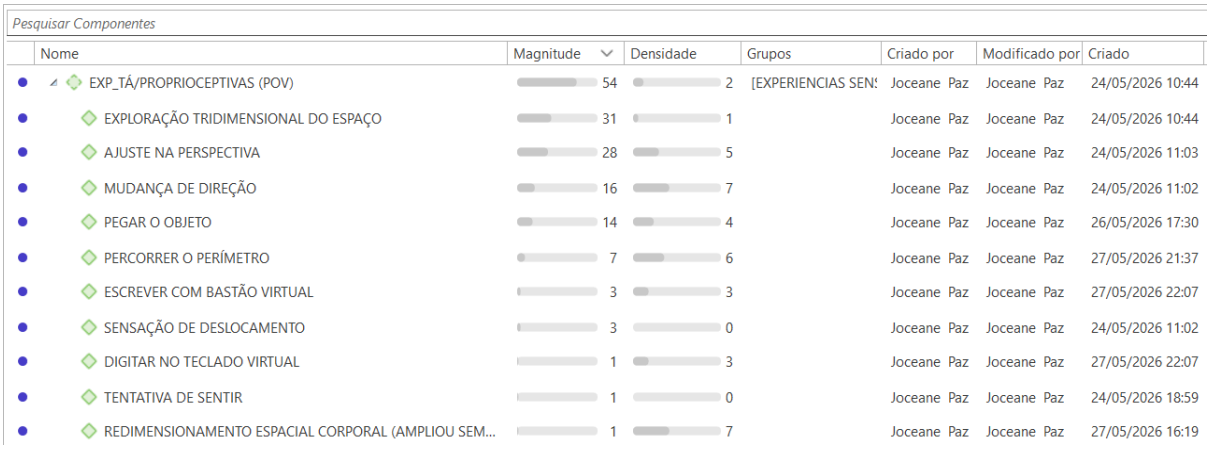
Ao analisar as evidências relacionadas às **experiências táteis/proprioceptivas** na sala real, verificou-se elevada magnitude (Figura 29) em ações como rotacionar o corpo, deslocar-se fisicamente, levantar o braço e inclinar-se em diferentes direções. Por sua vez, nas **experiências táteis/proprioceptivas (POV)**, evidenciaram-se a exploração tridimensional do espaço, o ajuste na perspectiva, a mudança de direção, o ato de pegar objetos e o percurso do perímetro (Figura 30).

Figura 29 - Gerenciador de códigos da subcategoria experiências táteis/proprioceptivas



Fonte: *Software* ATLAS.ti (2026).

Figura 30 - Gerenciador de códigos da subcategoria experiências táteis/proprioceptivas (POV)



Pesquisar Componentes

Nome	Magnitude	Densidade	Grupos	Criado por	Modificado por	Criado
EXP_TÁ/PROPRIOCEPTIVAS (POV)	54	2	[EXPERIENCIAS SEN	Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 10:44
EXPLORAÇÃO TRIDIMENSIONAL DO ESPAÇO	31	1		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 10:44
AJUSTE NA PERSPECTIVA	28	5		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 11:03
MUDANÇA DE DIREÇÃO	16	7		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 11:02
PEGAR O OBJETO	14	4		Joceane Paz	Joceane Paz	26/05/2026 17:30
PERCORRER O PERÍMETRO	7	6		Joceane Paz	Joceane Paz	27/05/2026 21:37
ESCREVER COM BASTÃO VIRTUAL	3	3		Joceane Paz	Joceane Paz	27/05/2026 22:07
SENSAÇÃO DE DESLOCAMENTO	3	0		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 11:02
DIGITAR NO TECLADO VIRTUAL	1	3		Joceane Paz	Joceane Paz	27/05/2026 22:07
TENTATIVA DE SENTIR	1	0		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 18:59
REDIMENSIONAMENTO ESPACIAL CORPORAL (AMPLIOU SEM...	1	7		Joceane Paz	Joceane Paz	27/05/2026 16:19

Fonte: *Software* ATLAS.ti (2026).

"*Mas como assim passar a mão, prof.*?" Essa foi a dúvida manifestada por Tuktirey quando a pesquisadora sugeriu que as participantes da sessão passassem a mão nas faces dos poliedros. Esse questionamento materializa o conflito que ocorre quando os olhos visualizam o objeto, mas a pele não o sente fisicamente. No contexto desta pesquisa, no qual os controles não produziam vibrações, considera-se o tato não como um contato físico direto, mas como uma construção da mente do estudante. Em outros termos, o tato no metaverso emerge da combinação entre o estímulo visual (o estudante ver sua mão virtual tocando ou apreendendo o poliedro) e o esforço muscular dos tendões e articulações (a propriocepção) de seu próprio corpo real. Para o cérebro, se há esforço físico para manter a posição do corpo, o objeto existe (Damásio, 2022).

Nas imagens (Figura 31), observa-se Aonung segurando uma pirâmide e ampliando-a com as mãos. Na sala real, o participante abria os braços durante a execução desta tarefa. Essa figura configura-se como outro achado que extrapolou o roteiro de atividades, emergindo da exploração do espaço e da curiosidade do discente.

Figura 31 - Aonung ampliando a pirâmide



Fonte: Dados do estudo (2026).

A possibilidade de deslocamento físico, de rotação corporal e de inclinação na sala real do ambiente externo apresenta relação direta com a exploração tridimensional, o percurso do perímetro, o ajuste de perspectiva e a mudança de direção no ambiente virtual. Uma evidência marcante e recorrente foi a mudança de direção registrada nas cenas audiovisuais das sessões da dupla D2, em que Aonung, mesmo ciente de que poderia atravessar os poliedros virtuais, alterava a trajetória do seu caminho para contornar o objeto em seu percurso, como se o sólido em questão pudesse barrar sua passagem (Figura 32). Esse comportamento evidencia que a resposta proprioceptiva do participante foi suficientemente intensa para gerar uma ação de desvio automático.

Figura 32 - Aonung desviando uma pirâmide



Fonte: Dados do estudo (2026).

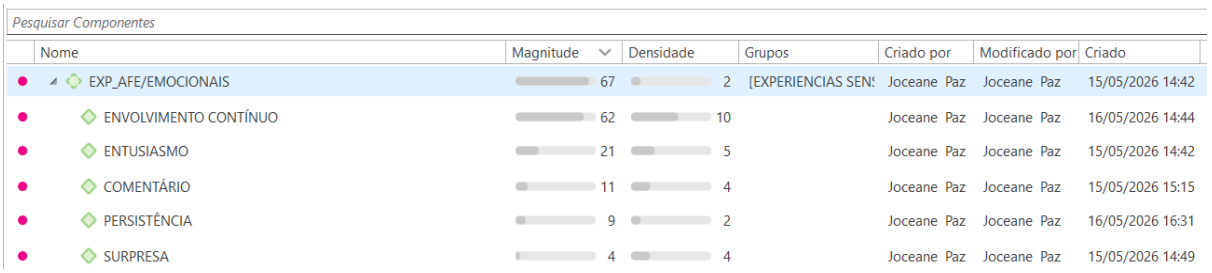
Da mesma forma, o ato de levantar o braço conecta-se à ação de apreender objetos, como, por exemplo, manusear os polígonos/faces para montar uma planificação no espaço virtual imersivo. Ademais, a elevação do braço vincula-se à quantificação de elementos (apontar para um vértice ou uma face, ou deslizar o cursor sobre um lado ou uma aresta). Esse conjunto de ações evidencia que o membro superior não estava apenas em movimento, mas atuava como um recurso de contagem, mapeamento e delimitação da forma geométrica em questão.

Essa mesma lógica aplica-se, de forma ampliada, aos movimentos de deslocamento físico e de rotação corporal quando associados ao percurso do perímetro de um polígono. Nesse caso, os membros inferiores e os pés dos discentes assumem o papel de instrumentos táteis e proprioceptivos. Ao caminhar sobre os segmentos de reta que delimitam os lados, o estudante experimenta a extensão do perímetro por meio do deslocamento contínuo do seu próprio corpo na sala real. Ao atingir um vértice, o estudante interrompe o movimento linear e rotaciona o corpo para ajustar a perspectiva e alterar a direção a fim de concluir a tarefa. Assim, mesmo sem o toque manual direto, o discente consegue dimensionar taticamente os conceitos geométricos por meio dos pés e da movimentação do corpo inteiro, convertendo

conceitos matemáticos de lado, vértice e ângulo em experiências sensoriais táteis e proprioceptivas.

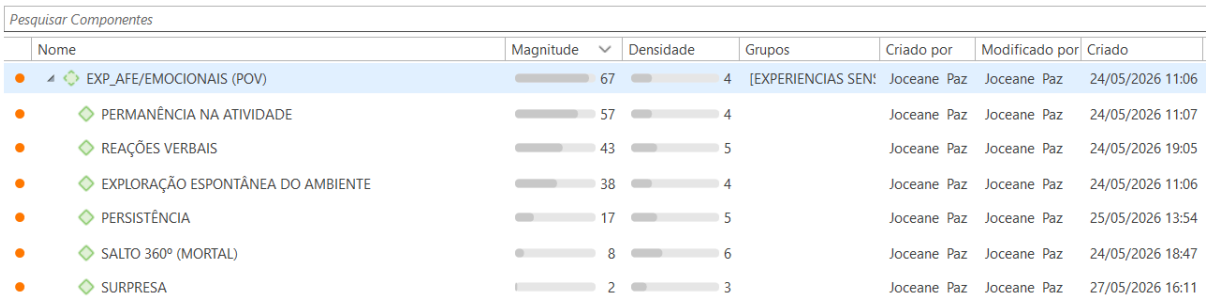
A última subcategoria de análise da categoria Experiências Sensoriais refere-se às experiências **afetivas e emocionais** manifestadas pelos participantes da pesquisa. Quanto aos dados de maior recorrência na sala real (Figura 33), captados pela perspectiva externa da câmera, destacam-se o envolvimento contínuo, o entusiasmo, a tecitura de comentários e a persistência. Por sua vez, sob o ângulo de visão dos participantes (POV) (Figura 34), evidenciam-se a permanência na atividade, as reações verbais, a exploração espontânea do ambiente, a persistência e a execução de salto em 360º (mortal) com o avatar.

Figura 33 - Gerenciador de códigos da subcategoria experiências afetivas e emocionais



Fonte: *Software* ATLAS.ti (2026).

Figura 34 - Gerenciador de códigos da subcategoria experiências afetivas e emocionais (POV)



Fonte: *Software* ATLAS.ti (2026).

Na Figura 35, observam-se imagens que mostram Tuktirey executando saltos em 360º consecutivos enquanto se aproxima do prisma que deseja observar.

Figura 35 - Tuktirey executando um mortal



Fonte: Dados do estudo (2026).

A articulação entre esses códigos revela de que modo o estado afetivo positivo potencializou a imersão na atividade geométrica. O envolvimento contínuo e o entusiasmo observados no espaço físico traduziram-se, no espaço virtual, em uma exploração espontânea do ambiente e na permanência voluntária na tarefa. O entusiasmo demonstrou-se de tal magnitude que culminou na execução de um salto em 360º no ambiente imersivo, indicando claramente que os estudantes se sentiam confortáveis, seguros e integrados à interface.

Por sua vez, os comentários emitidos na sala real vinculam-se diretamente às reações verbais captadas no POV, englobando a expressão verbal de dúvidas, respostas e impressões sobre a experiência de aprendizagem. Esses dados verbais específicos funcionaram como um "termômetro" da atividade mental e afetiva dos discentes, evidenciando o processamento dos conceitos geométricos à medida que a experiência avançava.

O código "persistência", manifestado tanto na sala real quanto na virtual, apresenta estreita ligação com o enfrentamento de dúvidas e equívocos. Mesmo diante de obstáculos conceituais ou de dificuldades na compreensão, os estudantes não abandonaram a tarefa, mas persistiram na busca por uma solução. Esse comportamento sinaliza que o ambiente do metaverso pode ressignificar o erro, pois, em vez de gerar frustração ou paralisação, o equívoco transformou-se em um vetor impulsionador para a continuidade da investigação geométrica.

Exemplos marcantes de persistência foram observados tanto na dupla D1 quanto na D2. Tsireya apresentou dificuldade para quantificar corretamente as faces e as arestas de um prisma, assim como Neteyam encontrou obstáculos ao mensurar os vértices e as arestas de uma pirâmide. No caso de Tsireya, a pesquisadora intermediou o processo, auxiliando na contagem correta dos elementos do primeiro prisma. Contudo, ao final da sessão, diante de um prisma distinto do inicial, a discente quantificou-os corretamente, de forma célere e autônoma.

