GOVERNO DO ESTADO DE MATO GROSSO
SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA – PPGECM

O AMBIENTE *GEOGEBRA.ORG* E AS CONTRIBUIÇÕES DA TEORIA DE REGISTROS DE REPRESENTAÇÕES SEMIÓTICAS PARA O ENSINO DE POLIEDROS

KARINI VOLKMER DOS SANTOS

Barra do Bugres, MT
Outubro de 2025

KARINI VOLKMER DOS SANTOS

O AMBIENTE *GEOGEBRA.ORG* E AS CONTRIBUIÇÕES DA TEORIA DE REGISTROS DE REPRESENTAÇÕES SEMIÓTICAS PARA O ENSINO DE POLIEDROS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) – Campus de Barra do Bugres/MT.

Orientador: Prof. Dr. William Vieira Gonçalves.

Linha de Pesquisa: Tecnologias Digitais no Ensino de Ciências e Matemática.

Barra do Bugres, MT
Outubro de 2025

Ficha catalográfica elaborada pela Supervisão de Bibliotecas da UNEMATCatalogação de Publicação na Fonte.
UNEMAT - Unidade padrão

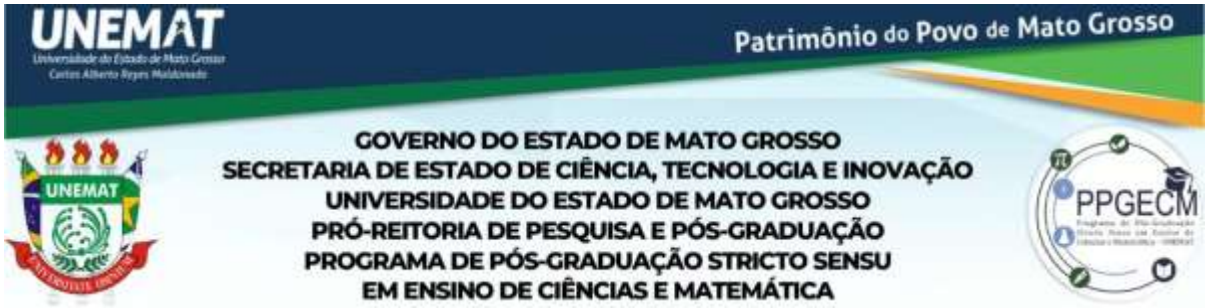
S237a Santos, Karini Volkmer Dos.

O AMBIENTE GEOGEBRA.ORG E AS CONTRIBUIÇÕES DA TEORIA DE REGISTROS DE REPRESENTAÇÕES SEMIÓTICAS PARA O ENSINO DE POLIEDROS / Karini Volkmer Dos Santos. – Cáceres, 2026.
140f.: il.

Universidade do Estado de Mato Grosso "Carlos Alberto Reyes Maldonado", Ensino de Ciências e Matemática/BBG-PPGECM – Barra do Bugres - Mestrado Academico, Campus Universitário De Barra Do Bugres "Deputado Renê Barbour".
Orientador: William Vieira Gonçalves.

1. Ambiente GeoGebra.org. 2. Registro de Representação Semiótica. 3. Ensino de Poliedros. 4. Engajamento. I. Gonçalves, William Vieira. II. Título.

UNEMAT / MTSCB CDU 514.113.5



KARINI VOLKMER DOS SANTOS

O AMBIENTE GEOGEBRA.ORG E AS CONTRIBUIÇÕES DA TEORIA DE REGISTROS DE REPRESENTAÇÕES SEMIÓTICAS PARA O ENSINO DE POLIEDROS.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências e Matemática – PPGECM - da Universidade do Estado de Mato Grosso CARLOS ALBERTO REYES MALDONADO, *Câmpus* Univ. Dep. Est. “Renê Barbour” – Barra do Bugres - MT, como requisito obrigatório para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Aprovado em: 11 de dezembro de 2025.

BANCA EXAMINADORA

gov.br Documento assinado digitalmente
WILLIAM VIEIRA GONCALVES
Data: 18/12/2025 12:38:51-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. William Vieira Gonçalves (PPGECM/UNEMAT)
Orientador

gov.br Documento assinado digitalmente
DIEGO PIASSON
Data: 17/12/2025 22:36:41-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Diego Piasson (PPGECM/UNEMAT)
Examinador Interno

gov.br Documento assinado digitalmente
LORIEGE PESSOA BITENCOURT
Data: 15/12/2025 18:22:27-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profª. Dra. Loriége Pessoa Bitencourt (PPGEdu/UNEMAT)
Examinadora Interna à In

AGRADECIMENTOS

A jornada até aqui foi marcada pelo apoio de muitas pessoas especiais, a quem dedico minha mais profunda gratidão. Este trabalho não seria possível sem a contribuição, direta ou indireta, de cada uma delas.

À Deus, em primeiro lugar, por ter me dado fé, perseverança e sabedoria. Sua graça iluminou meus caminhos nos momentos de incerteza, amparou-me nas dificuldades e renovou minha coragem para superar cada desafio desta trajetória. Um agradecimento especial a Nossa Senhora, a Mãezinha que, com seu colo e amor, me amparou e sustentou em todos os momentos de fragilidade.

À minha família, meu alicerce e maior incentivo, dedico um agradecimento especial. À minha mãe, Niseia, inspiração de vida, que me ensinou o valor da determinação e a nunca desistir dos meus sonhos. Ao meu esposo, Hugo, meu porto seguro, por sua paciência e apoio incondicional. Aos meus filhos, Mariana e Davi, a luz da minha vida, obrigada pela compreensão carinhosa e por me ensinarem que o amor se multiplica, mesmo quando o tempo se divide. Esta conquista também é de vocês.

Aos meus amigos e demais familiares, que me cercaram de carinho e palavras de incentivo, meu muito obrigado. Cada um de vocês foi essencial para manter meu ânimo.

Expresso minha profunda admiração e gratidão ao meu orientador Dr. William Vieira Gonçalves. Agradeço por sua confiança em meu trabalho e por compartilhar generosamente seu tempo e conhecimento. Agradeço por sua orientação, que não apenas iluminou o caminho desta pesquisa, mas também impactou minha jornada de crescimento pessoal e profissional.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação (PPGECM), sou grata por cada ensinamento que ampliou meus horizontes. Aos meus colegas de turma, agradeço pela jornada compartilhada, pelo companheirismo e pelo apoio mútuo. Vocês foram, sem dúvida, uma providência divina em meu caminho.

À Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) e ao PPGECM, Campus de Barra do Bugres – Renê Barbour, meu reconhecimento pela oportunidade e pela excelência do ambiente acadêmico.

Finalmente, a todos que, de alguma forma, fizeram parte desta história, meu mais sincero e profundo agradecimento.

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi investigar de que maneira o ambiente *GeoGebra.org*, à luz da Teoria dos Registros de Representação Semiótica, pode favorecer o ensino de poliedros, promover o engajamento de alunos do 3° ano do Ensino Médio e alinhar-se às habilidades da BNCC. Para alcançar o objetivo da pesquisa, constituímos a seguinte questão norteadora: de que forma as funcionalidades do ambiente dinâmico GeoGebra.org à luz da Teoria dos Registros de Representação Semiótica, podem favorecer o ensino de poliedros, alinhando-se às habilidades da BNCC, bem como despertar o engajamento dos alunos do 3° ano do Ensino Médio? Metodologicamente, trata-se de um estudo qualitativo, no qual foi aplicada uma Sequência Didática em formato de livro digital, intitulado "Poliedros Interativos" no ambiente *GeoGebra.org* e um questionário *online* no *Google Forms* aos alunos do 3° Ano do Ensino Médio da Escola Estadual Professor João Batista – Tangará da Serra – MT. O *corpus* final da análise foi constituído por 91 registros audiovisuais e 7 respostas ao questionário, provenientes de 7 alunos. Os dados foram tratados e importados ao *software MaxQda.* A codificação e a análise dos dados, foram administradas utilizando o *MaxQda* e a Análise Textual Discursiva (ATD) na perspectiva de Moraes e Galiazzi (2016). Da análise emergiram seis categorias: (i) Apropriação das Funcionalidades do GeoGebra e a Exploração Visual; (ii) Desafios no uso do Ambiente *GeoGebra* na Exploração de Poliedros; (iii) Transições entre Registros de Representação Semiótica; (iv) Rupturas e Incongruências no Processo de Conversão; (v) Manifestações de Engajamento e Comunicação Matemática; e (vi) Fenômenos de Passividade e Incomunicabilidade Matemática. Os resultados indicam que a pesquisa atingiu seu objetivo, validando o uso da Sequência Didática no ambiente *GeoGebra.org* como uma significativa oportunidade para os alunos explorarem representações matemáticas em diversos registros. O ambiente mostrou-se um recurso potente para o ensino de Poliedros; contudo, sua eficácia depende de uma intervenção pedagógica consciente. Esta deve, além de explorar as funcionalidades, enfrentar ativamente as barreiras da conversão semiótica e promover o engajamento discente. A análise audiovisual revelou envolvimento cognitivo e afetivo, além da fluidez nas transições semióticas, evidenciando uma compreensão conceitual flexível.

Palavras-chave: Ambiente *GeoGebra*.org. Registro de Representação Semiótica. Ensino de Poliedros. Engajamento.

ABSTRACT

The objective of this research was to investigate how the G*eoGebra.org* environment, in light of the Theory of Semiotic Representation Registers, can help the teaching of Polyhedra, promote the engagement of 3rd-year High School students and align with the skills estabilished by the National Common Curricular Base (BNCC). To achieve the research objective, the following guiding question was formulated: in what ways can the features of the dynamic GeoGebra.org environment, in light of the Theory of Semiotic Representation Registers, enhance the teaching of polyhedra, aligning with the National Common Curricular Base skills, as well as foster the engagement of 3rd year High School students? Methodologically, this is a qualitative and exploratory study, in which the Interactive Polyhedra Didactic Sequence was applied through a digital book using the GeoGebra.org environment, and an online questionnaire on Google Forms was administered to 3rd year High School students at the Professor João Batista State School in Tangará da Serra – MT. The final *corpus* for analysis consisted of 91 audiovisual recordings and 7 questionnaire responses from 7 students. The data were processed and imported into MaxQda software. The coding and analysis of the data were managed using *MaxQda* and Discursive Textual Analysis from the perspective of Moraes and Galiazzi (2016). Six categories emerged from the analysis: (i) Appropriation of GeoGebra's Features and Visual Exploration; (ii) Challenges in using the GeoGebra Environment for Polyhedra Exploration; (iii) Transitions between Semiotic Representation Registers; (iv) Ruptures and Incongruities in the Conversion Process; (v) Manifestations of Engagement and Mathematical Communication; and (vi) Phenomena of Passivity and Mathematical Incommunicability. The results indicate that the research achieved its objective, validating the use of Didatic Sequence within the *GeoGebra.org* environment as a significant opportunity for students to explore mathematical representations across various records. The *GeoGebra.org* environment proved to be a powerful resource for teaching of Polyhedra; however, its effectiveness is contingent upon a conscious pedagogical intervention. This intervention must, in addition to exploring the functionalities, actively confront the barriers of semiotic conversion and promote the student engagement. The audiovisual analysis revealed cognitive and affective involvement, alongside fluidity in semiotic trnsitions, thus demonstrating a flexible conceptual understanding.

Keywords: *GeoGebra.org*. Environment. Semiotic Representation Register. Teaching of Polyhiedra. Engagement.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação figural do quadrado de lado x. 23
Figura 2: Representação geométrica de $x2$ 24
Figura 3- Classificação das unidades figurais elementares 25
Figura 4 - Janelas de Visualização do Geogebra 30
Figura 5 - *Layout* inicial para composição de uma folha de Atividade 31
Figura 6 - Atividade a ser atribuída como Tarefa 32
Figura 7- Tarefa atribuída utilizando o Gloogle *Classroom* 32
Figura 8 - Tarefa atribuída utilizando o comando Tarefa 33
Figura 9 - *Layout* da visão que o professor tem no acompanhamento dos alunos 34
Figura 10 - Resposta de uma atividade atribuída. 34
Figura 11 - Livro Digital Poliedros Interativos 43
Figura 12 - Introdução do Questionário 46
Figura 13 - Tela inicial do MaxQda versão 2018 47
Figura 14 - Área de trabalho do *software* MaxQda 48
Figura 15 - Encontro das aulas da Sequência Didática 49
Figura 16 - Primeira lista de códigos emergentes 50
Figura 17 - Frequência dos códigos na análise dos 130 arquivos audiovisuais 50
Figura 18 - Frequência dos códigos na análise dos 91 arquivos audiovisuais 51
Figura 19 - Fases estruturadas da Análise Textual Discursiva 52
Figura 20 - Lista de documentos importados para o *software* MaxQda 54
Figura 21- Lista de códigos emergentes 55
Figura 22 - Categoria: Apropriação das Funcionalidades do GeoGebra e a Exploração Visual e as subcategorias 59
Figura 23 - Frequência de cada subcategoria da categoria 1 59
Figura 24 - Excerto da interação de A1 na atividade realizada no Segundo Encontro - Tarefa 1 60
Figura 25 - Excerto da interação de A1 na atividade realizada no Segundo Encontro - Tarefa 2 61
Figura 26 - Excerto da interação de A1 na atividade realizada no Segundo Encontro - Tarefa 5 61