No caso de Neteyam, a superação do obstáculo ocorreu por meio da cooperação de Aonung ao indicar-lhe uma aresta. Neteyam confundia a aresta de um poliedro com o lado de

um polígono. Em outros termos, o estudante concebia as faces como polígonos isolados e tendia a somar todos os lados de todas as faces ao contabilizar as arestas. Ao final, por meio da mediação do colega, o discente compreendeu que a intersecção de duas faces constitui uma aresta.

6.2.1 Encaminhando uma análise

À luz de Damásio (2022), no momento em que o estudante coloca os óculos de VR, desliga-se o mundo físico para o cérebro. As sondas sensoriais externas (olhos e ouvidos) passam a receber estímulos digitais, os quais o sistema nervoso interpreta como reais. Esses estímulos acionam não apenas respostas corporais (emoções), mas também sentimentos. Ao ouvirem os comandos verbais da pesquisadora no mundo real, o cérebro mapeou o propósito da instrução e o organismo respondeu direcionando o corpo com uma intenção clara rumo à atividade geométrica.

As evidências e as cenas apresentadas indicam que as formas, as cores e a escala ampliada, aliadas ao ambiente virtual amplo e atraente, estimularam a atividade neural dos estudantes e contribuíram para o mapeamento cerebral dos objetos geométricos trabalhados. Os movimentos corporais e as ações (entrar, circular ao redor, observar sob diferentes perspectivas, examinar detalhes específicos, aproximar-se e distanciar-se) auxiliam o cérebro na atualização dos mapas dos objetos. Essa interação durante o processo contribui para a evocação de imagens mentais.

De acordo com Damásio (2012), os marcadores somáticos são sentimentos gerados a partir de emoções que foram associadas, pela aprendizagem, a resultados futuros. Quando uma experiência de aprendizagem evoca sentimentos positivos, o cérebro ativa sinais automáticos que fortalecem a retenção da memória. Nesse contexto, estudar Geometria no metaverso gerou marcadores somáticos positivos nos estudantes, de modo que o erro ou a dúvida não provocou a desistência do participante. Assim, as evidências apontam que o sentir ultrapassou a barreira biológica, convertendo-se em fator impulsionador para a consolidação das aprendizagens matemáticas.

Ao analisar as quatro subcategorias - experiência sensorial visual, auditiva, tátil/proprioceptiva e afetiva/emocional, a partir dos pressupostos de Bairral (2023), verifica-se que o estímulo auditivo organizou a dinâmica da aula, permitindo que os estudantes compreendessem o propósito das atividades e direcionassem o foco para a exploração intencional dos objetos matemáticos. A disponibilidade visual inova o ensino de

geometria e transforma conceitos em interações que induzem o estudante a criar novas formas de pensar e de compreender os objetos de conhecimento, produzindo, assim, significados positivos e facilitando a internalização e o reconhecimento dos conceitos geométricos.

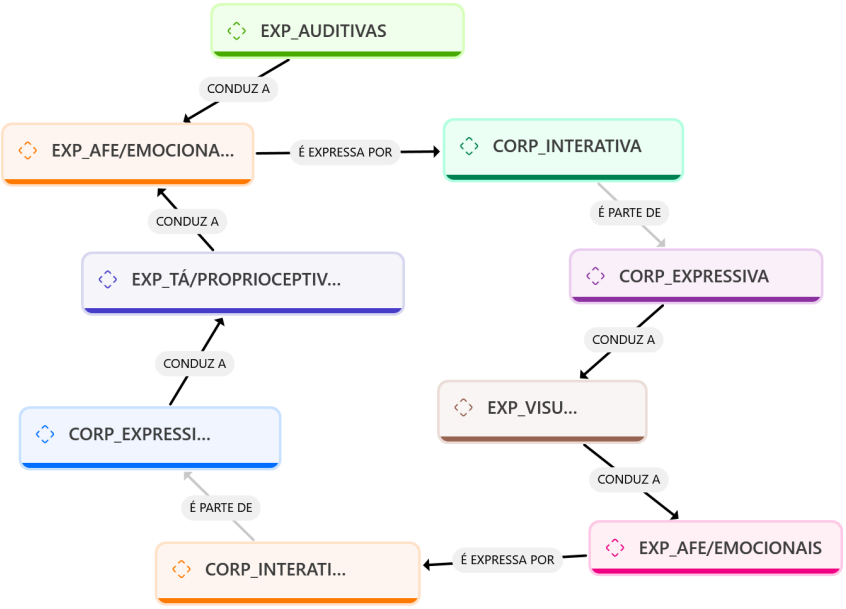
O estímulo visual e o esforço muscular de tendões e articulações (a propriocepção) dão origem ao tato no metaverso. Assim, havendo atividade neural que simule a ação e o esforço para interagir com o espaço, o objeto geométrico virtual torna-se real para o estudante (Damásio, 2022). Os dados referentes às experiências táteis/proprioceptivas, sob a ótica de Bairral (2017), sugerem que o metaverso se configura como um artefato tecnológico no qual a extensão do corpo é maximizada, de modo a permitir uma aprendizagem matemática corporificada. Essa possibilidade potencializa a compreensão geométrica dos discentes, uma vez que o ambiente imersivo utilizado para o experimento de ensino possibilita múltiplas formas de registrar uma resposta: escrita (teclado virtual e bastão colorido), oral, movimento corporal, gesto, objetos 2D e 3D e imagens.

Enfim, as análises evidenciam que as experiências sensoriais não atuaram de forma isolada, mas como uma engrenagem única de hiperconexão que une a regulação homeostática e cognitiva proposta por Damásio (2013, 2015, 2022) ao conceito de aprendizagem matemática corporificada de Bairral (2017; 2023). O estímulo auditivo (a fala da pesquisadora) atuou como gatilho e organizador da dinâmica da aula, gerando padrões mapeados no cérebro que acionaram o movimento do corpo real.

Esse movimento, por sua vez, orientou os olhos no ambiente imersivo (visão), induzindo o estudante a criar novas formas de pensar para analisar minuciosamente os objetos de conhecimento. Essa exploração visual ativa exigiu esforço muscular e a resposta proprioceptiva de pernas e braços para validar a tridimensionalidade das formas virtuais (tato/propriocepção), maximizando a extensão do corpo como artefato tecnológico. Por fim, o sucesso dessa atuação corporificada disparou marcadores somáticos positivos e sentimentos de entusiasmo, gerando o envolvimento e a persistência necessários para que os estudantes superassem os desafios da geometria e vivenciassem seus conceitos.

Na Figura 36, observa-se uma rede que representa a articulação entre a corporeidade e as experiências sensoriais, sinalizando que a aprendizagem em territórios imersivos do metaverso segue uma dinâmica na qual o corpo e o sentir se realimentam continuamente. Esse ciclo renova-se constantemente, tendo como ponto de partida uma experiência sensorial. Embora, na rede ilustrada, o fluxo inicie pela experiência auditiva, ele pode originar-se de qualquer outro captador sensorial do organismo.

Figura 36 - Rede da interação entre a corporeidade e as experiências sensoriais



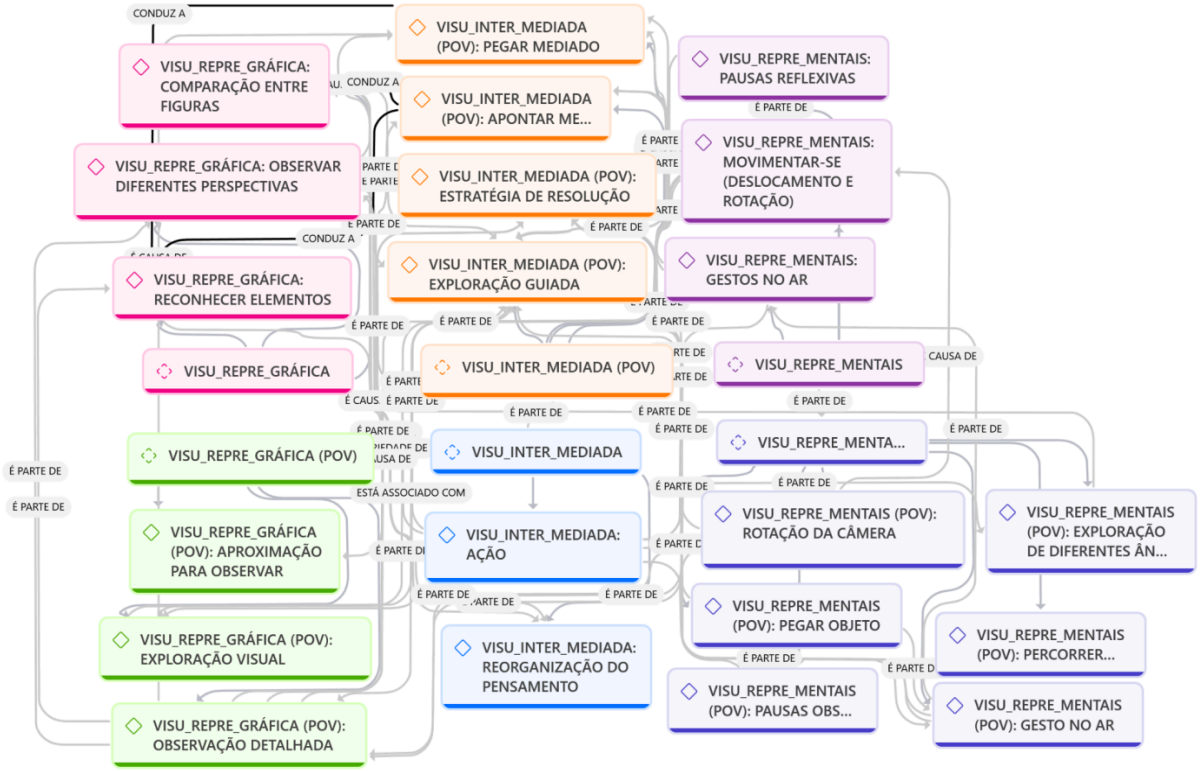
Fonte: *Software* ATLAS.ti (2026).

A rede proposta na Figura 36 demonstra como as ações do corpo (corporeidade expressiva e interativa) e as experiências sensoriais estão interligadas. Tomando a experiência auditiva como ponto de partida para exemplificar essa interação, verifica-se que a captação de um som desperta uma experiência afetivo-emocional. Essa emoção ganha vida e materializa-se no ambiente virtual por meio da corporeidade interativa. Tal interação integra a corporeidade expressiva, isto é, constitui o corpo do discente expressando, mediante a ação, o que foi sentido. Ao movimentar-se e interagir, o estudante altera sua perspectiva e sua relação com o espaço, o que o conduz a uma nova experiência sensorial: a visual. Ao visualizar um objeto virtual, a corporeidade é novamente mobilizada. Essa nova expressão e interação leva o estudante a aproximar-se do objeto, a tomá-lo e a manipulá-lo, ativando a experiência tátil-proprioceptiva. Essa vivência gera novas experiências afetivo-emocionais, fazendo com que a dinâmica entre o corpo e o sentir permaneça ativa. A principal mensagem a ser transmitida mediante a apresentação dessa rede é que o estudante, ao realizar as propostas no metaverso, esteve ininterruptamente sentindo, emocionando-se e agindo, e essa engrenagem pode iniciar seu funcionamento com base em qualquer estímulo: auditivo, visual ou tátil.

6.3 VISUALIZAÇÃO

O objetivo desta categoria consiste em analisar os dados que podem contribuir para o processo de visualização geométrica na Educação Matemática. Para tanto, partiu-se dos dados coletados nas sessões do experimento de ensino e codificados com o auxílio do software ATLAS.ti. A Figura 37 ilustra uma rede de códigos que emergiram dessa categoria.

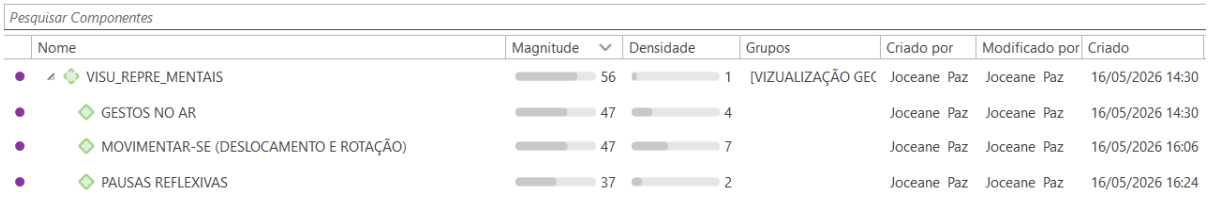
Figura 37 - Rede visualização



Fonte: *Software* ATLAS.ti (2026).

As evidências da subcategoria "visualização: **representações mentais" (lilás)** revelaram-se (Figura 38) por meio de pausas reflexivas, gestos no ar e movimentações (deslocamento e rotação). Quanto às **representações mentais (POV) (azul-escuro)**, as maiores magnitudes concentraram-se nos códigos (Figura 39) "rotação da câmera", "exploração de diferentes ângulos", "pausas observacionais", "pegar objeto" e "percorrer perímetro".

Figura 38 - Gerenciador de códigos da subcategoria representações mentais

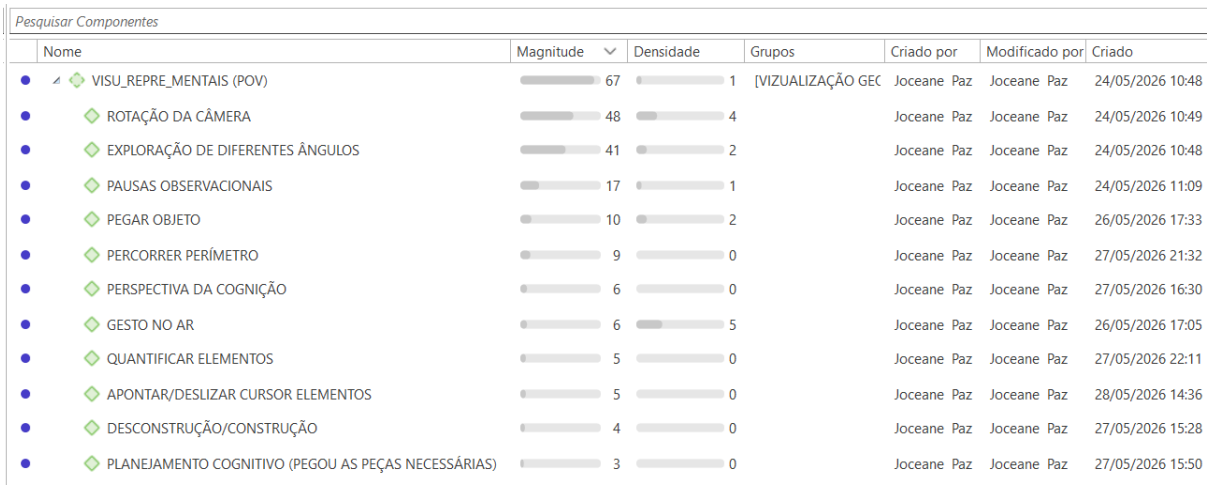


Pesquisar Componentes

Nome	Magnitude	Densidade	Grupos	Criado por	Modificado por	Criado
VISU_REPRE_MENTAIS	56	1	[VIZUALIZAÇÃO GEC	Joceane Paz	Joceane Paz	16/05/2026 14:30
GESTOS NO AR	47	4		Joceane Paz	Joceane Paz	16/05/2026 14:30
MOVIMENTAR-SE (DESLOCAMENTO E ROTAÇÃO)	47	7		Joceane Paz	Joceane Paz	16/05/2026 16:06
PAUSAS REFLEXIVAS	37	2		Joceane Paz	Joceane Paz	16/05/2026 16:24

Fonte: *Software* ATLAS.ti (2026).

Figura 39 - Gerenciador de códigos da subcategoria representações mentais (POV)



Pesquisar Componentes

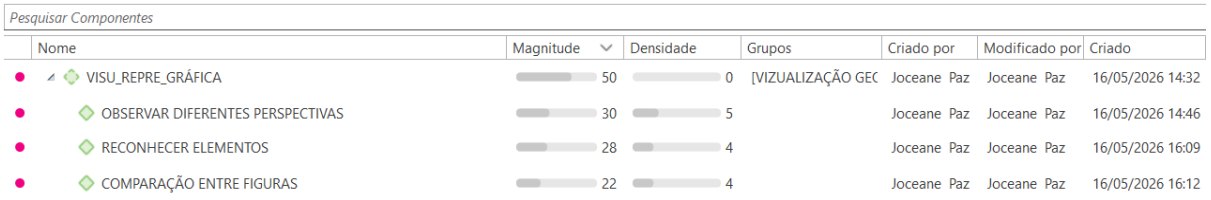
Nome	Magnitude	Densidade	Grupos	Criado por	Modificado por	Criado
VISU_REPRE_MENTAIS (POV)	67	1	[VIZUALIZAÇÃO GEC	Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 10:48
ROTAÇÃO DA CÂMERA	48	4		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 10:49
EXPLORAÇÃO DE DIFERENTES ÂNGULOS	41	2		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 10:48
PAUSAS OBSERVACIONAIS	17	1		Joceane Paz	Joceane Paz	24/05/2026 11:09
PEGAR OBJETO	10	2		Joceane Paz	Joceane Paz	26/05/2026 17:33
PERCORRER PERÍMETRO	9	0		Joceane Paz	Joceane Paz	27/05/2026 21:32
PERSPECTIVA DA COGNIÇÃO	6	0		Joceane Paz	Joceane Paz	27/05/2026 16:30
GESTO NO AR	6	5		Joceane Paz	Joceane Paz	26/05/2026 17:05
QUANTIFICAR ELEMENTOS	5	0		Joceane Paz	Joceane Paz	27/05/2026 22:11
APONTAR/DESLIZAR CURSOR ELEMENTOS	5	0		Joceane Paz	Joceane Paz	28/05/2026 14:36
DESCONSTRUÇÃO/CONSTRUÇÃO	4	0		Joceane Paz	Joceane Paz	27/05/2026 15:28
PLANEJAMENTO COGNITIVO (PEGOU AS PEÇAS NECESSÁRIAS)	3	0		Joceane Paz	Joceane Paz	27/05/2026 15:50

Fonte: *Software* ATLAS.ti (2026).

As pausas reflexivas e observacionais sugerem momentos em que os estudantes processavam a informação visual, coletavam dados e planejavam uma resposta adequada aos questionamentos com base no que visualizavam. Os gestos no ar estão associados ao ato de pegar objetos, indicando uma ação física no ambiente imersivo, tanto no plano real quanto no virtual. Essa interação contribui para o desenvolvimento do pensamento geométrico ao ancorar conceitos matemáticos a movimentos corporais. Do mesmo modo, os deslocamentos e as rotações associam-se ao percurso do perímetro e à exploração de diferentes ângulos. Tais indícios sinalizam que a mobilidade atua no processo de mapeamento estrutural das formas. Como resultado, essa experiência de aprendizagem imersiva evidencia uma contribuição para a construção de imagens mentais das formas geométricas por parte dos discentes.

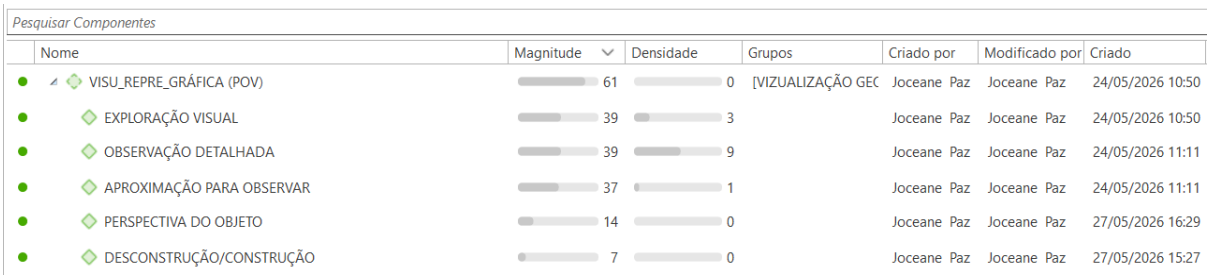
Por sua vez, os códigos da subcategoria "visualização: **representações gráficas" (rosa)** manifestaram-se (Figura 40) por meio dos atos de observar diferentes perspectivas, reconhecer elementos e comparar figuras. Do mesmo modo, na dimensão das **representações gráficas (POV)** (verde), as maiores magnitudes (Figura 41) concentraram-se nos códigos "observação detalhada", "exploração visual" e "aproximação para observar".

Figura 40 - Gerenciador de códigos da subcategoria representações gráficas



Fonte: *Software* ATLAS.ti (2026).

Figura 41 - Gerenciador de códigos da subcategoria representações gráficas (POV)



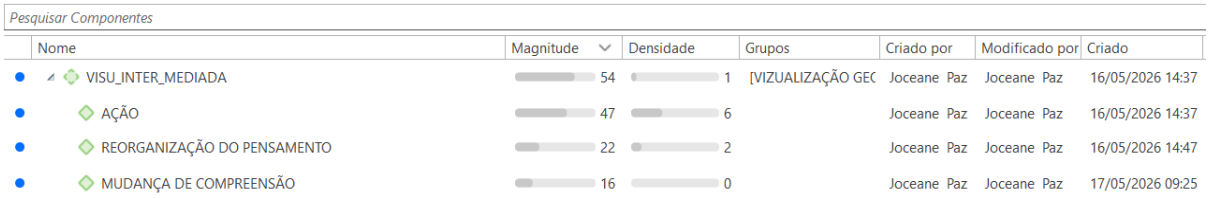
Fonte: *Software* ATLAS.ti (2026).

A codificação estabelecida a partir das cenas registradas na sala física está diretamente ligada à corporeidade e às experiências sensoriais dos participantes. A maneira como os discentes interagiram e se expressaram corporalmente durante as atividades gerou as evidências que sustentam os códigos desta subcategoria, operando como consequência das ações físicas. Sob esse mesmo ângulo, as experiências sensoriais proporcionaram aos estudantes a oportunidade de externalizar suas respostas por meio de manifestações verbais, do direcionamento do olhar ou da manipulação de objetos geométricos.

O conjunto de dados observados nas imagens em movimento converge para as ações de observar diferentes perspectivas, reconhecer elementos e comparar figuras. Essas ações, articuladas à observação detalhada, à exploração visual e à aproximação para observar, isto é, à possibilidade de habitar um espaço com representações tridimensionais, auxiliam os discentes a desenvolverem a leitura espacial e a interpretação visual das representações. Consequentemente, essa vivência potencializa a compreensão dos conceitos geométricos, o reconhecimento de suas relações e o fortalecimento da visualização mental. Essa interpretação evidencia que a representação gráfica externa alimenta e subsidia a estruturação das representações mentais internas.

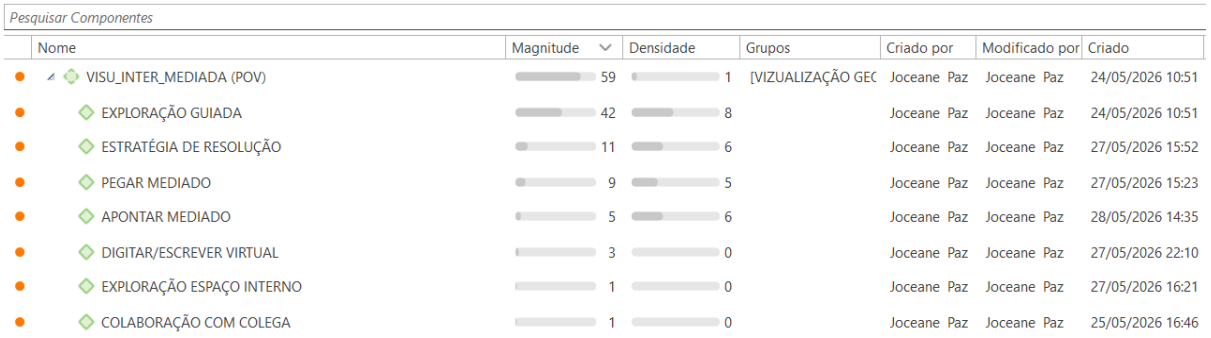
Por fim, as evidências da subcategoria "visualização: **interpretação mediada" (azul)** revelaram-se por meio da ação e da reorganização do pensamento (Figura 42). Do mesmo modo, na dimensão da **interpretação mediada (POV) (laranja),** as maiores magnitudes concentraram-se na exploração guiada, na estratégia de resolução e no ato de pegar/apontar de forma mediada (Figura 43).

Figura 42 - Gerenciador de códigos da subcategoria interpretação mediada



Fonte: *Software* ATLAS.ti (2026).

Figura 43 - Gerenciador de códigos da subcategoria interpretação mediada (POV)



Fonte: *Software* ATLAS.ti (2026).