Figura 27- Excerto da interação de A2 na atividade realizada no Primeiro Encontro - Tarefa 1 63
Figura 28 - Excerto da interação de A2 na atividade realizada no Primeiro Encontro - Tarefa 1 63
Figura 29 - Excerto da interação de A2 na atividade realizada no Segundo Encontro - Tarefa 4 64
Figura 30 - Excerto da interação de A2 na atividade realizada no Segundo Encontro - Tarefa 5 65
Figura 31 - Excerto da interação de A3 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 1 66
Figura 32 - Excerto da interação de A3 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 4 67
Figura 33 - Excerto da interação de A4 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 1 68
Figura 34 - Excerto da interação de A4 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 5 68
Figura 35 - Excerto da interação de A4 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa *6* 69
Figura 36 - Excerto da interação de A5 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 1 70
Figura 37 - Excerto da interação de A5 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 5 71
Figura 38 - Excerto da interação de A6 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 5 72
Figura 39 - Excerto das interações de A6 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 1 72
Figura 40- Excerto das interações de A7 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 1 73
Figura 41 - Excerto das interações de A7 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 3 74
Figura 42 - Categoria: Desafios no uso do Ambiente GeoGebra na Exploração de Poliedros e as subcategorias 76
Figura 43 - Frequência de cada subcategoria da categoria 2 76

Figura 44 - Excerto das interações de A1 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 6 77
Figura 45 - Excerto das interações de A2 na atividade realizada no Terceiro Encontro – Tarefa 2 78
Figura 46 - Excerto das interações de A3 na atividade realizada no Terceiro Encontro – Tarefa 2 79
Figura 47 - Excerto das interações de A4 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 4 80
Figura 48 - Categoria: Transições entre Registros de Representação Semiótica e as subcategorias 82
Figura 49 - Frequência de cada subcategoria da categoria 2 82
Figura 50 - Excerto das interações de A1 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 2 83
Figura 51 - Excerto das interações de A1 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 5 84
Figura 52 - Excerto das interações de A1 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 2 85
Figura 53 - Excerto das interações de A2 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 4 86
Figura 54 - Excerto das interações de A3 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 2 87
Figura 55 - Excerto das interações de A4 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 5 88
Figura 56 - Excerto das interações de A5 na atividade realizada no Terceiro Encontro – Tarefa 2 89
Figura 57 - Excerto das interações de A6 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 2 90
Figura 58 - Excerto das interações de A7 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 2 91
Figura 59 - Categoria: Rupturas e Incongruências no Processo de Conversão 93
Figura 60 - Excerto das interações de A1 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 5 94
Figura 61 - Excerto das interações de A2 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 2 95

Figura 62 - Excerto das interações de A3 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 5 96
Figura 63 - Excerto das interações de A4 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 5 97
Figura 64 - Excerto das interações de A5 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 3 98
Figura 65 - Excerto das interações de A6 na atividade realizada no Terceiro Encontro – Tarefa 2 99
Figura 66 - Excerto das interações de A7 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 2 100
Figura 67 - Categoria: Manifestações de Engajamento e Comunicação Matemática e as subcategorias 102
Figura 68 - Frequência de cada subcategoria da categoria 5 102
Figura 69 - Excerto das interações de A1 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 1 103
Figura 70 - Excerto das interações de A2 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 5 104
Figura 71 - Excerto das interações de A2 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 5 105
Figura 72 - Excerto das interações de A3 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 3 106
Figura 73 - Pesquisa realizada por A3 107
Figura 74 - Excerto das interações de A4 na atividade realizada no Terceiro Encontro – Tarefa 2 (Hexaedro) 108
Figura 75 - Excerto das interações de A4 na atividade realizada no Terceiro Encontro – Tarefa 2 (Dodecaedro) 109
Figura 76 - Excerto das interações de A5 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 5 110
Figura 77 - Excerto das interações de A6 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 2 111
Figura 78 - Excerto das interações de A6 na atividade realizada no Terceiro Encontro – Tarefa 1 112
Figura 79 - Excerto das interações de A7 na atividade realizada no Terceiro Encontro – Tarefa 2- 113

Figura 80 - Categoria: Fenômenos de Passividade e Incomunicabilidade Matemática 115
Figura 81 - Excerto das interações de A3 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 2 116
Figura 82 - Excerto das interações de A5 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 5 117
Figura 83 - Excerto das interações de A6 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 6 117
Figura 84 - Excerto das interações de A7 na atividade realizada no Terceiro Encontro – Tarefa 1 118

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Representação da superfície de um Cubo ou Hexaedro Regular 26
Quadro 2 - Detalhamento da sequência didática. 41
Quadro 3 - Descrição do livro digital "Poliedros Interativos". 43
Quadro 4 - Questionário respondido 46
Quadro 5 - Excertos da Resposta de A1 Pertencentes à Categoria 1 60
Quadro 6 - Excertos da Resposta de A2 Pertencentes à Categoria 1 62
Quadro 7 - Excertos da Resposta de A3 Pertencentes à Categoria 1 65
Quadro 8 - Excertos da Resposta de A4 Pertencentes à Categoria 1 67
Quadro 9 - Excertos da Resposta de A5 Pertencentes à Categoria 1 69
Quadro 10 - Excertos da Resposta de A6 Pertencentes à Categoria 1 71
Quadro 11 - Excertos da Resposta de A7 Pertencentes à Categoria 1 73
Quadro 12 - Excertos da Resposta de A1 Pertencentes à Categoria 2 77
Quadro 13 - Excertos da Resposta de A2 Pertencentes à Categoria 2 78
Quadro 14 - Excertos da Resposta de A3 Pertencentes à Categoria 2 79
Quadro 15 - Excertos da Resposta de A4 Pertencentes à Categoria 2 80
Quadro 16 - Excertos da Resposta de A1 Pertencentes à Categoria 3 83
Quadro 17 - Excertos da Resposta de A2 Pertencentes à Categoria 3 85
Quadro 18 - Excertos da Resposta de A3 Pertencentes à Categoria 3 86
Quadro 19 - Excertos da Resposta de A4 Pertencentes à Categoria 3 87
Quadro 20 - Excertos da Resposta de A5 Pertencentes à Categoria 3 88
Quadro 21 - Excertos da Resposta de A6 Pertencentes à Categoria 3 89
Quadro 22 - Excertos da Resposta de A7 Pertencentes à Categoria 3 91
Quadro 23 - Excertos da Resposta de A1 Pertencentes à Categoria 5 103
Quadro 24 - Excertos da Resposta de A2 Pertencentes à Categoria 5 103
Quadro 25 - Excertos da Resposta de A3 Pertencentes à Categoria 5 105
Quadro 26 - Excertos da Resposta de A4 Pertencentes à Categoria 5 107
Quadro 27 - Excertos da Resposta de A5 Pertencentes à Categoria 5 109
Quadro 28 - Excertos da Resposta de A6 Pertencentes à Categoria 5 110
Quadro 29 - Excertos da Resposta de A7 Pertencentes à Categoria 5 113

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 16

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 19

2.1 ABORDAGEM SEMIÓTICA DA APRENDIZAGEM MATEMÁTICA: FUNDAMENTOS NA TEORIA DE DUVAL E A GEOMETRIA 20

2.2 O AMBIENTE *GEOGEBRA.ORG* 28

2.3 MOTIVAÇÃO E ENGAJAMENTO NO CONTEXTO ESCOLAR 36

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 38

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA 38

3.2 PROCEDIMENTOS DE PRODUÇÃO, CONSTITUIÇÃO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS 39

3.2.1 LOCAL E PARTICIPANTES 39

3.2.2 ASPECTOS ÉTICOS E PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS 40

3.2.3 IMPLEMENTAÇÃO, ESTRUTURA E CRONOGRAMA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA 40

3.2.4 PROCEDIMENTOS DE INTERVENÇÃO E COLETA DE DADOS 45

3.2.5 PROCESSAMENTO E *SOFTWARE* DE ANÁLISE 47

3.2.6 ORGANIZAÇÃO DO CORPUS E CODIFICAÇÃO 48

3.3 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS 51

3.4 OS MOVIMENTOS DE CATEGORIZAÇÃO DOS DADOS 53

4 . ANÁLISES E RESULTADOS 57

4.1 CATEGORIA 1: APROPRIAÇÃO DAS FUNCIONALIDADES DO GEOGEBRA E A EXPLORAÇÃO VISUAL 58

4.2 CATEGORIA 2: DESAFIOS NO USO DO AMBIENTE *GEOGEBRA* NA EXPLORAÇÃO DE POLIEDROS 75

4.3 CATEGORIA 3: TRANSIÇÕES ENTRE REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA 81

4.4 CATEGORIA 4: RUPTURAS E INCONGRUÊNCIAS NO PROCESSO DE CONVERSÃO 92

4.5 CATEGORIA 5: MANIFESTAÇÕES DE ENGAJAMENTO E COMUNICAÇÃO MATEMÁTICA 101

4.6 CATEGORIA 6: FENÔMENOS DE PASSIVIDADE E INCOMUNICABILIDADE MATEMÁTICA 114

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 120

REFERÊNCIAS 125

ANEXO A 130

ANEXO B 134

ANEXO C 137

1. INTRODUÇÃO

O ensino de Geometria Espacial representa um desafio persistente na Educação Básica, dada a complexidade inerente à visualização e manipulação de objetos tridimensionais, que muitas vezes se limitam a representações bidimensionais em materiais didáticos e lousas. A superação dessas dificuldades perpassa a articulação dos Registros de Representação Semiótica.

Sob esse prisma, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), ao incluir a Geometria como um dos eixos estruturantes do componente curricular de Matemática, reforça a necessidade de desenvolver o pensamento geométrico, a visão espacial e a capacidade de realizar conversões entre diferentes representações, exigindo do professor um olhar aprofundado sobre como as práticas pedagógicas podem mediar a construção dos conceitos de Geometria Espacial, em alinhamento com as competências e habilidades propostas pelo documento normativo.

A motivação para a realização desta pesquisa reside na trajetória profissional e acadêmica da pesquisadora, cuja afinidade com a docência foi inicialmente inspirada pela mãe, uma pedagoga. A formação de base foi consolidada com a graduação em Ciências/Matemática na Universidade de Cuiabá (UNIC), concluída em 2003, seguida de uma especialização em Educação Matemática na mesma instituição.

A inserção efetiva na carreira docente ocorreu em 2007, após a aprovação em concurso público da Secretaria de Estado de Educação de Mato Grosso (SEDUC-MT), com atuação no município de Tangará da Serra/MT, na mesma unidade escolar onde concluiu o ensino fundamental. A busca pelo aprimoramento profissional prosseguiu com a realização de duas especializações adicionais, uma em Ensino de Matemática, pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), e outra em Coordenação Pedagógica, pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

A experiência docente na Educação Básica expôs a pesquisadora a desafios persistentes relacionados à baixa participação e ao reduzido engajamento dos alunos nas aulas de Matemática. Essa constatação suscitou a necessidade de investigar e implementar estratégias pedagógicas inovadoras que pudessem potencializar a prática docente e promover um envolvimento mais significativo dos estudantes com o componente curricular.

Cônscia da necessidade de aperfeiçoamento, a pesquisadora iniciou seu percurso na Pós-Graduação *Stricto Sensu.* No ano de 2023, cursou a disciplina de Metodologia Científica como aluna especial no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECM) e, após ser aprovada no processo seletivo, ingressou no mestrado na turma de 2024.

Essa trajetória acadêmica culminou na presente proposta de pesquisa, que se fundamenta na Teoria dos Registros de Representação Semiótica de Raymond Duval (2009). Essa teoria estabelece que a aprendizagem matemática depende intrinsecamente da capacidade do aluno de reconhecer articular as diversas representações (língua natural, figuras, símbolos algébricos) de um objeto, por meio dos processos de conversão e coordenação.

Nesse contexto, as tecnologias digitais surgem como aliadas poderosas. O *software* de matemática dinâmica *GeoGebra.org*, materializa a aplicação da teoria de Duval (2009), pois permite que os estudantes manipulem objetos, visualizem relações espaciais e observem, em tempo real, as conversões entre as representações gráfica, algébrica e tridimensional. Como sobreleva Gravina (1996), o caráter dinâmico dessa ferramenta transforma os processos cognitivos, promovendo novas formas de pensamento e criação.

A justificativa para a presente pesquisa assenta-se em dois pilares. O primeiro é o alinhamento com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018), que incentiva o uso de tecnologias digitais para a elaboração e resolução de questões de geometria. O segundo pilar é a lacuna curricular identificada após a análise do material didático fornecido pela Secretaria de Estado de Educação de Mato Grosso (SEDUC-MT): a ausência de abordagens sobre Poliedros nos cadernos do Ensino Médio. Essa lacuna, por sua vez, legitima a proposição e aplicação da sequência didática "Poliedros Interativos".

Diante do exposto, esta pesquisa tem como objetivo geral investigar de que maneira o ambiente *GeoGebra.org*, à luz da Teoria dos Registros de Representação Semiótica, pode favorecer o ensino de poliedros, promover o engajamento de alunos do 3° ano do Ensino Médio e alinhar-se às habilidades da BNCC.

Para tanto, foram delineados os seguintes objetivos específicos: analisar como a visualização, simulação e interação no ambiente *GeoGebra.org* podem despertar o engajamento dos alunos no ensino dos conceitos de poliedros, explorando diferentes representações semióticas; e examinar como diferentes registros de representações semióticas de ideias matemáticas auxiliam a estabelecer a comunicação e discussão dos conceitos sobre poliedros.