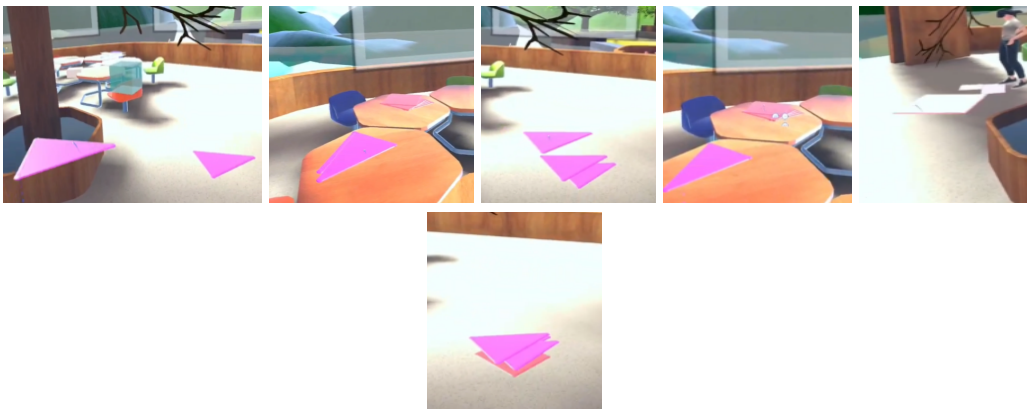
Esses dados revelam que o metaverso não funcionou apenas como um cenário inovador, mas como um mediador ativo na aprendizagem geométrica. A visualização no metaverso configurou-se como um processo dinâmico no qual os discentes precisaram agir para aprender, isto é, a ação conduziu o corpo real, estendido no corpo virtual, ao conhecimento. A reorganização do pensamento, por sua vez, emergiu a partir dessa nova opção de interação com o espaço tridimensional, permitindo aos estudantes reestruturar seus conhecimentos prévios sobre geometria.

A concepção das atividades, associada à interface da plataforma, conduziu os estudantes a focar nos objetos de conhecimento abordados. Os participantes não se dispersaram no mundo virtual, visto que a imersão foi intencionalmente configurada para o objetivo pedagógico. Ademais, as ações de apreender e apontar de forma mediada podem ser

vistas como recursos do pensamento: ao apontar para os objetos virtuais ou manipulá-los, os aprendizes externalizaram seus raciocínios e validaram suas hipóteses.

A expressiva presença do código "estratégia de resolução" deriva do ato de apreender/apontar de forma mediada. Como os discentes foram orientados na sessão de ambientação quanto ao uso dos controles, eles internalizaram a instrução e a utilizaram em diversos momentos para potencializar a própria aprendizagem. Nas imagens da Figura 44, observa-se a estratégia de resolução empregada por Tsireya para construir a planificação de uma pirâmide. Inicialmente, a participante conduz as peças necessárias à área de montagem. Para essa ação, posicionou-se entre o local no qual os polígonos (faces) estavam dispostos e a área de destino e, para o deslocamento das peças necessárias, recorreu ao ato de apreender de forma mediada.

Figura 44 - Estratégia de resolução



Fonte: Dados do estudo (2026).

Outra estratégia bastante evidente foi a utilização dos recursos visuais, especificamente das formas geométricas disponibilizadas na plataforma, combinadas ao uso estratégico de pausas. Os discentes não demonstraram pressa em responder; antes de verbalizar suas conclusões, deslocavam-se até a forma virtual, observavam-na, quantificavam seus elementos e, somente após esse processo de validação mediado, verbalizavam a resposta. Sob esse ponto de vista, pode-se sinalizar que ambientes virtuais imersivos são capazes de mediar investigações matemáticas. Na Cena 3, apresenta-se Tsireya no interior de um cubo de grandes dimensões, respondendo aos questionamentos da pesquisadora.

Cena 3: Interação entre Tsireya e a pesquisadora

Pesquisadora: *Tsireya, você conseguiria contar as faces deste cubo?*

Enquanto escuta, Tsireya entra no cubo.

Tsireya: *Aham*

A câmera dela gira 360º, o cursor acompanha o movimento e, ao completar a volta, é apontado para cima.

Tsireya: *Seis faces.*

Pesquisadora: *Isso! E as arestas agora.*

Ela realiza duas voltas completas no sentido horário, retorna uma volta, direciona o olhar para baixo e gira mais uma vez enquanto sussurra uma contagem.

Tsireya: *Doze*

Pesquisadora: *Doze, muito bem! E os vértices?*

Ela gira mais uma vez, agora direcionando o cursor para cima e para baixo, apontando para os vértices superiores e inferiores, respectivamente (Figura 45).

Tsireya: *Oito.*

Figura 45 - Ângulo de visão de Tsireya dentro de um cubo virtual



Fonte: Dados do estudo (2026).

Os dados obtidos revelam que o processo de visualização geométrica na experiência imersiva ancora-se no corpo. Os códigos "gestos no ar", "movimentar-se", "deslocamento" e "rotação" encontram correspondência direta na perspectiva teórica de Bravo (2024). Ao observar que os estudantes utilizam ações físicas, tanto reais quanto virtuais, para fundamentar conceitos geométricos, materializa-se a premissa do autor de que a visualização transcende o olhar anatômico e exige a integração de múltiplos sentidos organizados pela experiência corporal.

No ambiente de metaverso, o corpo expandido do estudante atua como veículo que transforma o estímulo sensorial em registro mental. Essa dinâmica ganha contornos práticos

quando articulada ao pensamento de Leivas (2024), que defende a inovação do ensino por meio de novas geometrias e tecnologias que ofereçam múltiplos registros de representação. As evidências do estudo mostram exatamente essa transição: o movimento físico dos participantes na sala de aula e o movimento digital de seu avatar geram uma pluralidade de registros (visuais, motores e verbais) que subsidiam a consolidação do pensamento geométrico espacial.

Ao mapear magnitudes expressivas em códigos como "exploração de diferentes ângulos", "observação detalhada" e "aproximação para observar", os dados revelam que o design imersivo do metaverso atua como o estímulo pedagógico preconizado por Settimy (2022) para mitigar a dificuldade que os estudantes apresentam em diferenciar e representar objetos bidimensionais e tridimensionais. Essa imersão controlada propicia o que Kaleff (2022) define como formação e modificação da "imagem do conceito". À medida que os participantes vivenciam o espaço virtual, aproximando-se das formas e isolando características relevantes e não relevantes dos objetos, eles superam as barreiras da abstração passiva e passam a atribuir sentidos práticos aos conceitos geométricos estudados.

O comportamento dos estudantes durante as sessões do experimento de ensino, traduzido nos códigos "ação e reorganização do pensamento", "estratégia de resolução" e "pegar/apontar mediado", oferece uma ilustração dos pressupostos de Borba (2009). A forte presença dessas estratégias demonstra que o arranjo tecnológico do metaverso funcionou como parte integrante do pensamento dos indivíduos, validando a premissa de que o conhecimento é construído por coletivos de humanos-com-mídias.

O envolvimento entre o sujeito e a tecnologia ganha materialidade prática quando se analisam a mobilidade e as pausas estratégicas como recursos do pensamento. O fato de os estudantes não responderem imediatamente, preferindo utilizar os recursos digitais disponíveis para verificação antes de verbalizarem suas respostas, exemplifica o que Borba (2009) conceitua como reorganização do pensamento por meio das mídias digitais. O uso de óculos de realidade virtual e o ambiente imersivo moldam a forma como o discente processa as informações acerca dos conceitos geométricos. Desse modo, um poliedro passa a ser um local visitado pelo estudante, e não um mero conceito em um livro didático.

O processo de constituição do conhecimento ganha força na estratégia adotada por Tsireya (Figura 45) ao interagir com o cubo. A ação de entrar na forma geométrica pode ser considerada uma relação que se estabelece no coletivo humanos-com-mídia, no qual o dispositivo de realidade virtual reorganiza a estrutura lógica da estudante para resolver o problema proposto. Assim, confirma-se o pensamento de Borba (2009) de que as tecnologias

moldam o pensamento matemático ao mesmo tempo em que são moldadas pelas ações e estratégias de seus usuários.

Esse cenário materializa, ainda, a provocação do autor: ao criar um ambiente no metaverso, a sala de aula é levada para dentro da tecnologia, tendo os óculos de realidade virtual como porta de entrada. Essa sala de aula existe na rede de forma desterritorializada, permitindo que os usuários a acessem de suas próprias residências. Simultaneamente, o discente encontra-se em seu ambiente físico e na sala de aula virtual, interagindo com o outro, independentemente de onde estejam geograficamente.

Ao coabitar o mesmo território virtual, a distância geográfica se dissolve: cria-se uma dinâmica de ubiquidade em que o sujeito está "aqui" e "lá" ao mesmo tempo. Ambos interagem por meio de seus corpos virtualizados, que dependem da movimentação do corpo real no mundo físico para agir e se expressar no mundo digital, o que torna a experiência real e corporificada (Bairral, 2017). Dessa forma, as fronteiras se rompem, pois um estudante está presente no espaço do outro, ainda que em estados ou continentes diferentes (Lévy, 2011). Em suma, essa aprendizagem combinada (Engelbrecht *et al*., 2020) transforma a própria Matemática (Borba, 2009), alterando não apenas a forma como seus conceitos são ensinados e aprendidos, mas também a cultura que a permeia e a percepção construída sobre ela.

7 O CAMINHO DA ÁGUA

"O caminho da água não tem começo nem fim, ele conecta todas as coisas".
Tsireya - Avatar 2

A presente pesquisa aplicada fundamentou-se em um experimento de ensino no qual estudantes do 6º ano do Ensino Fundamental participaram de experiências de aprendizagem sobre conceitos geométricos em um ambiente imersivo de metaverso. As vivências foram conduzidas em uma plataforma de metaverso com acesso via óculos de realidade virtual, com os participantes organizados em duplas por sessão.

O problema que orientou este percurso formativo consistiu na seguinte indagação: que possibilidades os ambientes imersivos de metaverso apresentam para a discussão de conceitos geométricos a partir da corporeidade e de experiências sensoriais nos processos de ensino e de aprendizagem matemática nos Anos Finais do Ensino Fundamental? A busca por uma resposta iniciou-se com a realização da primeira orientação. Tratou-se de um momento de escuta, de acolhimento e de indicação de leituras, as quais proporcionaram reflexões profundas e analogias com base nas pesquisas publicadas pelos autores que fundamentam esta investigação.

Ao se tomar consciência de que a essência das pesquisas no mestrado profissional residia na aplicação prática, emergiu o propósito de transpor a sala de aula para o metaverso. Nesse momento, iniciou-se a busca por espaços imersivos prontos, mediante a exploração de vídeos, sites e textos, todavia não se encontrou o ambiente idealizado. Chegou-se a cogitar uma mudança metodológica; contudo, a proposta de aula no metaverso manteve-se de forma persistente. Foi então que se identificou a plataforma Spatial, ocorrendo uma convergência imediata que permitiu vislumbrar a materialização do projeto.

Com o espaço definido, efetuou-se a dedicação ao aprendizado de suas configurações, iniciaram-se os primeiros testes para o uso do espaço no estudo e adquiriram-se os óculos de VR. Contudo, diante da complexidade de conciliar a rotina de estudos do mestrado com as demandas profissionais e pessoais, percebeu-se a necessidade de desacelerar. Decidiu-se fracionar a pesquisa em etapas. A partir de então, o primeiro marco consistiu na qualificação, antecedida pelo exame de proficiência em língua estrangeira, pela conclusão das disciplinas obrigatórias e eletivas e pela estruturação do projeto de pesquisa. Esta etapa revelou-se relevante para a trajetória: a escuta atenta aos apontamentos da banca examinadora foi fundamental para consolidar a pesquisa e descortinar outros caminhos possíveis. As

contribuições guiaram o aprimoramento do estudo, garantindo que o Produto Educacional estivesse em sintonia com a contemporaneidade e com a essência inovadora da investigação. Na sequência, procedeu-se à aprovação no Comitê de Ética em Pesquisa, em um processo construído mediante constante diálogo e parceria.

Superada a fase burocrática, procedeu-se à redação do referencial teórico, a qual se configurou como um dos maiores desafios do percurso, dada a familiaridade e a afinidade histórica com as formas, os números e os símbolos matemáticos. O manejo das palavras exigiu esforço e adaptação. Sob o amparo da habilidade de estabelecer relações, analogias e inferências, partiu-se de uma versão preliminar do texto para o refinamento das ideias, de modo a construir a fundamentação teórica da dissertação.