Nessa esteira, a questão norteadora que orienta este trabalho é: de que forma as funcionalidades do *GeoGebra.org*, sob a perspectiva da Teoria dos Registros de Representação Semiótica, podem favorecer o ensino de poliedros, alinhando-se às habilidades da BNCC e despertando o engajamento de alunos do 3° ano do Ensino Médio?

Este estudo encontra-se estruturado em seis capítulos, descritos a seguir:

Capítulo I – Introdução: Apresenta as motivações da pesquisa, sua justificativa, a relevância da intervenção pedagógica, os objetivos, a questão norteadora e a estrutura geral do trabalho;

Capítulo II – Fundamentação Teórica: Aborda os alicerces teóricos que sustentam a pesquisa, contemplando a Teoria dos Registros de Representação Semiótica, os fundamentos da Geometria Espacial, o potencial do ambiente *GeoGebra* e os conceitos de motivação e engajamento no contexto escolar;

Capítulo III – Procedimentos Metodológicos: Detalha a caracterização da pesquisa de natureza qualitativa, os procedimentos de produção e organização dos dados, a metodologia de análise e os processos de categorização;

Capítulo IV – Análise e Resultados: Expõe a análise, discussão e os resultados obtidos a partir da aplicação da Análise Textual Discursiva (ATD) de Moraes e Galiazzi (2016), instrumentalizada pelo *software MAXQDA* 2018;

Capítulo V – Considerações Finais: Veicula as sínteses interpretativas das categorias analisadas, discute os resultados em relação aos objetivos propostos e aponta sugestões para pesquisas futuras;

Referências: Lista as obras e autores que compuseram o referencial teórico e metodológico desta pesquisa;

Três Anexos: Parecer Consubstanciado da Comissão de Ética em Pesquisa (CEP); Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) e Termo de Assentimento Livre Esclarecido (TALE).

Em linhas gerais, a presente pesquisa propõe-se a preencher uma lacuna curricular e pedagógica no ensino de Geometria Espacial, ao investigar o potencial do *software GeoGebra.org* como mediador da aprendizagem de poliedros, sob a lente da Teoria dos Registros de Representação Semiótica, de Duval (2009). O estudo tenciona contribuir para o aprimoramento das práticas docentes, oferecendo uma sequência didática inovadora e alinhada à Base Nacional Comum Curricular (BNCC), com o propósito de fomentar o engajamento discente e o desenvolvimento do pensamento geométrico de alunos do Ensino Médio.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A construção do conhecimento matemático, em toda a sua complexidade e profundidade, relaciona-se indissociavelmente à forma como o pensamento é organizado, expresso e compreendido. Historicamente, a evolução da matemática revela essa interdependênica, descortinando que o desenvolvimento da área está intimamente ligado à criação e ao aprimoramento de seus sistemas de representação, desde as intuições geométricas da Antiguidade até a formalização simbólica da ciência moderna. Nesse percurso, as representações semióticas consolidaram-se não como meros instrumentos de comunicação, mas como componentes estruturantes da própria cognição matemática, essenciais para a apreensão e para a produção de novos saberes.

Considerando essa centralidade, este capítulo inicia-se com a seção 2.1 Abordagem Semiótica da Aprendizagem Matemática: Fundamentos na Teoria de Duval e a Geometria. Esse tópico aprofunda a Teoria dos Registros de Representação Semiótica, de Raymond Duval (2009), tomando-a como referencial para compreender de que modo a coordenação entre diferentes sistemas de representação, figurais, simbólicos ou em linguagem natural, é vital não apenas para a comunicação, mas, sobretudo, para os processos cognitivos implicados na construção do conhecimento matemático. Tal discussão enfatiza o campo da Geometria, cujo entendimento demanda intensa mobilização e articulação de saberes.

Na sequência, sobressai a necessidade de examinar os recursos que potencializam esse processo de interação e significação. Logo, a seção 2.2 O ambiente Geogebra.org, dedica-se a discutir o papel dos *softwares* de geometria dinâmica. Esse ambiente digital, reconhecido por sua versatilidade e pela integração entre geometria e álgebra, configura-se como um espaço propício à experimentação, à conjectura e à validação de propriedades matemáticas, favorecendo práticas investigativas e interativas. Ademais, sua consonância com as diretrizes da BNCC e os recursos de colaboração e acompanhamento pedagógico, como o *GeoGebra Classroom*, reforçam seu potencial para promover experiências que ampliem a participação discente e a mediação docente.

Por fim, após a discussão dos fundamentos cognitivos e das ferramentas tecnológicas que apoiam o conhecimento matemático, torna-se imprescindível direcionar o olhar para os aspectos psicopedagógicos que mobilizam o estudante em seu percurso educacional. Nesse sentido, a seção 2.3 Motivação e engajamento no contexto escolar aprofunda a reflexão sobre dois construtos interligados e decisivos para o sucesso acadêmico: a motivação e o engajamento. Compreender as forças internas e externas que impulsionam o aluno, bem como

as múltiplas dimensões de seu envolvimento ativo – comportamental, emocional e cognitivo – revela-se indispensável para a concepção de práticas pedagógicas que, para além da transmissão de conteúdos, inspirem, sustentem e potencializem o desejo de aprender, delineando, assim, sua dimensão estratégica no ambiente escolar.

2.1 ABORDAGEM SEMIÓTICA DA APRENDIZAGEM MATEMÁTICA: FUNDAMENTOS NA TEORIA DE DUVAL E A GEOMETRIA

A história do pensamento matemático é caracterizada por uma progressiva formalização e diversificação de seus sistemas de representação. Nos períodos da Antiguidade Clássica e da Idade Média, o raciocínio matemático fundamentava-se predominantemente na intuição geométrica, entendida como a capacidade de visualizar, conceber e manipular objetos e relações espaciais. Nesse contexto, os processos de demonstração e explanação do conhecimento eram indissociáveis da linguagem retórica, que operava como o principal veículo representacional, indispensável para a sua validação, comunicação e transmissão rigorosa.

O advento da Idade Clássica assinalou uma inflexão paradigmática na linguagem matemática. A emergência da escrita simbólica, notadamente a álgebra, catalisou a constituição de um pensamento matemático distintamente moderno, alicerçado na racionalidade e na organização sistêmica. Tal modalidade representacional instituiu uma perspectiva formal, resultando em um arcabouço cognitivo estruturado por uma linguagem convencional e rigorosamente formalizada. Concomitantemente, as figuras geométricas adquiriram um novo modo de representação com a instauração de uma concepção de espaço em perspectiva (Flores, 2003).

Depreende-se dessa evolução histórica que as representações assumiram centralidade epistemológica no desenvolvimento do conhecimento matemático. Conforme postulado por Serfati (1997), a partir de Leibniz[1], o registro da escrita simbólica consolidou-se como o *locus* da experiência para a comunidade matemática, tornando a prática da disciplina indissociável da manipulação de registros de representação semiótica. Disso decorre que a noogênese matemática — a produção de novos conhecimentos — torna-se dependente da criação e da

[1] Gottfried Wilhelm Leibniz nasceu em Leipzig, Alemanha (1646-1716). Ele foi reconhecido como o gênio universal de seu tempo, filósofo e cientista que trabalhou nos campos da matemática, geologia, teologia, mecânica, história, jurisprudência, e linguística. Disponível em: https://sites.fem.unicamp.br/~em313/paginas/person/leibniz.htm Acesso em 21 out. 2025

diferenciação de registros estruturados em sistemas semióticos específicos, como a linguagem natural, sistemas de numeração e códigos iconográficos. Essa exigência é evidenciada pela contínua invenção de novos registros, que vão desde linguagens formais a construtos imagéticos como figuras geométricas, gráficos e esquemas. Tais registros possuem uma natureza inerentemente semiótica, visto que sua produção e interpretação são regidas por sistemas de regras, convenções e códigos intrínsecos (Serfati, 1997).

Essa centralidade epistemológica das representações no pensamento matemático encontra uma fundamentação teórica robusta para a análise dos processos de aprendizagem na Teoria dos Registros de Representação Semiótica de Raymond Duval (2009), que serve como alicerce para esta pesquisa. Segundo o autor, a compreensão da Matemática se estabelece por meio de uma relação intrínseca com as representações semióticas. Essas representações, como gráficos, diagramas, esquemas, figuras geométricas, notações numéricas e algébricas, e símbolos para relações e operações, além de serem ferramentas para externalizar o pensamento para fins de comunicação, são elementos essenciais para a atividade cognitiva.

Conforme explicita Duval (2003), representações semióticas são produções constituídas por signos pertencentes a um sistema de representação específico, que lhes confere significado. Partindo dessa premissa, a efetivação da compreensão matemática, mediada pela intenção docente, demanda que o estudante desenvolva a competência de reconhecer os múltiplos registros de representação de um mesmo conceito.

A função das representações não se restringe à comunicação; elas são, fundamentalmente, essenciais à atividade cognitiva do pensamento, como aprofunda Duval (2012b, p. 4). Neste contexto, seu papel é primordial:

> - no desenvolvimento das representações mentais: estas dependem de uma interiorização de representações semióticas, do mesmo modo que as representações mentais são uma interiorização daquilo que é percebido (Vygotsky, 1962; Piaget 1968);
> - na realização de diferentes funções cognitivas: a função de objetivação (expressão particular) que é independente daquela de comunicação (expressão para outrem), e a função de tratamento que não pode ser preenchida pelas representações mentais (algumas atividades de tratamento são diretamente ligadas à utilização de sistemas semióticos, por exemplo, o cálculo);
> - a produção de conhecimentos: as representações semióticas permitem representações radicalmente diferentes de um mesmo objeto, na medida em que elas podem atender sistemas semióticos totalmente diferentes. (Benveniste, 1979, Bresson 1978). Assim, o desenvolvimento das ciências está ligado a um desenvolvimento de sistemas semióticos cada vez mais específicos e independentes da língua natural (Granger, 1979).

Duval (2011) associa as representações semióticas à "face oculta" da matemática, onde se manifestam os gestos intelectuais dos alunos. A análise desses gestos faculta o aprendizado

da “face exposta” da matemática, que abrange os conteúdos curriculares.

Uma Representação Semiótica, conforme Duval (2009), ocorre quando o sujeito evoca algo ausente ou comunica uma ideia por meio de signos, que são marcas ou sinais regidos por regras específicas de cada sistema semiótico. Esse mesmo autor ressalta a relevância dessas Representações Semióticas para a compreensão da aprendizagem matemática em um contexto cognitivo. Para isso, o indivíduo deve coordenar diferentes sistemas de Representações Semióticas que se referem ao mesmo objeto matemático. Essa habilidade é essencial para expressar conceitos matemáticos em diversos sistemas semióticos, como números em escrita decimal, fracionária ou binária, expressões algébricas e enunciados de problemas em linguagem natural.

Segundo Duval (2009), a s*emiósis* refere-se à apreensão ou produção de uma representação, enquanto a *noésis* concerne à apreensão conceitual do objeto matemático. A relação entre s*emiósis* e *noésis* é basilar para a aprendizagem, uma vez que a *noésis* depende da *semiósis*. Como o autor frisa: “Não há noésis sem semiósis, quer dizer, não há noésis sem o recurso a uma pluralidade ao menos potencial de sistemas semióticos.” (Duval, 2009, p.18).

De acordo com tais constatações a chave para a compreensão de um objeto matemático reside na coordenação de pelo menos duas representações semióticas. Essa coordenação é evidenciada pela agilidade e naturalidade da atividade cognitiva na conversão entre os registros, exemplificada pela conversão de uma expressão algébrica em um gráfico e o reconhecimento do tipo de variação em um registro (“a”) e seu efeito no outro (“b”). Para que um sistema semiótico se torne um registro de representação, ele deve possibilitar três atividades cognitivas essenciais: formação, tratamento e conversão de representações (Duval, 2009).

A formação implica em “[...] uma seleção no conjunto de caracteres e determinações que queremos apresentar.” (Duval, 2009, p. 53). A formação de representações depende da escolha de elementos e da definição de como representá-los, seja para “exprimir” uma representação mental, seja para “evocar” um objeto real. Cada sistema semiótico possui regras internas que orientam essa construção e são primordiais para a criação das operações básicas. A título de exemplo, em matemática, o registro $x + 3 = 10$ representa uma equação na linguagem algébrica, e a identificação desse registro como equação cumpre a função de formação.

O tratamento refere-se à transformação dessa representação no interior do mesmo sistema semiótico em que foi formada. O tratamento mobiliza, portanto, apenas um registro de representação. Duval (2009, p. 57) afirma que “[...] um tratamento é uma transformação de representação interna a um registro de representação b ou a um sistema.” No exemplo anterior,

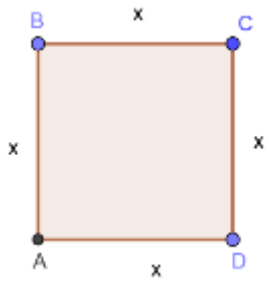
o tratamento do registro de representação seria realizado da seguinte maneira:

$$x + 3 = 10$$
$$x + 3 - 3 = 10 - 3$$
$$x = 7$$

O registro inicial $x + 3 = 10$ passa por uma transformação, resultando no registro final de $x = 7$. Essa transformação cumpre as regras específicas do sistema semiótico das expressões algébricas, aplicáveis no caso das equações.

A conversão, por sua vez, envolve a transformação de um objeto matemático de um sistema semiótico para outro, o que pode implicar na preservação total ou parcial da informação original. Duval (2009, p. 59) a define como "[...] uma transformação externa em relação ao registro da representação de partida." Essa habilidade é elementar para a compreensão da matemática, pois permite que os alunos visualizem o mesmo conceito sob diferentes vieses. Exemplificando, ao calcular a área de um quadrado de lado x, o primeiro ponto consiste na construção de um registro figural, conforme ilustrado na figura 1.