Na sequência, iniciou-se a elaboração do Produto Educacional, considerando os conceitos geométricos propostos para a referida etapa de ensino. Em articulação com a supervisão da escola, organizou-se o cronograma para o teste-piloto e para o experimento de ensino. O convite para a participação voluntária foi acolhido com entusiasmo pelos discentes.

Para a execução, organizou-se a sala de aula afastando-se as bancadas para as laterais, de modo a garantir um amplo espaço livre. A área foi delimitada e mapeada pelos óculos de VR, assegurando que, caso o estudante ultrapassasse a área de segurança, a sala de aula real se tornasse visível. A primeira fase, correspondente ao teste-piloto, mostrou-se fundamental para os ajustes técnicos e para o refinamento do design das atividades.

A aplicação do Produto Educacional no experimento de ensino constituiu a etapa de maior impacto afetivo e profissional. Observar a pesquisa consolidar-se por meio da corporeidade ativa e das experiências sensoriais proporcionadas aos estudantes representou o momento mais gratificante de toda a trajetória. Compreendeu-se, de forma sensível, a relevância de todo o empenho dispensado. Superada a comoção inicial e reconhecendo-a como parte integrante da própria cognição, percebeu-se a importância dessa vivência para a versão final do material. Definiu-se que o produto deveria constituir-se como uma proposta aberta, adaptável à realidade de cada docente e receptiva às oportunidades de questionamentos que emergem da interação.

Para a análise da expressiva quantidade de dados coletados, recorreu-se ao software ATLAS.ti. Metodologicamente, tomou-se a decisão de não transcrever os vídeos, visto que a conversão de movimento e emoção em texto resultaria na perda de dados inestimáveis para o alcance dos objetivos. Procedeu-se, então, à codificação e à categorização diretamente no material audiovisual, de acordo com as categorias definidas *a priori*. As categorias

preestabelecidas mostraram-se suficientes e adequadas ao propósito. Essa etapa exigiu intensa apropriação tecnológica, porém revelou-se enriquecedora.

Finalmente, procedeu-se ao exame dos dados organizados para interpretá-los à luz do referencial teórico. Constituiu-se um momento significativo, no qual se tomou consciência da teoria materializando-se na prática. Criaram-se redes de visualização para mapear as conexões entre os códigos e as interações no interior de cada categoria e entre elas, com a ciência de que o caminho da pesquisa é inesgotável e de que outras inferências poderiam ser formuladas, não fosse o limite estabelecido no cronograma.

Dando continuidade a este relatório, de modo a contemplar a análise e as interpretações, optou-se por inserir os dados, algumas imagens e cenas, apresentar a interpretação e as inferências e, ao finalizar cada categoria, expor uma triangulação considerando os pressupostos teóricos. A estruturação teórica e analítica desta investigação leva à constatação de que o objetivo geral — investigar as possibilidades que os ambientes imersivos do metaverso favorecem para o ensino e para a aprendizagem de conceitos geométricos nos Anos Finais do Ensino Fundamental, considerando a corporeidade e as experiências sensoriais — foi alcançado. Tal êxito deve-se ao cumprimento dos quatro objetivos específicos delineados para o estudo. A elaboração e a proposição da ambiência enativa de aprendizagem no metaverso concretizaram-se por meio do design do experimento de ensino e do Produto Educacional, o qual se mostrou funcional e instigador para as experiências de aprendizagem geométrica.

O alcance do objetivo de investigar aspectos teóricos da corporeidade deu-se conforme as evidências e a análise da categoria "Corporeidade", a qual revelou que o corpo dos discentes esteve presente durante as experiências de aprendizagem por meio de movimentos físicos. De igual modo, o objetivo de analisar as experiências sensoriais cumpriu-se ao comprovar, por meio dos dados empíricos, que o ambiente imersivo engaja os sentidos dos estudantes na vivência, incentivando-os a prosseguir no processo investigativo da geometria. Ademais, a análise dos resultados da experimentação consumou-se na integração das categorias, atestando como a interação entre o corpo, o sentir e a tecnologia proporcionou uma vivência que transformou a visualização geométrica.

Para além do cumprimento dos objetivos, este estudo consolida contribuições práticas para a Educação Matemática. A criação da ambiência de aprendizagem para a realização do experimento de ensino, o qual fundamentou a coleta de dados deste estudo, configurou-se como uma vivência enriquecedora para o processo de ensino e aprendizagem de conceitos geométricos no Ensino Fundamental. Esse resultado corrobora os pressupostos de Vieira e

Medeiros (2023) quanto à utilização do Metaverso como recurso pedagógico. Soma-se a isso o fato de que a aplicação das propostas desenvolvidas e apresentadas na composição do Produto Educacional despertou na pesquisadora novas possibilidades de atividades capazes de complementar significativamente o estudo da geometria (Scheffer, 2017).

Outro aspecto relevante reside no fato de que os recursos tecnológicos inerentes ao metaverso oferecem possibilidades consonantes com a realidade e com os interesses dos discentes. Embora uma aula nesse ambiente se aproxime de uma atividade de entretenimento digital, sua finalidade transcende o lúdico: trata-se de uma estratégia que engaja o estudante em sua totalidade na realização das tarefas, provoca o raciocínio e estimula a constituição e o compartilhamento do saber (Tarouco *et al*., 2012).

Ao experimentar o espaço tridimensional e ao observar as formas sob diversos ângulos, a geometria ganhou profundidade. Essa atualização alinha-se à ideia de que conhecer é fazer em uma rede contínua de perturbações e adaptações que ampliam os domínios cognitivos, linguísticos e sociais dos aprendizes (Maturana; Varela, 2010). Desse modo, o metaverso representa uma inovação tecnológica e uma possibilidade concreta de contribuição para a renovação da Educação Matemática.

Diante do exposto, apresentam-se desafios e possibilidades para pesquisas futuras que possam agregar positivamente ao tema. A infraestrutura escolar atual ainda não dispõe de equipamentos de imersão de alto custo em larga escala. No entanto, pesquisas científicas atuam como agentes de tensão positiva. Ao evidenciar o potencial pedagógico do metaverso, a presente investigação inspira a formulação de novas políticas públicas de acesso à tecnologia educacional e a implementação das já existentes. A mudança cultural ocorre à medida que docentes e discentes reconhecem o valor desses recursos e passam a reivindicar sua presença no cotidiano escolar. Ademais, como esta investigação decorre de um experimento de ensino realizado com duplas de estudantes, o trabalho abre caminho e demanda investigações futuras que contemplem as dinâmicas, os desafios e as potencialidades da aplicação em turmas completas.

Outro aspecto central refere-se ao desenvolvimento profissional docente. A apropriação do metaverso requer mais do que o simples acesso aos equipamentos; demanda que os professores saibam configurar as atividades de acordo com sua intencionalidade pedagógica. Esse cenário evidencia a necessidade de formação que os apoie no processo de apropriação dessas tecnologias, pois o domínio tecnológico precisa atuar como um aliado da prática diária, sem que a falta de letramento digital constitua uma barreira entre o docente e a inovação. Nesse sentido, o Produto Educacional vem ao encontro dessa necessidade ao

oferecer uma proposta de criação de ambiência com exemplos de configurações testadas e analisadas.

A gestão da atenção em ambientes imersivos ganha uma nova perspectiva nesta proposta. Embora o metaverso ofereça múltiplos estímulos visuais, o espaço virtual de aprendizagem reflete a intencionalidade do docente, o qual insere e organiza os elementos no cenário. Durante as vivências, a interação dos estudantes com os diversos objetos geométricos presentes na sala ocorre de forma natural, sem imposições. A dispersão inicial transforma-se em uma exploração intencional, visto que os elementos que capturam a atenção dos discentes consistem justamente nos objetos de estudo. Além disso, o diálogo constante e a utilização dos recursos disponíveis, como, por exemplo, o uso de notas virtuais, mantêm o foco na geometria, de modo que o fascínio pela tecnologia atue a favor do processo de conhecer, e não como um obstáculo.

No que tange à avaliação das aprendizagens, os recursos inerentes ao metaverso oferecem múltiplos mecanismos para o acompanhamento docente. O professor dispõe de acesso via tela de computador, o que permite observar as ações do estudante em tempo real, ou pode imergir na sala virtual de forma simultânea. Ademais, a tecnologia viabiliza o espelhamento do ângulo de visão do estudante e a gravação da tela, para que o docente assista aos movimentos e às escolhas e os analise em momento posterior. Esses mecanismos descentralizam a prática de avaliações quantitativas e abrem espaço para uma avaliação qualitativa que engloba diferentes perspectivas. Os diálogos, as demonstrações visuais e gestuais, os movimentos corporais e a exploração no metaverso tornam-se, assim, instrumentos eficientes para compreender os percursos e o pensamento de cada estudante.

Esta pesquisa considerou o corpo que sente e que se movimenta para aprender, mesmo em ambientes virtuais. Essa perspectiva reconhece que a aprendizagem se desenvolve por meio da interação com o meio, ainda que digital. Desse modo, o corpo reage emocionalmente às experiências digitais, mesmo não estando fisicamente no espaço virtual. Portanto, o metaverso configura-se como uma ecologia enativa que proporciona uma experiência de aprendizagem geométrica multimodal.

Ao retomar a epígrafe, reitera-se que a aprendizagem geométrica dos participantes não se iniciou nem terminou no experimento de ensino. De igual maneira, esta pesquisa, no contexto da Educação Matemática, não foi a primeira e tampouco será a última, mas continuará fluindo e atualizando-se com as novas descobertas.

Ao redigir estas considerações, constata-se a assertividade da decisão de fracionar a pesquisa no início do percurso. Essa escolha possibilitou que cada etapa fosse vivenciada

plenamente, em vez de constituir uma simples execução formal. A elaboração destas últimas palavras sinaliza que, após o empenho dedicado a cada uma dessas frações, o estudo aproxima-se de sua totalidade.

Em tempo, encerra-se este ciclo resgatando uma afirmação proferida a uma colega durante o percurso do mestrado: "nem lembro de quem eu era quando tudo começou". Esse sentimento traduz a expressão da própria autopoiese dos investigadores, visto que, ao mergulharem no fluxo desta pesquisa, entregando-se ao sentir e às interações corporificadas por ela proporcionadas, deu-se uma transformação irremediável.

"[...]
Hoje me sinto mais forte
Mais feliz, quem sabe
Só levo a certeza
De que muito pouco sei
Ou nada sei
[...]
Cada um de nós compõe a sua história
E cada ser em si carrega o dom de ser capaz
De ser feliz
[...]".
Almir Sater, Renato Teixeira

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. M. **Introdução à metodologia do trabalho científico.** 10. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

AVATAR: o caminho da água. Direção: James Cameron. Produção: James Cameron e Jon Landau. Estados Unidos: 20th Century Studios, 2022. 1 vídeo (192 min), son., color.

BAIRRAL, M. A. As Manipulações em Tela Compondo a Dimensão Corporificada da Cognição Matemática. **Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática**, *[S. l.]*, v. 10, n. 2, p. 99-106, 2017. Disponível em: https://jieem.pgsscogna.com.br/jieem/article/view/5509. Acesso em: 29 jan. 2025.

BAIRRAL, M. A. O valor das pequenas coisas, aprendizagens matemáticas e olhares hiperconectados: **Boletim GEPEM**, [S. l.], n. 81, p. 118-141, 2022. Disponível em: https://periodicos.ufrrj.br/index.php/gepem/article/view/486. Acesso em: 30 jan. 2025.

BAIRRAL, M. Conhecimentos Históricos da Matemática por meio de Tecnologias Digitais: Alguns desafios e possibilidades com olhares de inovação. **REMATEC**, Belém, v. 18, n. 44, p. e2023007, 2023. Disponível em: https://www.rematec.net.br/index.php/rematec/article/view/480. Acesso em: 29 jan. 2025.

BAIRRAL, M. A.; HENRIQUE, M. P.; ASSIS, A. R (Orgs.). **Caminhos da geometria na atualidade**: velhos percursos, novas lentes. Seropédica. Rio de Janeiro: EDUR. 2024. p. 11-19.

BALL, M. **A revolução do metaverso**: como o mundo virtual mudará para sempre a realidade. Rio de Janeiro: Globo Livros, 2023.

BAUM, C; KROEFF, R. F. S. Enação: conceitos introdutórios e contribuições contemporâneas. **Revista Polis e Psique**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 207-236, ago. 2018. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2238-152X2018000200011&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 26 dez. 2024.

BOALER, J.; MUNSON, J.; WILLIAMS, C. **Mentalidades matemáticas na sala de aula**: Ensino Fundamental. Porto Alegre: Penso, 2018.

BORBA, M. C. Potential scenarios for Internet use in the mathematics classroom. **ZDM: the international journal on mathematics education**, n. 41, p. 453-465, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/225666198_Potential_scenarios_for_Internet_use_in_the_mathematics_classroom. Acesso em: 20 dez. 2024.

BORBA, M. C. The future of mathematics education since COVID-19: humans-with-media or humans-with-non-living-things. Educ Stud Math, v. 108, p. 385-400, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10649-021-10043-2. Acesso em: 22 mar. 2026

BORBA, M. C.; ARAÚJO, J. L. **Pesquisa qualitativa em matemática**. 5. ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular**: educação é a base. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: https://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 23 ago. 2025.

BRAVO, G. Olhar o mundo com a Geometria. *In*: BAIRRAL, M. A.; HENRIQUE, M. P.; ASSIS, A. R (Orgs.). **Caminhos da geometria na atualidade**: velhos percursos, novas lentes. Seropédica. Rio de Janeiro: EDUR. 2024. p. 24-48.

CLASSE, T. M.; CASTRO, R. M.; OLIVEIRA, E. G. Metaverso como Ambiente de Aprendizagem Ativa para o Aprendizado Híbrido. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, [S. l.], v. 31, p. 222-254, 2023. Disponível em: https://journals-sol.sbc.org.br/index.php/rbie/article/view/2908. Acesso em: 11 jul. 2025.

COBB, P.; CONFREY, J.; DISESSA, A.; LEHRER, R.; SCHAUBLE, L. Design experiments en educational research. **Educational Researcher,** v. 32, n. 1, p. 9-13, jan. 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/244457271_Design_Experiments_in_Educational_Research. Acesso em: 18 abr. 2026.

COBB, P.; JACKSON, K.; HENRICK, E.; SMITH, T. M. **Systems for Instructional Improvement**: Creating Coherence from the Classroom to the District Office Massachusetts: Harvard Education Press, 2020. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=en&lr=&id=9VvMDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT7&dq=info:gGQJxyZJ1hUJ:scholar.google.com&ots=amLwL71EwR&sig=8laKqWzPcjiDXn__XRf3LRLdOSw&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 31 jul. 2025.

CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. **Projeto de pesquisa**: métodos qualitativo, quantitativo e misto. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2021.

CSIKSZENTMIHALYI, M. **Flow**: a Psicologia do alto desempenho e da felicidade. Rio de Janeiro: Objetiva, 2020.

DAMÁSIO, A. R. **O erro de descartes**: emoção, razão e o cérebro humano. Tradução: Dora Vicente e Georgina Segurado. São Paulo: Companhia das Letras. 2012.

DAMÁSIO, A. **O sentimento de si**: corpo, emoção e consciência. 5. ed. Lisboa, Portugal: Temas e Debates; Círculo de Leitores, 2013.

DAMÁSIO, A. R. **Sentir e Saber**: as origens da consciência. Tradução: Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras. 2022.

DANTAS, H. K. G. **Ambientes de aprendizagem inovadores e ambiências criativas em espaços makers escolares**. 2024. 297 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2024. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/33583. Acesso em: 15 out. 2025.

ENGELBRECHT, E.; LLINARES, S.; BORBA, M. C. Transformation of the mathematics classroom with the internet. **ZDM Mathematics Education**, v. 52, p. 825-841, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11858-020-01176-4. Acesso em: 19 dez. 2024.
GARCEZ, A.; DUARTE, R. EISENBERG, Z.; Produção e análise de videogravações em pesquisas qualitativas . **Educação e Pesquisa**, *[S. l.]*, v. 37, n. 2, p. 249-261, 2011. Disponível em: https://revistas.usp.br/ep/article/view/28282. Acesso em: 30 jul. 2026.

GAVILLON, P. Q.; KROEFF, R. F. S.; MARASCHIN, C. Enação, ensino e aprendizagem. **Arquivos Brasileiros de Psicologia**, Rio de Janeiro, v. 72, n. 3, p. 129-139, dez. 2020. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-52672020000400010&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 26 dez. 2024.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7 ed. Barueri: Atlas, 2023.

GONTIJO, C. H.; CARVALHO, A. T.; FONSECA, M. G.; FARIAS, M. P. **Criatividade em Matemática**: conceitos, metodologia e avaliação. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2019.

GROSSI, M. G. R.; AGUIAR, C.; SANTOS, D. C. S. Uso e os desafios do metaverso na educação. **Revista Temas em Educação**, [S. l.], v. 33, n. 1, p. e-rte331202420, 2023. Disponível em: https://periodicos.ufpb.br/index.php/rteo/article/view/65704. Acesso em: 11 jul. 2025.

HEATH, C. The development of video analysis. *In*: CARLIN, A. P.; DENNIS, A.; JENKINGS, K. N.; LINDWALL, O.; MAIR, M. **Manual Internacional de Etnometodologia da Routledge**. [S. l.]: Ed. Taylor e Francis, 2025. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=eBNJEQAAQBAJ&lpg=PT293&ots=ZGW_YUOhcX&dq=info%3Auyo80Et_FWYJ%3Ascholar.google.com&lr&pg=PT294#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 31 jul. 2025.

HEATH, C.; CLEVERLY, J. Discovering the familiar: exploring everyday practice in the design of tools and artefacts. **International Journal of Art & Design Education**, [S. l.], v. 44, n. 1, p. 119-132, 2025. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jade.12597. Acesso em: 31 jul. 2025.

KALEFF, A. M. M. R. Obstáculos cognitivos e registros semióticos frente à habilidade da visualização na aprendizagem das geometrias (euclidianas e não euclidianas). *In*: BAIRRAL, M. A.; OLIVEIRA, G. W. O.; IZAR, S. **Retratos de experiências para visualização em geometria**. Seropédica: Ed. da UFRRJ, 2022, p. 12-22.

KORALESKI, L. G.; PASA, B. C.; SCHEFFER, N. F. Explorando o estudo da função quadrática com o geogebra: uma análise na teoria dos registros de representação semiótica. *In*: PASA, B. C.; SCHEFFER, N. F. (Orgs.). **Tecnologias Digitais na Educação Básica**: desafios, possibilidades e perspectivas. Curitiba: CRV, 2024. p. 45-57.

LABONTE, A.; HINDMARSH, J.; VOM LEHN, D. Coleta de dados em altura: competência incorporada, multissensorialidade e pesquisa baseada em vídeo em um contexto extremo de trabalho. **Interação Social. Estudos de Socialidade Humana Baseados em Vídeo**, [S. l.], v.

4, n. 3, 2021. Disponível em: https://tidsskrift.dk/socialinteraction/article/view/128155. Acesso em: 31 jul. 2025.

LEIVAS, J. C. P. Geometria: um constructo exploratório-visual partindo desde a infância. *In*: BAIRRAL, M. A.; HENRIQUE, M. P.; ASSIS, A. R (Orgs.). **Caminhos da geometria na atualidade**: velhos percursos, novas lentes. Seropédica: EDUR. 2024, p. 49-69.

LÉVY, P. **Cibercultura**. São Paulo: Ed. 34, 1999.

LÉVY, P. **O que é o virtual?** 2. ed. São Paulo: Editora 34, 2011.

MARTÍNEZ, J. M. M.; SANCHO, A. T. Las tecnologías en los organismos internacionales: un análisis político del discurso. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, v. 51, p. 1-21, 2021. Disponível em: https://encurtador.com.br/v1xbY. Acesso em: 13 jun. 2025.

MATURANA, H. R.; VARELA, F. **A árvore do conhecimento**: as bases biológicas da compreensão humana. 8. ed. São Paulo: Palas Athena, 2010.

MORETTI, V. D.; RADFORD, L. Análise multimodal de vídeos: contribuições da Teoria da Objetivação para a pesquisa sobre formação de professores que ensinam Matemática. **Revista Eletrônica de Educação**, *[S. l.]*, v. 17, p. e6236101, 2023. Disponível em: https://www.reveduc.ufscar.br/index.php/reveduc/article/view/6236. Acesso em: 4 ago. 2025.

NEVES, L.; BORBA, M. Análise do discurso multimodal de um vídeo com conteúdo matemático. **Educação Matemática Debate**, Montes Claros, v. 3, n. 9, p. 220-235, 2019. Disponível em: https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/emd/article/view/88. Acesso em: 24 ago. 2025.

OLIVA, R.; MENDES, A. A corporeidade como expressão da consciência na infância. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2024, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: EdiPUCRS, 2025. p. 1-11. Disponível em: https://editora.pucrs.br/edipucrs/acessolivre/anais/1831/assets/edicoes/2024/arquivos/56.pdf. Acesso em: 23 ago. 2025.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky**: aprendizado e desenvolvimento: um processo sócio-histórico. 5. ed. São Paulo: Scipione, 2010.

PAZ, J. F.; VALOZ, J. T. S.; ALENCAR, J. W. V.; SILVA, M. R.; AGUIAR, F. S. Educação, corporeidade e formação integral: uma abordagem interdisciplinar na relação entre corpo, aprendizagem e avaliação. **Aracê**, *[S. l.]*, v. 7, n. 7, p. 38055-38070, 2025. Disponível em: https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/6573. Acesso em: 23 ago. 2025.

PEREIRA, T. I; BAGNARA, I. C. Um sobrevoo panorâmico sobre a temática produto técnico-tecnológico: os produtos educacionais no PPGPE/UFFS. *In*: PEREIRA, T. I; BAGNARA, I. C. (Orgs.). **Produtos no mestrado profissional em educação**: concepções e experiências. Curitiba: CRV, 2024. p. 21-31.

PILOTO, R. W.; MOREIRA, W. W. Corporeidade e formação de professores no ensino remoto. **Dialogia**, São Paulo, n. 53, p. 1-19, e26335, maio/ago. 2025. Disponível em: https://periodicos.uninove.br/dialogia/article/view/26335. Acesso em: 23 ago. 2025.

POWELL, A. B.; SILVA, W. Q. O vídeo na pesquisa qualitativa em educação matemática: investigando pensamentos matemáticos de alunos. *In*: POWELL, A. B (Org.). **Métodos de pesquisa em educação matemática usando escrita, vídeo e internet**. Campinas: Mercado de Letras, 2015. p. 15-60.

PRENSKY, M. Digital natives, digital immigrants. **On the Horizon**, v. 9, n. 5, p. 1-6, 2001. Disponível em: https://bit.ly/4jzVSCt. Acesso em: 5 abr. 2025.

RADFORD, L. Methodological Aspects of the Theory of Objectification. **Perspectivas da Educação Matemática**, v. 8, n. 18, 18 dez. 2015. Disponível em: https://periodicos.ufms.br/index.php/pedmat/article/view/1463. Acesso em: 03 out. 2025.

RABELLO, M. G. D.; BERNARDINO JUNIOR, F. M. O ensino da matemática com apoio das Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC): cenário atual e perspectivas no âmbito do metaverso. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, [S. l.], v. 15, n. 9, p. 9572-9600, 2023. Disponível em: https://ojs.cuadernoseducacion.com/ojs/index.php/ced/article/view/1869. Acesso em: 11 jul. 2025.

ROMEIRO, I. O.; MORETTI, V. D.; RADFORD, L. Da formação à pesquisa sobre professores que ensinam Matemática: contribuições da Teoria da Objetivação para a compreensão do desenvolvimento do pensamento algébrico. **Paradigma**, Maracay, v. 45, n. 2, p. e2024002, 2024. Disponível em: https://revistaparadigma.com.br/index.php/paradigma/article/view/1574. Acesso em: 4 ago. 2025.

SARTORI, J.; PEREIRA, T. I. A construção da pesquisa no mestrado profissional em educação. *In*: SARTORI, J.; PEREIRA, T. I. (Orgs.). **A construção do conhecimento no mestrado profissional em educação**. Porto Alegre: CriKula, 2019, p. 17-34.

SATER, A.; TEIXEIRA, R. **Tocando em frente**. Intérprete: Almir Sater. *In.* Sater, A. Almir Sater ao vivo. Rio de Janeiro: Som Livre, 1990. 1 recurso online (3 min 30s). Disponível em: https://open.spotify.com. Acesso em: 30 jul. 2026.

SCHEFFER, N. F. A corporeidade e argumentação, na discussão da representação matemática com TIC. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 12, 2016, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Educação Matemática, 2016. p. 1-12. Disponível em: https://www.sbembrasil.org.br/enem2016/anais/pdf/6828_3072_ID.pdf. Acesso em: 11 jul. 2025.