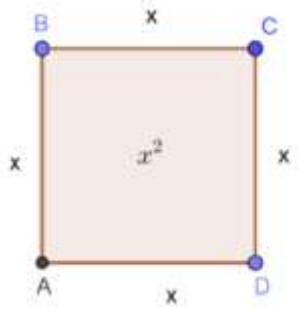
Figura 1: Representação figural do quadrado de lado x.



Fonte**:** Autora (2024).

Nesse exemplo, o tratamento, que é uma transformação interna ao registro, ocorreu dentro do sistema algébrico, convertendo a expressão $x \, . \, x$ para o monômio x^2. Já a conversão, que é uma transformação externa ao registro original, torna-se evidente quando o aluno traduz x^2 em uma representação visual, como a apresentada na figura 2.

Figura 2: Representação geométrica de x^2



Fonte**:** Autora (2024).

Essa representação geométrica, na qual o monômio $p(x)=x^2$ passa a expressar a área de uma região, elucida como cada termo da expressão representa uma área distinta. Para Duval (2012a), essa distinção entre a representação geométrica e a algébrica, cada qual seguindo suas próprias regras, é a primeira fonte de dificuldade para a compreensão da matemática, pois a representação geométrica aparece independente da representação algébrica e obedece a regras que lhe são próprias. Considerando essa ótica, a conversão constitui um desafio para muitos alunos. Reconhecer um mesmo objeto matemático em diferentes representações exige um esforço consciente e a habilidade de integrar diversas variáveis cognitivas relevantes.

A compreensão, à luz de Duval (2009), está intimamente ligada à capacidade de reconhecer um objeto em suas múltiplas manifestações. Para que isso seja possível, é pertinente propiciar ao aprendiz a oportunidade de explorar as diferentes representações de um mesmo conceito e observar como elas se inter-relacionam. Desse modo, a compreensão de um objeto matemático é atingida quando o aluno é capaz de mobilizar duas representações distintas de um mesmo objeto.

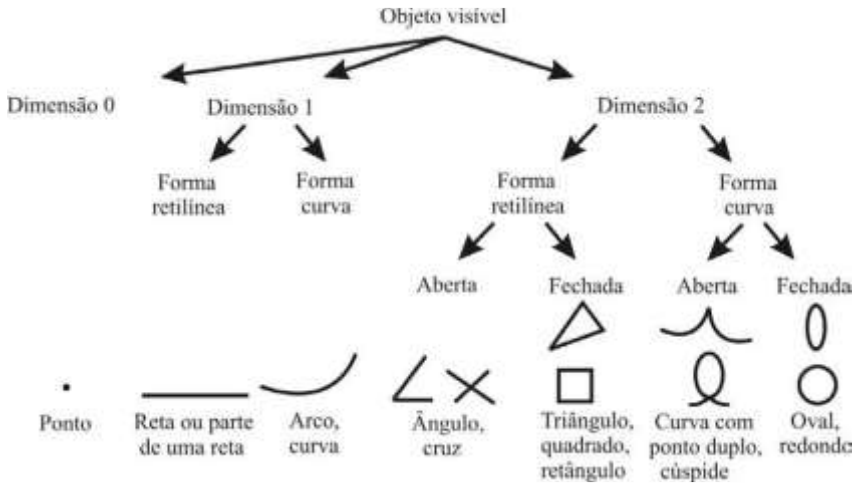
O processo de compreensão da geometria, segundo Duval (2011), distingue-se por sua complexidade singular, uma vez que demanda do estudante a coordenação de três registros cognitivos interdependentes: a apreensão figural (o olhar), a discursiva (a linguagem) e a instrumental (o gesto). A apreensão figural concerne à interpretação visual e ao reconhecimento das propriedades de um objeto geométrico. A apreensão discursiva, por sua vez, corresponde ao domínio conceitual de definições, axiomas e teoremas. Por fim, o gesto envolve a ação física ou instrumental para construir ou manipular as figuras. Portanto, é a necessidade de articular simultaneamente a visualização, a conceitualização teórica e a manipulação prática que confere à geometria seus desafios intrínsecos para o ensino e a aprendizagem, diferenciando-a de outras áreas da matemática.

A construção do conhecimento matemático, segundo Duval (2004), depende da complementaridade indissociável entre os registros discursivo e figural. Contudo, uma figura é inerentemente polissêmica – capaz de evocar múltiplos conceitos. Torna-se, portanto, indispensável o recurso ao discurso para desambiguar a representação, especificando o objeto matemático em análise. Essa mútua dependência é perfeitamente sintetizada por Duval (2004) na máxima de que "não há desenho sem legenda" Duval (2004, p. 168).

Duval (2004) postula que toda figura geométrica se articula a partir de unidades figurais elementares, as quais se distinguem em duas categorias: as dimensionais (métricas) e as qualitativas (configuracionais). Estas últimas englobam propriedades morfológicas — como o formato retilíneo ou curvo de um segmento — e topológicas, como a condição de um contorno ser aberto ou fechado. A própria epistemologia da Geometria se fundamenta na primazia da análise dessas propriedades qualitativas, visto que conceitos como congruência e semelhança dependem da invariância da forma, independentemente das dimensões absolutas.

A Figura 3, a seguir, mostra a classificação de unidades figurais elementares que constituem uma figura geométrica.

Figura 3- Classificação das unidades figurais elementares



Fonte: DUVAL (1995, p. 177)

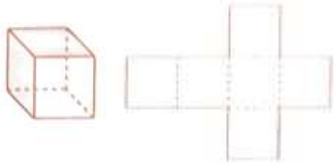
O domínio desta classificação é fundamental para habilitar o estudante a realizar uma análise qualitativa de figuras geométricas, capacitando-o a decompor o todo e a identificar seus elementos constituintes em dimensões inferiores, como pontos, retas, curvas, ângulos e polígonos. Essa habilidade corresponde precisamente ao que Duval (2011 p.87) define como "ver geometricamente uma figura é operar uma desconstrução dimensional das formas que reconhecemos imediatamente em outras formas que não enxergamos à primeira vista".

Conforme argumenta Duval (2003), a gênese da dificuldade de aprendizagem,

observada em todos os níveis de ensino, encontra-se fundamentalmente nas atividades cognitivas que exigem a transformação de representações entre registros distintos (conversão) ou a articulação simultânea de informações provenientes de múltiplos registros (coordenação).

Em sua análise sobre a cognição em matemática, Duval (2003) distingue três registros fundamentais para a representação de sólidos geométricos. O primeiro é o registro figural, que materializa o objeto por meio de suas representações geométricas bi e tridimensionais. O segundo, o registro simbólico, formaliza suas propriedades por meio de notações numéricas e expressões algébricas. Por fim, o registro em língua natural permite a descrição verbal de definições, a construção de argumentações e a formulação de enunciados, conferindo o arcabouço conceitual ao objeto matemático.

Quadro 1 - Representação da superfície de um Cubo ou Hexaedro Regular

Registro da Língua Natural	Registro Figural	Registro Simbólico
A área da superfície total de um cubo é formada por 6 regiões quadradas de lado com medida de comprimento a.		$A_T = 6a^2$

Fonte**:** Dante (2020, p. 85)

O Quadro 1 ilustra a aplicação de uma abordagem de ensino baseada em múltiplos registros, detalhando como as representações da superfície de um cubo (hexaedro regular) são sistematicamente exploradas por meio das atividades de uma sequência didática.

Nesta senda, Duval (2009) argumenta que a construção de figuras geométricas reclama a distinção entre o desenho e a figura, intimando processos cognitivos específicos. Quando essa construção ocorre em um ambiente digital, o domínio do *software*, que integra elementos textuais e visuais, está diretamente relacionado à capacidade de transformar e vincular diferentes formas de representação. Por conseguinte, os processos de reconfiguração e desconstrução dimensional, que consistem em identificar as partes constituintes de uma figura, tornam-se capitais para a realização da tarefa.

Nos ambientes computacionais dinâmicos, a capacidade de manipular objetos matemáticos e observar as consequências visuais em tempo real transforma a exploração e a experimentação em processos acessíveis ao aprendiz. Assim, a tecnologia digital não atua como um mero apêndice ilustrativo, mas como um catalisador que redefine a própria prática matemática em sala de aula. Nessa linha de raciocínio, Borba (2011, p. 70) argumenta que:

> Os computadores não são apenas assistentes dos matemáticos, mas transformam a natureza da própria Matemática, e, portanto, são vistos como atores do coletivo pensante. No contexto da Educação Matemática, a visualização é parte dos processos de ensino e aprendizagem, de produção matemática dos alunos. [...] A visualização é considerada como um recurso para a compreensão matemática, e o computador pode ser usado para testar conjecturas, para calcular e para decidir questões que têm informações visuais como ponto de partida. (Borba, 2011, p.70).

Neste contexto, Duval (2011), afirma que a representação de objetos geométricos em ambientes computacionais não configura a emergência de um novo registro semiótico, mas sim uma potencialização do registro figural tradicional. Isso ocorre porque a apreensão da figura, seja em meio digital ou físico, exige do sujeito as mesmas operações cognitivas de desconstrução dimensional. Não obstante, a dinamicidade inerente aos *softwares* de geometria confere uma vantagem instrumental, otimizando a velocidade e a eficiência com que essas operações de visualização são realizadas.

A contribuição dos computadores para a produção de representações semióticas, segundo Duval (2011 p. 37), reside principalmente na "[...] função de simulação*"*. Embora as representações exibidas em computadores sejam "[...] as mesmas que aquelas produzidas graficamente no papel", "[...] a aceleração dos tratamentos" e a manipulação direta dessas representações como se fossem objetos concretos abrem novas perspectivas para a experimentação e a compreensão de fenômenos complexos. Nesse contexto, o autor destaca que:

> Podemos deslocá-las, ao fazê-la rodar, ou estendê-la a partir de um ponto. Esse aspecto "dinâmico" é apenas uma consequência da potência ilimitada do tratamento. Mas, ele permite desempenhar uma função que nenhum dos outros modos fenomenológicos permite: a função de simulação. Extremamente importante fora da matemática, essa função de simulação permite a exploração heurística de problemas matemáticos (Duval, 2011, p. 137, grifo do autor).

No *software GeoGebra*, as construções geométricas são regidas por suas propriedades fundamentais. Essa característica permite aos estudantes investigar e compreender tais propriedades com uma clareza que os métodos tradicionais, como o quadro e o giz, dificilmente proporcionam. Adicionalmente, a dinamicidade da ferramenta potencializa a manipulação de representações não discursivas, tornando a exploração mais interativa.

Na subseção subsequente, serão analisados o ambiente computacional *GeoGebra*, suas potencialidades como ferramenta mediadora e suas implicações pedagógicas para a construção do conhecimento matemático.

2.2 O AMBIENTE *GEOGEBRA.ORG*

Os *softwares* educativos que permitem a manipulação direta de objetos na tela, como o recurso "arrastar", impelem a construção ativa do conhecimento pelos alunos, exortando a experimentação e a descoberta. Gravina (1996) sublinha o papel desses recursos na superação de dificuldades, em particular na geometria, uma vez que permitem que os estudantes testem suas ideias e verifiquem resultados de forma imediata. Gravina (1996, p. 05) sugere:

> Vamos emergir uma nova forma de ensinar e aprender Geometria, a partir da exploração experimental viável somente em ambientes informatizados, os alunos conjecturam e, com o feedback constante oferecido pela máquina, refinam ou corrigem suas conjecturas, chegando a resultados que resistem ao 'desenho em movimento', passando então para a fase abstrata de argumentação e demonstração matemática.

A construção geométrica em um ambiente computacional dinâmico difere fundamentalmente do ato de desenhar à mão livre. Enquanto o desenho manual busca apenas se aproximar de uma forma ideal, a construção em *softwares* como o *GeoGebra* parte das próprias definições e propriedades que constituem os objetos matemáticos. Essa abordagem, baseada em dependências lógicas em vez de coordenadas fixas, é o que confere ao ambiente seu caráter exploratório e investigativo, transformando cada figura em um modelo dinâmico. Este princípio operacional e seu profundo impacto didático são detalhados por Gravina (1996, p. 6), que ressalta que em softwares como o *GeoGebra:*

> [...] os desenhos de objetos e configurações geométricas são feitos a partir das propriedades que os definem. Através de deslocamentos aplicados aos elementos que compõe o desenho, este se transforma, mantendo as relações geométricas que caracterizam a situação. Assim, para um dado objeto ou propriedade, temos associada uma coleção de "desenhos em movimento", e os invariantes que aí aparecem correspondem às propriedades geométricas intrínsecas ao problema. E este é o recurso didático importante oferecido: a variedade de desenhos estabelece harmonia entre os aspectos conceituais e figurais; configurações geométricas clássicas passam a ter multiplicidade de representações; propriedades geométricas são descobertas a partir dos invariantes no movimento.

A BNCC confere que "[...] os *softwares* de geometria dinâmica têm um papel essencial para a compreensão e utilização das noções matemáticas", oferecendo uma contribuição marcante para o desenvolvimento de múltiplas habilidades (BRASIL, 2017, p. 276). Nesse contexto, o *GeoGebra* destaca-se como um dos principais representantes desses softwares.

GeoGebra, uma aglutinação das palavras geometria e álgebra, é um *software* de matemática dinâmica gratuito e multiplataforma, disponível em www.geogebra.or. Criado por Markus Hohenwarter em 2001, na *Universitat* Salzburg na Áustria, como parte de seu projeto de mestrado, o *GeoGebra* é projetado para ser utilizado em ambiente de sala de aula (Scaldelai, 2014). Com uma comunidade de milhões de usuários em praticamente todos os países, o

GeoGebra tornou-se um líder na área de *softwares* de matemática dinâmica, apoiando o ensino e a aprendizagem em Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM), e promovendo inovações no ensino e aprendizagem (Gonçalves, 2016).

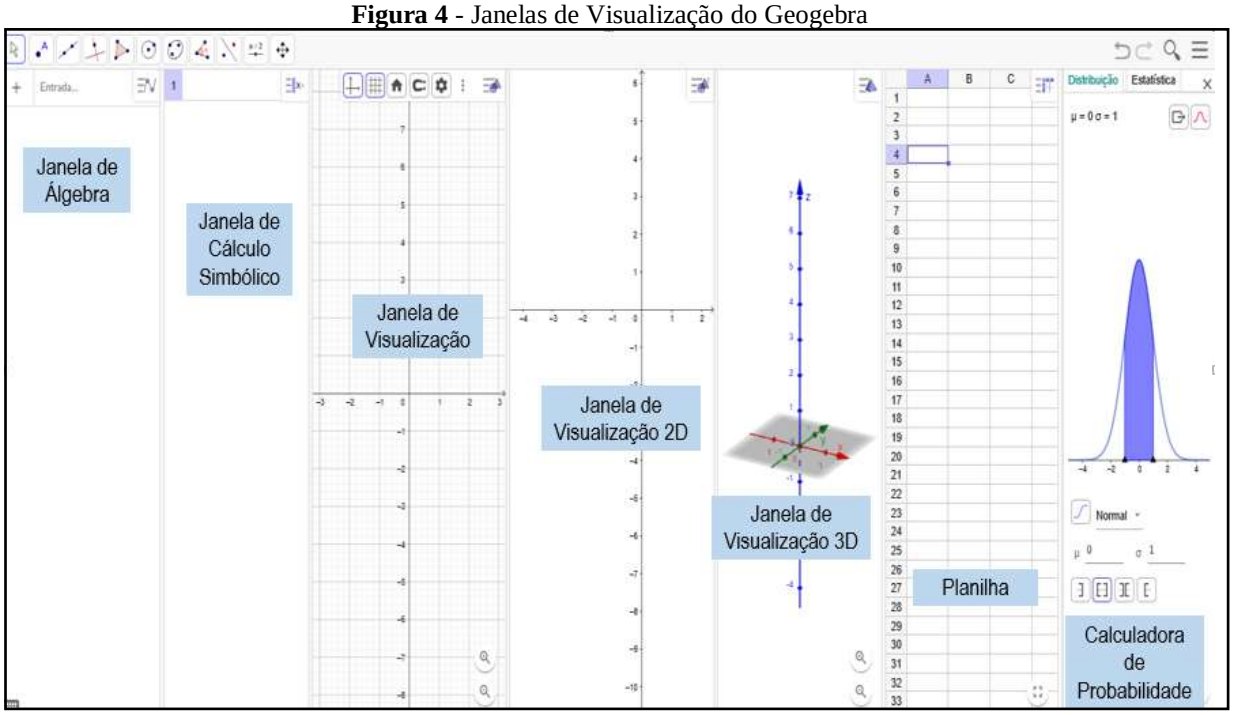
O *software GeoGebra* caracteriza-se por sua notável versatilidade, sendo aplicável a todos os níveis de ensino. Sua natureza como ferramenta de matemática dinâmica viabiliza "seu uso em diversas áreas da matemática, programação, criação de jogos, aplicações em áreas artísticas, engenharias e estatística" (Bragagnollo, 2018). Essa ampla gama de aplicações é possível porque o *software* integra "funcionalidades específicas para: geometria bi e tridimensional; álgebra elementar e linear; gráficos cartesianos, polares e isométricos; probabilidade; estatística e matemática financeira, em um único pacote" (Gonçalves, 2016, p. 35).

O *GeoGebra* oferece uma plataforma *online* com mais de 1 milhão de recursos gratuitos em vários idiomas. Esses recursos podem ser facilmente compartilhados por meio da plataforma de colaboração *GeoGebra* Tarefa, que permite o monitoramento em tempo real do progresso dos alunos. O *software* oferece uma interface com ferramentas organizadas em torno de conceitos matemáticos, utilizando diferentes registros de representação para o mesmo objeto. Essas ferramentas interagem entre si, facilitando a construção do conhecimento matemático por meio da interação com os recursos disponíveis.

Para Gonçalves (2016), o *software GeoGebra* faculta a criação de objetos e representações a partir de processos e ferramentas que simulam construções com régua e compasso, oferecendo uma visualização das correspondências entre representação algébrica e geométrica. Segundo o autor, os usuários podem criar e interagir com objetos a partir de comandos, cujas sintaxes aproximam-se da notação matemática tradicional utilizada em contextos científicos e educacionais. Sob esse prisma, o *GeoGebra* fomenta uma pluralidade de prismas sobre educação matemática entre seus usuários, apoiando o engenho criativo nas construções e impelindo discussões dentro desse ambiente.

A interface intuitiva do *GeoGebra*, organizada em diferentes janelas como ilustra a Figura 4, permite ao usuário criar objetos bidimensionais e tridimensionais, bem como realizar cálculos numéricos, algébricos e estatísticos. Sua principal característica , segundo Bortolossi (2016), reside na capacidade de promover a interação dinâmica entre as diferentes representações de um mesmo objeto.

Figura 4 - Janelas de Visualização do Geogebra



Fonte: A autora (2025).

O *software GeoGebra*, possui sete interfaces visuais, apresentadas na Figura 5, são elas: janela de álgebra; janela do cálculo simbólico *CAS*, janela de visualização, janelas de visualização 2D e 3D, planilha eletrônica e a calculadora de probabilidade.

Essa versatilidade e dinamicidade do ambiente *GeoGebra.org* permite ao estudante manipular objetos geométricos, experimentar, conjecturar e validar propriedades em um ambiente interativo. Nesse sentido, Bussolotto (2019) defende que este *software*:

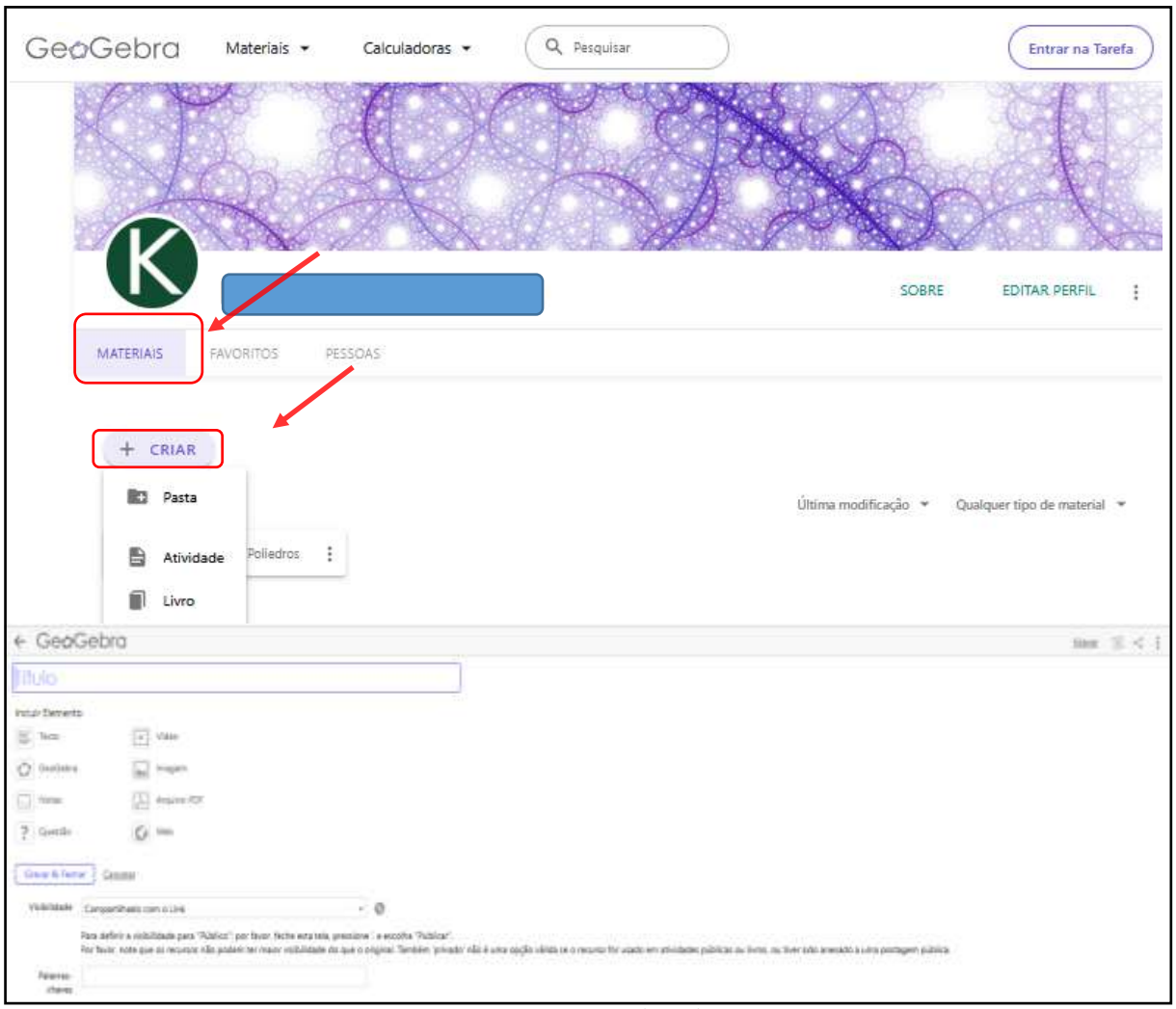
> mostra-se uma ferramenta que relaciona os conceitos matemáticos inerentes à Geometria a explorações, manipulações e visualizações, sejam elas planas ou espaciais. Este recurso, considerado um ambiente de matemática dinâmica, proporciona a dinamicidade das construções, exigindo que as propriedades geométricas das figuras construídas se mantenham. (Bussolotto, 2019, p.14)

Recentemente, o *software* lançou o *GeoGebra Classroom*, uma sala de aula virtual, que permite um *feedback* imediato entre professor e aluno. Conforme, Lima e Siple: “Trata-se de uma ferramenta que disponibiliza recursos para utilização em conjunto com plataformas de ensino a distância como Zoom, Google Meet, Webex, entre outras.” (Lima e Siple, 2021, p. 2). Essa funcionalidade cria um ambiente interativo onde os professores podem monitorar o progresso dos alunos de forma instantânea, além de poder designar horários para as respostas e pausar as interações, caso necessário, possibilitando um aprendizado mais dinâmico e engajador.

De acordo com Lima e Siple (2021), a plataforma GeoGebra funciona como um vasto repositório colaborativo, que centraliza materiais educacionais desenvolvidos por uma

comunidade global de pesquisadores, professores e estudantes. Esses recursos podem ser diretamente implementados ou adaptados para diferentes contextos pedagógicos. Uma funcionalidade central destacada pelo autor é a ferramenta "Grupos", que emula um ambiente de aprendizagem virtual onde é possível compartilhar folhas de trabalho interativas, denominadas "Atividades". Tais atividades são estruturadas com elementos de tarefa diversos, como vídeos, hiperligações, questões de múltipla escolha, dissertativas, ou *applets* interativos. O processo para sua elaboração, conforme descrito, inicia-se no perfil do usuário, na seção "Materiais", onde se seleciona a opção "Criar Atividade" para então compor a tarefa com os componentes instrucionais necessários. A Figura 5 ilustra o *layout* inicial para composição de uma folha de Atividade.

Figura 5 - Layout inicial para composição de uma folha de Atividade

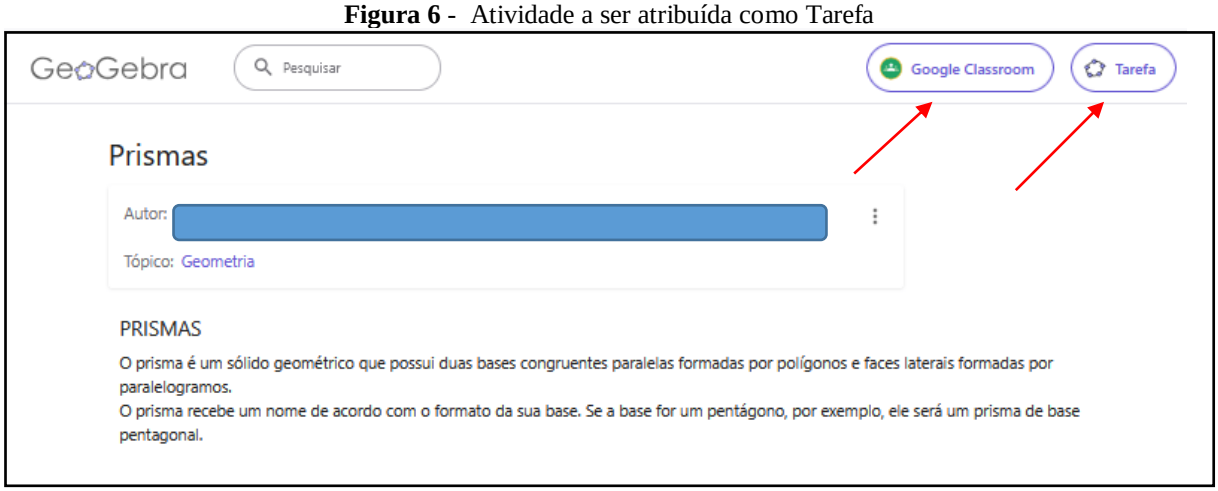


Fonte: A autora (2025)

O professor pode criar uma Atividade no site GeoGebra, utilizar atividades disponíveis livremente ou ainda adaptar atividades já prontas. Estas atividades podem conter elementos

como applets ou perguntas. A Figura 6 apresenta uma atividade para ser atribuída no *Gloogle Classroom* como Tarefa.