SCHEFFER, N. F. **Tecnologias digitais e representação matemática de movimentos corporais**. Curitiba: Appris, 2017.

SCHEFFER, N. F. Geometria dos polígonos, uma integração de movimentos corporais com tecnologias digitais na educação infantil e nos anos iniciais do Ensino Fundamental. *In*: BAIRRAL, M. A.; HENRIQUE, M. P.; ASSIS, A. R (Orgs.). **Caminhos da geometria na atualidade**: velhos percursos, novas lentes. Seropédica: EDUR. 2024. p. 230-248.

SETTIMY, T. F. O. A importância da visualização para o ensino de geometria. *In*: BAIRRAL, M. A.; OLIVEIRA, G. W. O.; IZAR, S. **Retratos de experiências para visualização em geometria**. Seropédica: Ed. da UFRRJ, 2022 p. 77-85.

TAROUCO, L.; ÁVILA, B.; AMARAL, E. VEGA-Implementando um Laboratório Virtual Imersivo no OpenSim. **RENOTE**, v. 10, n. 1, p. 1-11, jul. 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/272139835_VEGA-Implementando_um_Laboratorio_Virtual_Imersivo_no_OpenSim. Acesso em: 11 jul. 2025.

VERASZTO, E. V.; SILVA, D.; MIRANDA, N. A.; SIMON, F. O. Tecnologia: buscando uma definição para o conceito. **Revista Prisma.com**, n. 8, p. 19-46, 2009. Disponível em: https://cip.brapci.inf.br/download/80832. Acesso em: 20 dez. 2024.

VIEIRA, E. E.; MEDEIROS, F. P. A. Estado da Arte sobre a Educação em Ambientes Imersivos do Metaverso. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, *[S. l.]*, v. 31, p. 1248-1269, 2023. Disponível em: https://journals-sol.sbc.org.br/index.php/rbie/article/view/3522. Acesso em: 10 maio. 2025.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 4. ed. São Paulo: Livraria Martins Fontes, 1991.

WACHOWICZ, L. A. Avaliação e aprendizagem. *In*: VEIGA, I. A. (Org.). **Lições de Didática**. 5. ed. Campinas/SP: Papirus, 2012, p. 135-160.

APÊNDICE A - Declaração de ciência e concordância das instituições envolvidas

DECLARAÇÃO DE CIÊNCIA E CONCORDÂNCIA DAS INSTITUIÇÕES ENVOLVIDAS

Com o objetivo de atender às exigências para obtenção de parecer do Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos, eu, _____(*Nome do Representante Legal*), representante legal da instituição _____ (*Nome da Escola Pública do Norte do Estado do Rio Grande do Sul*), onde será aplicado o experimento de ensino proposto no projeto de pesquisa que intitula-se *"O metaverso como cenário para um experimento de ensino: investigando as possibilidades para a corporeidade e para as experiências sensoriais no estudo da geometria",* a mesma vincula-se à Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus de Erechim, no âmbito do Programa de Pós-Graduação Profissional em Educação (PPGPE), tendo como objetivo a obtenção do título de Mestre em Educação, a qual teve sua qualificação em 10 de outubro de 2025, declara estar ciente e de acordo com seu desenvolvimento nos termos propostos:

Após a aprovação do comitê, os estudantes serão informados sobre a pesquisadora, a pesquisa, a necessidade de pelo menos 4 estudantes e no máximo 6 estudantes de 6º ano do Ensino Fundamental - sendo 2 para o teste piloto e 4 para o experimento de ensino. Os estudantes também serão informados acerca dos equipamentos, dos meios de coleta, horário das sessões, duração e quantidade de sessões, da necessidade de consentimento e assentimento por escrito e assinado pelos pais e por eles, respectivamente, entre outras informações e respostas às dúvidas oriundas deste momento. Após a apresentação de todas as informações, **os estudantes serão convidados a participar voluntariamente**. Em caso de interesse organizar-se-á uma **lista por ordem de chegada**.

O processo se dará em duas etapas: teste piloto e experimento de ensino, no decorrer do primeiro semestre de 2026. O teste piloto será composto por duas sessões de pelo menos 30 minutos - esta etapa é importante para testar a aplicabilidade - assim as atividades serão testadas antes da aplicação do experimento de ensino. O experimento de ensino acontecerá por meio de 04 sessões de pelo menos 30 minutos - por dupla. A primeira sessão destina-se a familiarização com os equipamentos e exploração do ambiente imersivo de forma a contribuir com a qualidade dos dados coletados. Nas demais, os estudantes realizarão as experiências de aprendizagens previstas no Produto Educacional - uma proposta para a criação de Ambiência Enativa de Aprendizagem, com sugestões de experiências de aprendizagem que exploram

conceitos geométricos no metaverso. O acesso se dará por meio de contas criadas pela pesquisadora, exclusivas para essa finalidade - os avatares dos participantes serão nomeados com personagens do filme Avatar 2. A coleta será por registros audiovisuais externos na sala física; A captura de vídeo ou gravação de tela do ambiente virtual; Registro via dispositivo de entrada - registro a partir do ângulo de visão do participante. Também haverá a coleta das notas de campo da pesquisadora.

A pesquisa que pretende-se realizar nas dependências da escola, visa responder a seguinte inquietação: Que possibilidades os ambientes imersivos de metaverso apresentam para a discussão sobre os processos de ensino e aprendizagem de conceitos geométricos e corporeidade nos Anos Finais do Ensino Fundamental? E tem como objetivo investigar possibilidades que ambientes imersivos de metaverso favorecem o ensino e a aprendizagem de conceitos geométricos, nos Anos Finais do Ensino Fundamental, considerando a corporeidade e as experiências sensoriais, na estruturação teórica. Os **horários das sessões serão organizados de acordo com o cronograma escolar**, de modo a **não interferir nas atividades pedagógicas regulares**.

Salienta-se que os pesquisadores deverão cumprir os termos da resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, do Estatuto da Criança e do Adolescente - ECA (Lei 8.069/1990) e as demais legislações vigentes.

_____

Joceane da Silva Paz
Assinatura (ou assinatura digital) da Pesquisadora Responsável

_____

Nilce Fátima Scheffer
Assinatura (ou assinatura digital) da Orientadora Responsável

_____

- Diretora
Assinatura e Carimbo (ou assinatura digital) da responsável da Instituição

Getúlio Vargas, __ de _____ de 2025.

APÊNDICE B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Título da Pesquisa: *O metaverso como cenário para um experimento de ensino: investigando as possibilidades para a corporeidade e para as experiências sensoriais no estudo da geometria.*

Pesquisadora responsável: Joceane da Silva Paz

Orientadora: Profª. Drª. Nilce Fátima Scheffer

Instituição: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) – Campus Erechim

Programa: Programa de Pós-Graduação Profissional em Educação (PPGPE) – Mestrado

---

Olá!

Gostaríamos de convidar seu(sua) filho(a) a participar de uma pesquisa desenvolvida no Programa de Pós-Graduação Profissional em Educação da UFFS, como parte do curso de mestrado da professora Joceane da Silva Paz, sob orientação da Profª. Drª. Nilce Fátima Scheffer.

O experimento de ensino terá como participantes estudantes do 6º ano do Ensino Fundamental e tem como objetivo investigar possibilidades que ambientes imersivos de metaverso favorecem o ensino e a aprendizagem de conceitos geométricos nos Anos Finais do Ensino Fundamental, considerando a corporeidade e as experiências sensoriais na estruturação teórica.

Essa proposta integra a aplicação (o desenvolvimento - no caso do teste piloto) do Produto Educacional - Ambiência Enativa de Aprendizagem, o qual será desenvolvido pela pesquisadora.

Caso você e seu(sua) filho(a) aceitem o convite, ele(a) participará de quatro (04) sessões do experimento de ensino (ou, no caso de teste piloto, duas (02) sessões), com duração de aproximadamente 30 minutos cada.

Durante as sessões, os estudantes utilizarão óculos de realidade virtual e controladores de movimento, participando de atividades interativas de geometria em um ambiente imersivo de metaverso.

As sessões serão gravadas em vídeo, tanto no espaço físico da escola quanto no ambiente virtual, com o objetivo de registrar gestos, expressões, falas, movimentos e interações entre os estudantes. Após cada encontro, haverá um breve diálogo sobre a realização da experiência.

Acreditamos que essa experiência pode suprir a necessidade de um ambiente que possibilite a visualização e a simulação de conceitos geométricos. Um ambiente que instigue interesse e curiosidade, promova reflexões e possibilite ao estudante participar da construção da própria aprendizagem. Trata-se de uma proposta inovadora, que apropria-se de tecnologias digitais imersivas que podem contribuir com o desenvolvimento do pensamento geométrico.

O uso dos óculos de realidade virtual pode causar uma breve sensação de adaptação às imagens em 3D, como quando se assiste a um filme tridimensional. Essa sensação é normal e passa rapidamente. As atividades terão duração de 30 minutos em turno contrário ao da aula, serão realizados em duplas e com a participação da pesquisadora. As identidades serão mantidas em sigilo e nenhuma imagem ou nome será divulgado. O experimento de ensino proposto não apresenta risco de vergonha, constrangimento, entre outros, pois a natureza da atividade desperta interesse e curiosidade nos estudantes tendo em vista as diferentes possibilidades de visualização que proporciona. Inicialmente, haverá sempre uma etapa de ambientação, com explicações em linguagem clara, assegurando que não existem respostas certas ou erradas e que o foco está em investigar possibilidades que ambientes imersivos de metaverso favorecem o ensino e a aprendizagem de conceitos geométricos, nos Anos Finais do Ensino Fundamental, considerando a corporeidade e as experiências sensoriais, na estruturação teórica.

A participação é totalmente voluntária. Você e seu(sua) filho(a) podem decidir livremente se desejam participar e encerrar a participação quando quiserem, sem qualquer tipo de prejuízo, penalização ou constrangimento. Não há pagamento ou recompensa; o principal ganho é participar de uma experiência educacional inovadora.

Você receberá um relato individual sobre a participação do(a) estudante, por e-mail ou impresso, após o término da pesquisa. A escola também receberá uma síntese geral dos resultados, em um encontro com a equipe diretiva.

O armazenamento das informações e registros obtidos serão em ambiente digital seguro, com acesso restrito à pesquisadora e à orientadora. O armazenamento dos mesmos será por até cinco anos e, depois, excluídos de forma definitiva. Em nenhum momento, haverá a divulgação dos nomes dos participantes, familiares ou da escola.

Autorizo o uso dos dados, o armazenamento das informações e a divulgação dos resultados da pesquisa que contou com a participação da criança pela qual sou responsável.

Getúlio Vargas, RS, _____ de _____ de 202 __.

Nome do estudante: _____

Nome do responsável: _____

Assinatura do responsável: _____

Ao aceitar o convite, você autoriza o uso das imagens, voz, vídeos e anotações do(a) participante exclusivamente para fins científicos, como parte da análise dos resultados e possível divulgação em eventos acadêmicos, artigos e dissertações, sempre com sigilo e anonimato garantidos. Os dados serão armazenados de forma segura e confidencial, e nunca utilizados fora do contexto da pesquisa.

Autorizo o uso das imagens, voz, vídeos e anotações do(a) participante para a análise de dados ou divulgação dos resultados desta pesquisa que contou com a participação da criança pela qual sou responsável.

Getúlio Vargas, RS, _____ de _____ de 2026.

Nome do estudante: _____

Nome do responsável: _____

Assinatura do responsável: _____

Em caso de dúvidas, você pode conversar com a pesquisadora Joceane da Silva Paz - UFFS - Campus Erechim - ERS 135, km 72, 200, Caixa Postal 764, Erechim, RS. CEP 99700-970. Tel. (54) 3321-7050 ou entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFFS. O contato é: Rodovia SC 484 Km 02, Fronteira Sul, CEP 89815-899, Chapecó – SC. Telefone: (49) 2049-3745 | E-mail: cep.uffs@uffs.edu.br

CAAE: 93824425.3.0000.5564

Número do Parecer de Aprovação: 8.060.797

Data de Aprovação: 15 de dezembro de 2025.

Caso concorde com a participação de seu(sua) filho(a), preencha os dados abaixo e assine este termo em duas vias. Uma via ficará com você e outra com a pesquisadora.

Autorizo a participação da criança pela qual sou responsável.

Getúlio Vargas, RS, _____ de _____ de 2026.