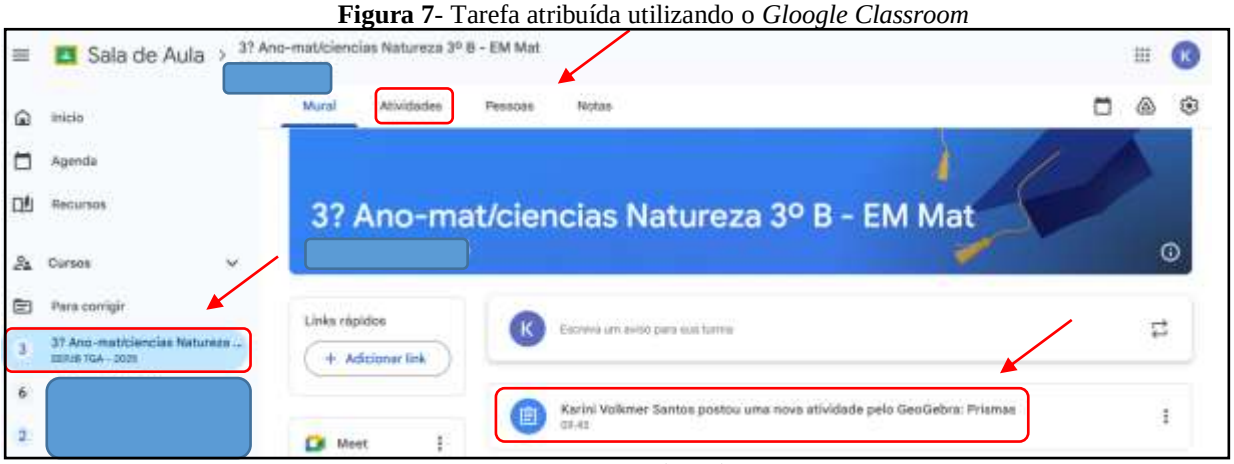
Figura 6 - Atividade a ser atribuída como Tarefa



Fonte**:** A autora (2025)

Para atribuir a Tarefa desejada, o professor ou usuário ao escolher o ícone *Gloogle Classroom* será direcionado a fazer o *login* com uma conta *Google*, após fazer, deve escolher a turma a ser atribuída, em seguida a Tarefa será atribuída nu Mural da página da Sala de aula da turma, e estará disponível para sua realização, conforme mostra a Figura 7, a seguir.

Figura 7- Tarefa atribuída utilizando o *Gloogle Classroom*



Fonte: A autora (2025)

Caso o usuário ou professor desejar atribuir a Atividade utilizando o comando Tarefa, deverá clicar no mesmo e será direcionado a uma página “Criar Nova Tarefa”, inserir o título e se a atividade for de múltipla escolha, poderá selecionar se deseja que as respostas corretas possam ver visualizadas pelo aluno. Na sequência será aberta outra página que contém o *link* da Tarefa e o código da mesma, o professor pode escolher qual deseja compartilhar com os alunos para que possa acessar e realizar a Tarefa. Também tem acesso ao recurso “Pausa”, que

permite ao professor interromper momentaneamente a atividade para garantir a atenção dos alunos durante sua explanação. Esse mecanismo é fundamental para fornecer *feedback*, esclarecer dúvidas e promover discussões coletivas sobre a tarefa ou o conteúdo da aula. Ademais possui a ferramenta "Ocultar Nomes". A Figura 8 apresenta a Tarefa atribuída utilizando o comando Tarefa.

Figura 8 - Tarefa atribuída utilizando o comando Tarefa



Fonte: A autora (2025)

Por meio da ferramenta *GeoGebra Classroom* o docente obtém uma visão detalhada e atualizada do trabalho discente, o que inclui monitorar a evolução de cada tarefa e identificar o *status* de engajamento dos alunos, distinguindo entre aqueles que iniciaram a atividade e os que se encontram pendentes. Para o monitoramento consolidado da Tarefa, a ferramenta dispõe da funcionalidade "Visão Geral", conforme Figura 9. Essa interface exibe um sumário do progresso da turma, indicando a resposta da atividade de cada aluno.

Figura 9 - *Layout* da visão que o professor tem no acompanhamento dos alunos



Fonte: A autora (2025)

O sistema oferece modalidades de visualização distintas, ajustadas ao formato de cada tarefa. Para questões de múltipla escolha, os dados são consolidados em gráficos estatísticos. No caso de questões discursivas, as respostas são apresentadas textualmente na íntegra. Por fim, em atividades de simulação, o progresso é evidenciado pelo registro da interação final do estudante com a ferramenta. A figura 10 apresenta a resposta de uma atividade atribuída.

Figura 10 - Resposta de uma atividade atribuída.



Fonte**:** A autora (2025)

A Figura 10 ilustra o conjunto de respostas fornecidas pelos alunos a um item de resposta aberta. A identidade dos estudantes foi preservada, sendo cada participante designado

por uma nomenclatura numérica sequencial (Estudante 1, Estudante 2), a fim de garantir a confidencialidade dos dados. Lima e Siple (2021) afirmam que uma funcionalidade adicional relevante é a opção de ocultar a identificação dos participantes ao exibir as respostas, promovendo discussões construtivas e minimizando possíveis constrangimentos relacionados a erros ou dificuldades de aprendizagem.

Corroborando essa perspectiva, Reis (2022) destaca que a principal potencialidade do *GoeGebra Classroom* manifesta-se em seu modo de utilização síncrono, que faculta ao docente o acompanhamento em tempo real das produções discentes em aplicações do *GeoGebra,* das respostas submetidas às questões propostas e da análise de dados agregados, como gráficos de frequência de respostas para itens de múltipla escolha. O sistema oferece múltiplas interfaces de visualização: a "Visão Geral Inicial" possibilita acompanhar o desenvolvimento da atividade dos participantes; a "Visão Geral das Tarefas" informa o progresso agregado da turma por meio de uma barra de status dinâmica; e a "Visão de Tarefa" individualizada permite a análise detalhada do trabalho de cada discente. Essa granularidade de observação capacita o docente a realizar diagnósticos que fundamentam a priorização de intervenções pedagógicas e a oferta de *feedback* direcionado.

A dispensa de registro prévio por parte dos alunos constitui uma potencialidade estratégica da ferramenta *GeoGebra*. Essa característica viabiliza o acesso direto dos estudantes aos conteúdos e tarefas – disponibilizados pelo docente por meio de um *hiperlink* –, removendo barreiras de entrada e otimizando a implementação de atividades pedagógicas.

A plataforma *GeoGebra,* conforme Oliveira (2024), assegura sua acessibilidade e promove a inclusão por meio da implementação de recursos de tecnologia assistiva. Funcionalidades como o suporte nativo a leitores de tela, a personalização de teclas de atalho e as opções de ajuste de contraste de cores são projetadas para mitigar barreiras de usabilidade. Dessa forma, indivíduos com deficiências motoras, visuais, auditivas ou cognitivas podem interagir com o software de maneira autônoma, o que viabiliza uma experiência de aprendizagem equitativa e significativa.

O ambiente *GeoGebra.org*, juntamente com sua plataforma *Classroom*, constitui um sistema pedagógico ideal para o ensino de geometria espacial, pois não apenas otimiza o tempo e incentiva a exploração de conceitos, mas também favorece a interação entre estudantes e professores. A natureza dinâmica do *software* transcende a mera colaboração ao possibilitar a gravação dos procedimentos executados pelos alunos durante a construção de um conceito. Este recurso é de duplo valor: fomenta a autorreflexão do estudante sobre suas próprias estratégias e, simultaneamente, oferece ao professor dados concretos para uma análise diagnóstica. Com

base na análise do percurso de desenvolvimento do estudante, o docente pode identificar as razões subjacentes à sua compreensão ou dificuldade, habilitando-o a realizar intervenções pedagógicas direcionadas e a propor novas atividades que promovam a efetiva construção do conhecimento.

2.3 MOTIVAÇÃO E ENGAJAMENTO NO CONTEXTO ESCOLAR

O presente subcapítulo dedica-se à análise dos construtos de motivação e engajamento, fundamentando-se em algumas literaturas. O objetivo é delinear as definições conceituais de ambos os termos e, subsequentemente, discutir sua importância estratégica no contexto escolar.

A análise do conceito de motivação inicia-se, pertinentemente, por sua raiz etimológica. Conforme aponta Maximiano (2004), o termo deriva do latim *motivus* ou *motivare*, que significa "mover". Este sentido original descreve o processo pelo qual o comportamento humano é impulsionado, estimulado ou energizado por uma determinada razão ou motivo. Expandindo essa noção fundamental, Balancho e Coelho (1996) afirmam que a motivação é tudo o que desperta, dirige e condiciona a conduta, por isso, ela é tida como um elemento fundamental no uso de recursos do indivíduo, de modo a se alcançar um objetivo.

A motivação é compreendida como um construto dinâmico e hipotético que explica as forças, tanto internas quanto externas, que levam à mudança, à persistência e à consecução de um comportamento orientado a um objetivo. No contexto educacional, ela se revela um indicador fundamental da qualidade da aprendizagem, pois, como aponta Celestino (2011), um aluno motivado participa ativamente de seu processo formativo e se engaja na superação de desafios.

Essas disposições motivacionais, segundo Ryan e Deci (2000), são moldadas por uma complexa interação de necessidades e contextos, classicamente divididas em duas categorias principais: a motivação intrínseca e a extrínseca. A primeira diz respeito ao impulso que vem de dentro do indivíduo, enquanto a segunda se refere a estímulos externos.

A motivação intrínseca refere-se ao engajamento em uma atividade pela satisfação inerente à sua execução, conforme Ryan e Deci (2000). Neste caso, a conduta do indivíduo é impulsionada pelo interesse, divertimento ou pelo desafio que a tarefa proporciona, e não por pressões ou recompensas. Os autores afirmam que este tipo de motivação está fundamentalmente associado à satisfação das necessidades psicológicas básicas de competência, autonomia e relacionamento.

Em contrapartida, a motivação extrínseca ocorre quando o indivíduo é movido por fatores externos à tarefa. Conforme aponta Guimarães (2004), a ação é guiada pela expectativa de uma recompensa (material ou social) ou pela necessidade de evitar punições. No ambiente escolar, isso se manifesta quando o aluno estuda para obter boas notas, elogios e prêmios, evidenciando como seu esforço está atrelado a resultados externos, e não à atividade de aprender em si.

Em decorrência de seu impacto no comportamento discente, a motivação é frequentemente mobilizada por educadores como uma estratégia indispensável para fomentar o engajamento. Este, por sua vez, é conceituado como o nível de envolvimento do estudante com as atividades educacionais (Wilwert, 2020) e representa um fator determinante para o sucesso da formação acadêmica, conectando a disposição intrínseca do aluno aos resultados educacionais almejados.

O engajamento escolar pode ser compreendido como um conceito multifacetado que se manifesta em três vertentes principais: comportamental, emocional e cognitiva, na perspectiva de Fredricks, Blumenfeld e Paris (2004). No âmbito comportamental, ele se traduz pela participação efetiva em atividades escolares, o que é fundamental para evitar o abandono dos estudos e promover o sucesso acadêmico. A faceta emocional abrange a qualidade das relações e o sentimento de pertencimento à comunidade escolar, impactando diretamente a disposição do aluno para aprender. Já a dimensão cognitiva envolve o investimento intelectual e a prontidão para compreender novos conteúdos e desenvolver habilidades.

Em síntese, a análise apresentada demonstra que a motivação transcende sua origem etimológica de “mover”, consolidando-se como um construto psicológico fundamental que direciona a conduta discente. A distinção entre suas vertentes intrínseca, associada à satisfação inerente à tarefa, e extrínseca, vinculada a contingências externas, revela a complexidade dos fatores que impulsionam o aluno. Evidencia-se, ademais, que a motivação não é um fim em si mesma, mas um catalisador essencial para o engajamento. Este último, por sua vez, é apresentado como um fenômeno multidimensional — abrangendo as esferas comportamental, emocional e cognitiva. Dessa forma, a articulação estratégica entre a promoção da motivação e o cultivo do engajamento emerge como um pilar para o sucesso do processo de ensino e aprendizagem, determinando não apenas o desempenho, mas a qualidade da experiência formativa do estudante.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo apresenta o delineamento metodológico da pesquisa, descrevendo, de maneira sistemática os percursos adotados em sua execução. Inicialmente, expõe-se a caracterização do estudo; em seguida, delineiam-se os procedimentos de produção dos dados, bem como a constituição e a organização do *corpus.* Na sequência, explicita-se a metodologia de análise, culminando na explicitação dos processos de categorização dos dados.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A presente pesquisa adota uma abordagem metodológica qualitativa, orientada pelo pressuposto de que a produção do conhecimento emerge da interação entre o pesquisador e o contexto investigado. Em consonância com Moraes e Galiazzi (2016), parte-se do entendimento de que há influência recíproca entre o objeto de estudo e o processo de construção do conhecimento, atribuindo centralidade aos significados produzidos nesse movimento.

O enfoque qualitativo visa aprofundar a compreensão das nuances das ações e experiências humanas, valorizando a interpretação que os sujeitos conferem aos fenômenos vivenciados. Nessa direção, Borba e Araújo (2012) afirmam que esse tipo de pesquisa privilegia descrições densas, que primam pelos significados atribuídos às ações.

A pesquisa qualitativa sustenta-se, ainda, na premissa de um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito, relação que não pode ser traduzida a dados numéricos (Silva e Menezes, 2001). Por essa razão, a abordagem, como avulta Creswell (2007), adota o ambiente natural como principal fonte de dados, e o pesquisador, por sua vez, assume papel decisivo nos processos de coleta, intrepretação e análise.

Prodanov e Freitas (2013) corroboram essa perspectiva ao afirmarem que a pesquisa qualitativa estabelece “uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito”, no qual o ambiente se converte em fonte direta de dados. Consequentemente, as questões são estudadas no contexto em que se apresentam, “[...] sem qualquer manipulação intencional do pesquisador” (Prodanov e Freitas, 2013, p. 70). Como a ênfase reside na interpretação e na atribuição de significados, privilegia-se o processo em detrimento do produto, buscando observar *como* um problema se revela nas interações cotidianas. Por esse viés, os dados gerados são, portanto, predominantemente descritivos e analisados de forma indutiva, valorizando a complexidade das experiências humanas, que não se restringem à mensuração.

A pesquisa caracteriza-se como exploratória, uma vez que se propõe a investigar a aplicabilidade do ambiente *GeoGebra.org* como uma ferramenta digital para aprimorar o ensino de poliedros, associada às diferentes representações semióticas. Conforme Gil (2002), o estudo exploratório "[...] objetiva proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses" (p. 41). Desse modo, ao aprofundar a análise sobre o uso desse recurso no contexto educacional, a investigação busca evidenciar potencialidades, desafios e implicações pedagógicas que transcendem o domínio técnico, favorecendo a reflexão, o engajamento discente e o desenvolvimento do pensamento espacial geométrico.

3.2 PROCEDIMENTOS DE PRODUÇÃO, CONSTITUIÇÃO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Este subcapítulo descreve o percurso metodológico empregado para a realização da pesquisa, contemplando a caracterização do campo e dos participantes, os procedimentos éticos adotados, a estrutura e a logística de aplicação da Sequência Didática e, finalmente, as técnicas utilizadas para a produção e organização do *corpus* empírico. Buscando assegurar rigor e transparência ao processo investigativo, a seção culmina na delimitação da amostra de dados que será submetida à análise qualitativa aprofundada.

3.2.1 LOCAL E PARTICIPANTES

A presente pesquisa de campo foi realizada na Escola Estadual Professor João Batista, situada na Avenida Ismael José do Nascimento, n.º 893 - N, bairro Jardim Europa, no município de Tangará da Serra, Mato Grosso (MT). A escolha dessa instituição fundamentou-se na receptividade e na colaboração da equipe gestora, docentes e estudantes, bem como o fato de a pesquisadora integrar o quadro docente da escola, atuando precisamente na turma em que o estudo foi desenvolvido, o que favoreceu o acesso ao campo e à infraestrutura necessária para a investigação.

Fundada em 1984, a Escola Estadual Professor João Batista atende, atualmente, cerca de 930 estudantes nas modalidades de Ensino Fundamental – Anos Finais e Ensino Médio, no período diurno. A pesquisa foi direcionada à turma do 3º ano "B" do Ensino Médio, especificamente na disciplina de Trilhas de Aprofundamento em Matemática. Essa turma é composta por 22 alunos, de ambos os sexos, com faixa etária entre 17 e 18 anos.

A escolha dessa turma justifica-se pela lacuna identificada no material didático fornecido pela Secretaria de Estado de Educação de Mato Grosso (SEDUC/MT), mantenedora da

instituição, o qual não contempla de maneira satisfatória o conteúdo de Geometria Espacial, em especial o tema Poliedros. Nessa senda, a implementação de uma Sequência Didática específica sobre o referido conteúdo mostrou-se pertinente, tanto para complementar o material ofertado quanto para atender às orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e às competências exigidas no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

3.2.2 ASPECTOS ÉTICOS E PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

Em conformidade com os princípios éticos que regem pesquisas envolvendo seres humanos e considerando a participação de estudantes menores de idade, foram adotados os seguintes procedimentos: a) obtenção do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), assinado pelos pais ou responsáveis, autorizando a participação dos menores e a coleta de dados; e b) aplicação do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), formalizado pelos próprios alunos, assegurando sua anuência ao estudo. Ressalta-se que a pesquisa foi conduzida em estrita observância às diretrizes estabelecidas no parecer consubstanciado n.º 7.504.251, emitido pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT).

Para garantir a preservação da identidade dos participantes, procedeu-se à codificação alfanumérica dos estudantes, identificados pela letra “A”, seguida de numeração sequencial, de “A1” a “A22”, correspondendo ao total de vinte e dois participantes.

3.2.3 IMPLEMENTAÇÃO, ESTRUTURA E CRONOGRAMA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A Sequência Didática foi planejada com o intuito de sistematizar, de forma clara e progressiva, o conjunto de aulas e estratégias pedagógicas utilizadas no processo de coleta de dados. De acordo com Zabala (1998), a sequência didática constitui um processo de ensino-aprendizagem estruturado em etapas interligadas, com início e fim definidos, que orienta tanto o professor quanto o aluno durante a construção do conhecimento. Complementarmente, Pais (2002) assinala que uma sequência didática é composta por uma série de aulas planejadas e analisadas previamente, com o fito de observar a aprendizagem dos conceitos previstos na pesquisa didática. Cada etapa contempla objetivos específicos e, frequentemente, tarefas práticas que contribuem para a compreensão e internalização dos conteúdos.

A Sequência Didática foi implementada na disciplina de Trilhas de Aprofundamento em Matemática, em encontros semanais. Sua organização compreendeu três encontros com três

aulas cada, além de um encontro final destinado à aplicação do questionário, totalizando dez períodos de 45 minutos.

O planejamento, a estrutura e os objetivos de cada encontro estão apresentados no Quadro 2, a seguir:

Quadro 2 - Detalhamento da sequência didática.

Encontro	Objetivos	Atividades
1	Apresentar o tema Poliedros, utilizar o ambiente *GeoGebra* para formular conceitos e identificar os elementos dos poliedros regulares; Comprovar a relação de Euler para poliedros regulares explorando as construções feitas no *GeoGebra*; Analisar estruturas geométricas conectando teoria e prática; Aplicar conceitos matemáticos para resolver problemas; Visualizar e interagir com o livro digital.	Apresentação da proposta. Exposição do tema Poliedros Regulares, destacando seus elementos fundamentais: arestas, vértices e faces; Poliedros convexo e não convexo; Relação de Euler; Visualização, manipulação e interação com os poliedros, possibilitando rotações, ampliações e reduções, planificações, simulações, tudo por meio do ambiente *Geogebra.org*. Acesso ao livro digital disponível nessa plataforma e resolução das atividades propostas na interface do *GeoGebra Classroom.*
2	Deduzir as fórmulas da área da superfície de prisma e pirâmides, explorando a figura construída; Explorar o Princípio de Cavalieri a partir da construção de prismas com a mesma área da base e mesma altura para o cálculo de volume. Explorar, analisar e resolver problemas de forma criativa e autônoma.	Apresentação dos Prismas e Pirâmides, definição e elementos; Área e volume de Prismas e Pirâmides; Princípio de Cavalieri; Atividades no ambiente *Geogebra* de v isualização, manipulação e interação com os prismas e pirâmides, possibilitando rotações, ampliações e reduções, planificações, simulações, no ambiente *Geogebra.org*. Acesso ao livro digital disponível nessa plataforma e resolução das atividades propostas na interface do *GeoGebra Classroom.*
3	Desenvolver o raciocínio espacial e a compreensão conceitual de poliedros, utilizando uma abordagem prática e colaborativa para resolver problemas complexos no estilo de exames nacionais. Instrumentalizar os alunos no uso do ambiente *GeoGebra*, guiando-os na construção de poliedros para que internalizem suas propriedades geométricas de maneira estruturada e prática.	Resolver questões abordadas no ENEM e vestibulares sobre poliedros, utilizando as movimentações, interações e simulações no ambiente *GeoGebra.org*. Construir poliedros no *software GeoGebra*, sob a orientação da professora e as instruções disponibilizadas no comando Tarefas do *software.*
4	Coletar dados e *feedback* qualificado sobre a utilização do *software GeoGebra*	Responder o questionário de avaliação do uso do ambiente *GeoGebra,* via *link, GooGle Forms*.

Fonte: Elaborado pela autora

A aplicação da Sequência Didática estava originalmente prevista para os dias 9, 16, 23 e 30 de maio do ano corrente. No entanto, o cronograma foi impactado por um evento adverso: a suspensão das atividades letivas entre os dias 9 e 16 de maio, período em que a instituição foi

requisitada pela SEDUC para servir como alojamento a estudantes-atletas durante a fase regional dos Jogos Escolares.

Apesar desse imprevisto, o cronograma inicial foi mantido a fim de assegurar o cumprimento dos prazos preestabelecidos do projeto, o que resultou em variações na frequência e na participação discente ao longo dos encontros. O quantitativo de participantes em cada dia foi o seguinte: 19 alunos no 1º encontro; 16 alunos no 2º encontro; 11 alunos no 3º encontro; e 20 alunos no 4º encontro. Destaca-se que, mesmo diante da suspensão das aulas em duas das datas previsats, os estudantes demonstraram engajamento e participação voluntária nas atividades propostas.

A Sequência Didática foi operacionalizada por meio de um recurso educacional digital concebido na forma de um livro digital interativo, intitulado "Poliedros Interativos". Esse recurso foi integralmente organizado e desenvolvido no ambiente *GeoGebra.org.*

A aplicação ocorreu na própria sala de aula, utilizando-se a infraestrutura disponível, que inclui: uma *Smart TV* de 65 polegadas para projeção do conteúdo, *chromebooks* individuais com acesso à *internet* e o ambiente *online* do *GeoGebra.org* como plataforma central das atividades.

A dinâmica das aulas privilegiou o trabalho colaborativo, com os estudantes organizados em duplas rotativas, alternadas ao longo dos encontros. O livro digital funcionou como eixo norteador das aulas, reunindo explicações conceituais, orientações da pesquisadora/professora e propostas de atividades práticas. As atividades foram planejadas para: fomentar a interação e o intercâmbio de ideias entre os pares; promover a construção do conhecimento matemático por meio da exploração ativa do ambiente *GeoGebra.org;* e estimular o registro e a conversão entre diferentes representações semióticas do conteúdo.

O conteúdo programático do livro digital integrou tanto atividades interativas na interface "Tarefas do *GeoGebra*" quanto a resolução de exercícios extraídos de edições anteriores do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e de vestibulares, buscando o alinhamento com as competências exigidas em avaliações externas. A Figura 11 apresenta a página de abertura do livro digital, bem como seu esboço estrutural.

Figura 11 - Livro Digital Poliedros Interativos



Fonte: Elaborada pela autora, no ambiente GeoGebra (2025)

A seguir, no Quadro 3, apresenta-se a descrição detalhada do livro digital "Poliedros Interativos", uma ferramenta educacional organizada no ambiente *GeoGebra* e disponibilizado em acesso aberto para todos os interessados no tema.

Quadro 3 - Descrição do livro digital "Poliedros Interativos".

Livro Digital "Poliedros Interativos"		
Capítulo	Subcapítulo	Conteúdo
Apresentação		Descrição do material
1. Poliedros	1. Poliedros	Vídeo explicativo; definição; imagens e objetos interativos com cursores deslizantes; elementos (vértices, arestas e faces); Convexo e não Convexo; Relação de Euler; Paralelepípedo; Cubo; cinco Atividades objetivas e uma Atividade discursiva.
	2. Atividades	Quatro Atividades objetivas: Relação de Euler.
3. Poliedros Regulares	1. Poliedros Regulares	Definição; Objetos interativos; cinco Poliedros de Platão e sua planificação; descrição de seus elementos.
	2. Atividade	Poliedros de Platão: objetos e planificação; uma atividade: tabela para inserir o tipo de face, a quantidade de faces, arestas e vértices, dos poliedros respresentados.
	3. Planificação de Poliedros e	Planificação dos Poliedros de Platão; controles deslizantes para alterar medidas de aresta, o registro automático do

	Atividades	volume; nove atividades discursivas.
4. Prismas	1. Prismas	Caracterização; definição; elementos; objetos interativos, simuladores para alterar o número de lados do prisma; planificação. Duas atividades objetivas e uma atividade discursiva.
5. Pirâmides	1. Pirâmides	Caracterização; definição; elementos; objetos interativos, simuladores para alterar o número de lados da pirâmide; planificação. Duas atividades objetivas.
6. Área da superfície do Poliedro	1. Área de Pirâmides e Prismas	Definição; fórmulas para calcular a área de pirâmides e prismas; Simuladores com controles deslizantes para alterar números de lados, medida da aresta da base, medida da altura e planificar; duas atividades discursivas.
7. Princípio de Cavalieri e Volume dos Poliedros	1. Princípio de Cavalieri para volumes	Caracterização; três construções simulando o conteúdo, com controles deslizantes para interagir e visualizar, observando a área da base e altura.
	2. Área e volume – Prismas e Pirâmides	Definição, duas construções com controles deslizantes e registro automático dos resultados de áreas e volume, para interagir e visualizar; duas construções com controles deslizantes para simular a relação do volume do prisma e da pirâmide. Cinco atividades discursivas e uma tabela para inserir a área e volume de 10 pirâmides simuladas pelo aluno.
	3. Volume do Cubo e do Tetraedro	Caracterização; fórmulas; razão entre área do tetraedro e do cubo; razão entre o volume do tetraedro e do cubo; uma construção com controle deslizante que altera a aresta da base. Quatro atividades objetivas e quatro atividades discursivas.
8. Experimentação	1. Atividades de enriquecimento	Cinco atividades retiradas do ENEM e vestibulares recentes sobre o conteúdo abordado.
	2. Atividades práticas	Sete atividades para construção no *GeoGebra*, sendo: cinco Poliedros Regulares, um Prisma e uma pirâmide. Foram disponibilizadas as orientações para realização das mesmas.