Nome do estudante: _____

Nome do responsável: _____

Assinatura do responsável: _____

Os pesquisadores, abaixo-assinados, se comprometem a tomar os cuidados e a respeitar as condições estipuladas neste termo.

_____ _____

Nilce Fátima Scheffer – Orientadora Joceane da Silva Paz - Pesquisadora

APÊNDICE C - Termo de Assentimento

TERMO DE ASSENTIMENTO

Título da Pesquisa: *O metaverso como cenário para um experimento de ensino: investigando as possibilidades para a corporeidade e para as experiências sensoriais no estudo da geometria.*

Pesquisadora responsável: Joceane da Silva Paz

Orientadora: Profª. Drª. Nilce Fátima Scheffer

Instituição: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) – Campus Erechim

Programa: Programa de Pós-Graduação Profissional em Educação (PPGPE) – Mestrado

---

Olá!

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa que intitula-se: "O metaverso como cenário para um experimento de ensino: investigando as possibilidades para a corporeidade e para as experiências sensoriais no estudo da geometria"

Essa pesquisa está sendo feita pela pesquisadora Profª Joceane da Silva Paz, com a orientação da Profª. Drª. Nilce Fátima Scheffer, da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) - Campus Erechim.

A pesquisa quer investigar possibilidades que ambientes imersivos de metaverso favorecem o ensino e a aprendizagem de conceitos geométricos nos Anos Finais do Ensino Fundamental, considerando a corporeidade e as experiências sensoriais na estruturação teórica.

Se você aceitar participar, vai fazer atividades de geometria dentro de um ambiente virtual em 3D, usando óculos de realidade virtual e controladores de movimento. Essas atividades vão acontecer em duplas, dentro da escola, com a presença da professora pesquisadora. Serão:

- 4 sessões, cada uma com cerca de 30 minutos.
- A primeira sessão será para você conhecer os equipamentos e o ambiente virtual.
- As outras sessões terão atividades de aprendizagem de geometria no metaverso.

As sessões serão gravadas em vídeo e áudio, para que a pesquisadora possa observar como você se movimenta, fala e pensa durante as atividades. Mas você poderá escolher se quer ou não participar.

Ninguém fora da pesquisa vai saber que foi você quem participou. Os vídeos e anotações ficarão guardados com segurança e não terão seu nome, nem mostrarão seu rosto em público. Somente a pesquisadora e sua orientadora poderão ver os registros.

O uso dos óculos de realidade virtual pode causar uma breve sensação de adaptação às imagens em 3D, como quando se assiste a um filme tridimensional. Essa sensação é normal e passa rapidamente. As atividades terão duração de 30 minutos em turno contrário ao da aula, serão realizados em duplas e com a participação da pesquisadora. As identidades serão mantidas em sigilo e nenhuma imagem ou nome será divulgado. O experimento de ensino proposto não apresenta risco de vergonha, constrangimento, entre outros, pois a natureza da atividade desperta interesse e curiosidade nos estudantes tendo em vista as diferentes possibilidades de visualização que proporciona. Inicialmente, haverá sempre uma etapa de ambientação, com explicações em linguagem clara, assegurando que não existem respostas certas ou erradas e que o foco está em investigar possibilidades que ambientes imersivos de metaverso favorecem o ensino e a aprendizagem de conceitos geométricos, nos Anos Finais do Ensino Fundamental, considerando a corporeidade e as experiências sensoriais, na estruturação teórica.

Você vai aprender geometria de um jeito diferente, usando novas tecnologias e vendo as formas em 3D. Além disso, sua participação vai ajudar outros professores e estudantes a aprender de formas mais criativas.

Mesmo que seus pais tenham concordado, você participa apenas se quiser. Se mudar de ideia, pode sair da pesquisa a qualquer momento, sem problema nenhum.

Quando a pesquisa terminar, você e sua escola vão poder conhecer os resultados e ver o que foi descoberto com a ajuda dos participantes.

Você pode conversar com a pesquisadora Joceane da Silva Paz. Endereço: UFFS – Campus Erechim, ERS 135, km 72, 200 – Erechim/RS. Telefone: (54) 3321-7050.

Ou entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFFS: Rodovia SC 484, Km 02 – Fronteira Sul – Chapecó/SC - (49) 2049-3745 - cep.uffs@uffs.edu.br.

CAAE: 93824425.3.0000.5564

Número do Parecer de Aprovação: 8.060.797

Data de Aprovação: 15 de dezembro de 2025.

( ) Aceito que minha imagem e voz sejam gravadas e/ou filmadas e sejam utilizadas para fins científicos.

( ) Aceito que minha imagem e voz sejam gravadas e/ou filmadas mas não aceito que sejam utilizadas para fins científicos.

( ) Não Aceito que minha imagem e voz sejam gravadas e/ou filmadas.

Eu, _____, 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. Receberei uma via deste termo assentimento.

Eu aceito participar do projeto citado acima, voluntariamente, após ter sido devidamente esclarecido.

_____

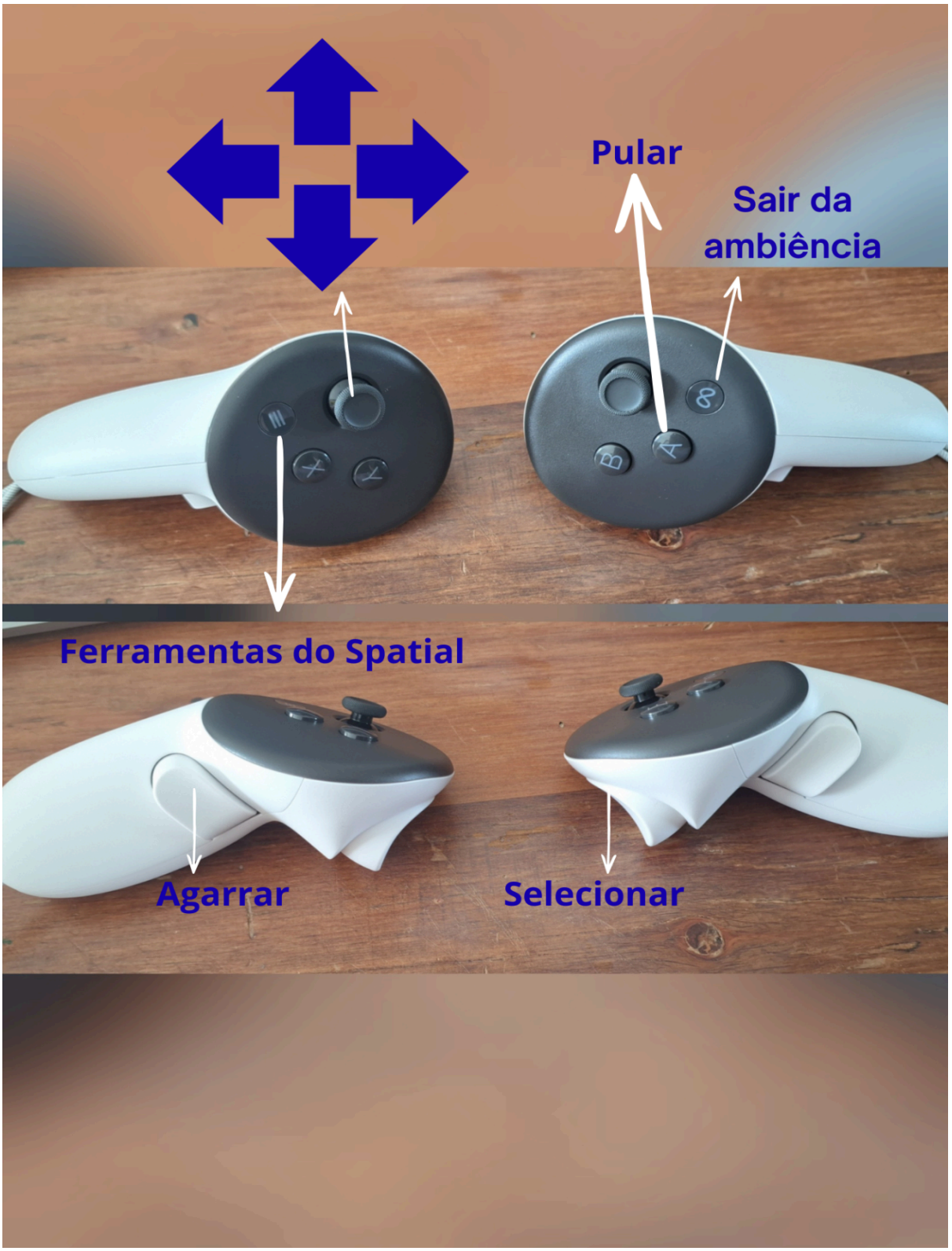
Assinatura do(a) menor

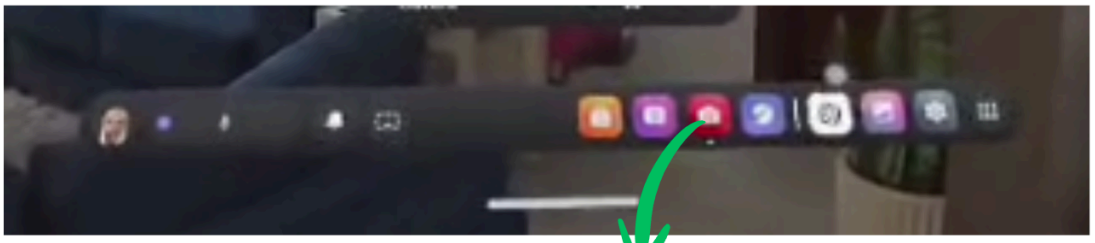
_____ _____

Nilce Fátima Scheffer – Orientadora Joceane da Silva Paz - Mestranda

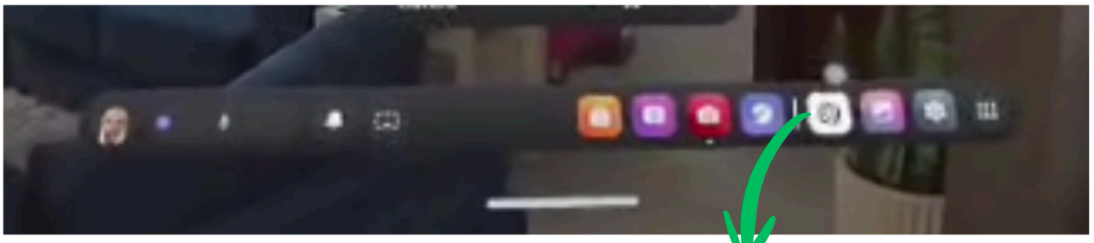
Getúlio Vargas, RS, ____ de _____ de 2026.

APÊNDICE D - *Card* Informativo

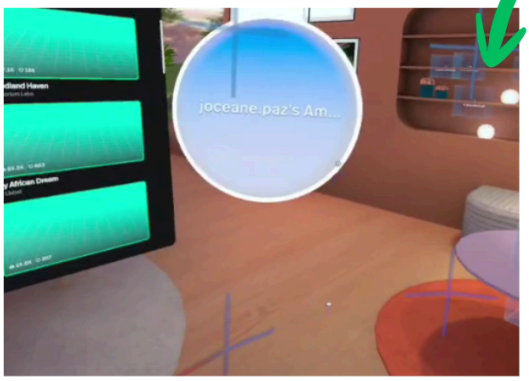


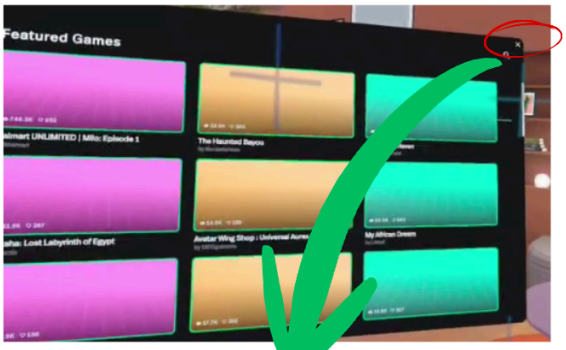


Selecionar câmera - clicar em gravar - aparecerá um ponto vermelho no canto superior direito



Selecionar Spatial

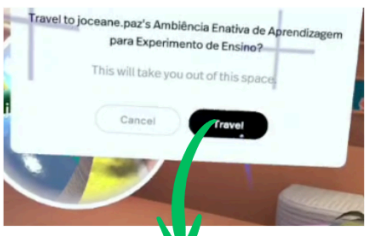




Fechar selecionando “x”



Apontar e clicar no portal



Apontar e clicar “Travel”

Para inserir anotações - olhar para baixo - vizualizará a tela