Fonte: Elaborada pela autora

O Livro Digital "Poliedros Interativos", está disponível no *software* em https://www.geogebra.org/m/azkcamza, para uso dos interessados.

Na ordem que se apresenta, descrevem-se os procedimentos adotados e o processo de coleta de dados que subsidiaram o desenvolviemnto da pesquisa.

3.2.4 PROCEDIMENTOS DE INTERVENÇÃO E COLETA DE DADOS

A Sequência Didática foi operacionalizada por meio do livro digital interativo "Poliedros Interativos". Durante a intervenção, os discentes realizaram um total de 53 atividades, distribuídas em 13 blocos de Tarefas no ambiente *GeoGebra.org*, sendo cada bloco correspondente a um subcapítulo do livro digital. As atividades foram disponibilizadas mediante *links* específicos do *GeoGebra Classroom*, acessados por meio do *Google Sala de Aula* institucional.

A coleta de dados foi realizada por meio destes instrumentos:

1. Monitoramento Digital das Tarefas: entrega das atividades e registro do desempenho dos alunos via *software GeoGebra Classroom*.
2. Registros Audiovisuais: os estudantes utilizaram *chromebooks* e foram instruídos a realizar gravações simultâneas de tela e áudio durante a execução das atividades, com o objetivo de registrar os processos de interação e as produções no ambiente *GeoGebra.org*, sem a necessidade de *login* individual. Foram gerados 13 arquivos audiovisuais por aluno, um referente a cada bloco de Tarefas, posteriormente enviados à pesquisadora via *Google Drive* ou *e-mail*.
3. Observação Direta: conduzida pela pesquisadora durante as aulas, com atenção às manifestações verbais e não verbais, bem como às dinâmicas de participação dos estudantes.
4. Questionário de Percepção: aplicado ao término da intervenção, no último encontro.

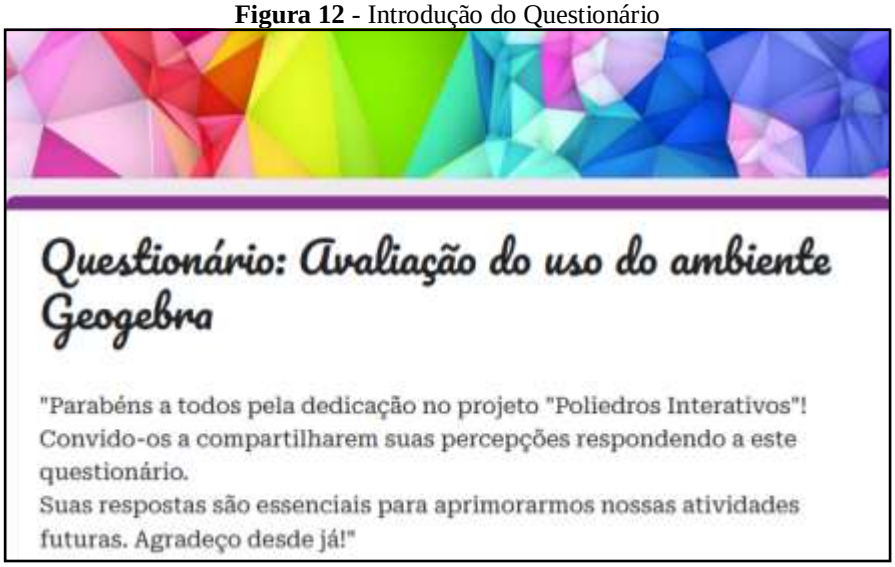
A oraginazação e a seleção dos blocos de Tarefas foram fundamentados à luz da Teoria dos Registros de Representações Semióticas, de modo a contemplar os objetivos da pesquisa e responder ao problema investigado.

A adoção de múltiplos instrumentos de coleta (monitoramento de tarefas, registros audiovisuais, observação e questionário) alinha-se ao princípio da triangulação proposto por Flick (2009), que defende a integração de diferentes fontes como estratégia para fortalecer a validade e a confiabilidade dos resultados em pesquisas qualitativas. Corroboram essa perspectiva Marconi e Lakatos (2017) e Oliveira (2016), ao destacarem a observação e o questionário como técnicas essenciais para a investigação sistemática de fenômenos e para a compreensão de percepções e experiências dos sujeitos.

O questionário de percepção foi aplicado em formato *online*, via *Google Forms* (disponível em https://forms.gle/sSza5DxEK74QD7QM8), no dia 30 de maio, após a conclusão da intervenção. O instrumento buscou analisar a percepção dos discentes acerca do livro digital "Poliedros Interativos" e do ambiente *GeoGebra.org*, considerando aspectos de usabilidade,

design, interatividade e potencial pedagógico como facilitador do processo de ensino e aprendizagem. A Figura 12 retrata a tela introdutória do formulário.

Figura 12 - Introdução do Questionário



Fonte: Dados da Pesquisa (2025).

O questionário foi composto por cinco questões, uma questão fechada e quatro abertas, com o propósito de investigar as contribuições do ambiente GeoGebra para o desenvolvimento da Sequência Didática sobre Poliedros, conforme apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 - Questionário respondido

Nome:
E-mail:
1. O que você percebeu de mais interessante ao usar o GeoGebra para realizar as atividades propostas?
2. Em uma escala de 1 a 5, quão fácil foi utilizar as ferramentas do GeoGebra para realizar as atividades?
( ) Muito difícil
( ) Difícil
( ) Neutro
( ) Fácil
( ) Muito fácil
3. Quais dificuldades encontrou em acessar e realizar as atividades no ambiente *Geogebra?*
4. De que forma a manipulação e a visualização dos objetos no *GeoGebra* ajudaram você a resolver questões similares às que aparecem em provas como o Enem e vestibulares?
5. Após a conclusão do projeto, de que forma a experiência com o *GeoGebra* alterou sua percepção sobre a relação entre a representação plana e a espacial desses sólidos geométricos?

Fonte: Dados da Pesquisa (2025).

O questionário *online*, aplicado em 30 de maio via *Google Sala de Aula*, reuniu as

respostas dos alunos que participaram do encontro final da Sequência Didática.

3.2.5 PROCESSAMENTO E *SOFTWARE* DE ANÁLISE

O tratamento e a análise dos dados qualitativos e audiovisuais, constituídos pelas produções dos alunos e pelas respostas ao questionário, foram realizados com o auxílio do *software MaxQDA* 2018, disponibilizado pela coordenação do projeto de pesquisa, sob a responsabilidade do Prof. Dr. William Vieira Gonçalves. O *MaxQDA* é um *software* profissional de Análise Qualitativa de Dados (QDA) e métodos mistos (Oliveira, 2020). A Figura 13 ilustra a interface inicial do *software* utilizado.

Figura 13 - Tela inicial do MaxQda versão 2018



Fonte: Site oficial do *MaxQda*.

O *MaxQDA* proporcionou um ambiente integrado e eficiente para o gerenciamento e a análise de diferentes tipos de dados, conforme sublinhado por Oliveira (2020):

> O MaxQda (ou software QDA) é um software profissional de análise qualitativa e métodos mistos desenvolvida desde 1989, pela VERBI para rodar em sistema operacional Windwos e macOS que permite tratar com relativa agilidade dados provenientes de diferentes fontes de documentos como: questionários, entrevistas, textos (em diferentes extensões), áudios e imagens (diretamente de um Site ou do computador), com um sistema de códigos descritivos e teóricos que permitem linkar áreas ou trechos do texto, imagem e áudio, contar referências e organizar pastas e códigos que permitem posterior interpretações estatísticas e descritivas das informações. (OLIVEIRA 2020, p. 44).

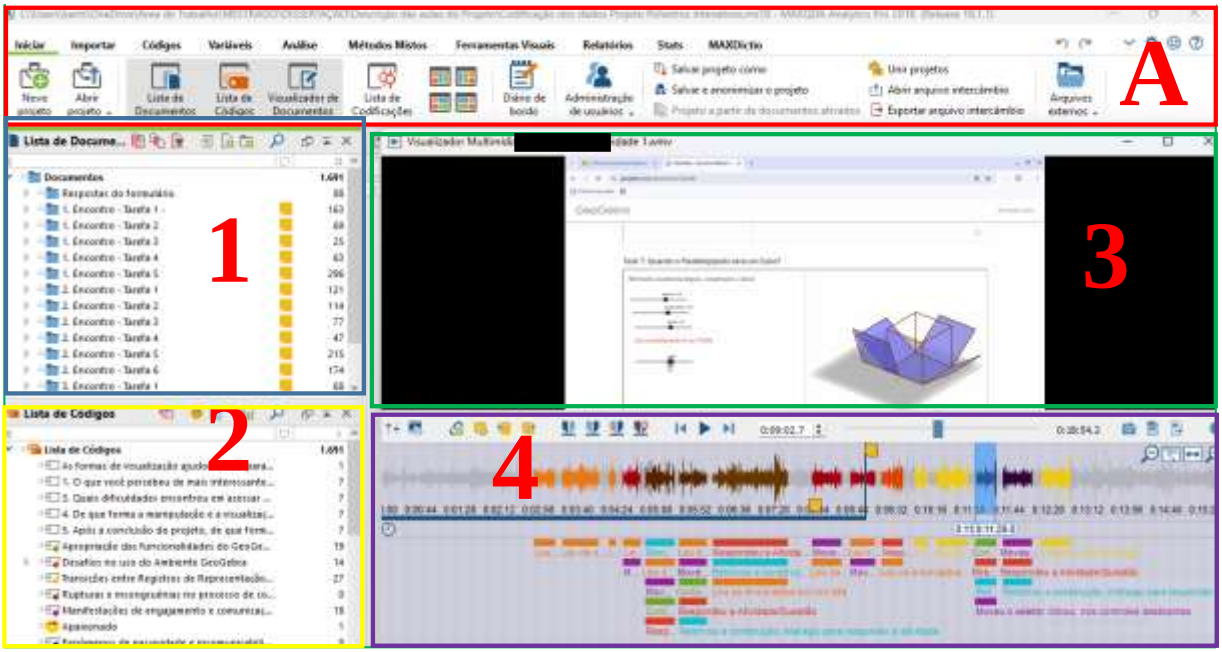
Para viabilizar a análise no ambiente do *software*, foi necessário realizar um tratamento técnico prévio das gravações audiovisuais dos estudantes. Os arquivos, originalmente gerados no formato *.webm*, padrão do *Chromebook*, foram convertidos para extensões compatíveis com o *MaxQDA* (*e.g., .mp4, .mov, .wmv)*, por meio de um *software* específico de conversão de vídeos.

3.2.6 ORGANIZAÇÃO DO CORPUS E CODIFICAÇÃO

Com o suporte do *software MaxQDA*, procedeu-se à codificação e à análise das produções audiovisuais dos alunos, bem como das respostas obtidas no questionário, ambas decorrentes da aplicação da Sequência Didática "Poliedros Interativos".

A interface do *software* (Figura 14) é estruturada em uma barra de ferramentas e quatro janelas principais, que favorecem a sistematização e o gerenciamento do processo analítico: (1) Lista de Documentos, que reúne todos os arquivos do projeto; (2) Lista de Códigos, destinada à organização do sistema de codificação; (3) Visualizador de Documentos, área voltada à visualização e análise do conteúdo; e (4) Lista de Codificações, que exibe os excertos de dados previamente codificados.

***F*igura 14** - Área de trabalho do *software MaxQda*



Fonte: Elaborada pela autora com base no *MaxQDA*

A elaboração da lista de codificações é um processo indutivo, que deriva da própria análise textual. Mediante a imersão no *corpus* de dados, são identificados e interpretados excertos discursivos e comportamentais (nos vídeos) que se revelam como unidades de sentido

relevantes ao objeto de estudo. Tais fragmentos subsidiam a construção dos códigos, organizados, posteriormente, em um sistema hierárquico de categorias e subcategorias.

De acordo com a Análise Textual Discursiva (ATD), a fidedignidade e a consistência interpretativas dos achados dependem de uma seleção criteriosa e bem delimitada do *corpus*, priorizando-se, sempre que possível, uma amostra representativa (Moraes; Galiazzi, 2016). Em razão do expressivo volume de dados obtidos inicialmente (203 vídeos de 19 alunos, totalizando aproximadamente 45 horas de gravação), tornou-se necessário realizar um processo de amostragem em duas etapas, com vistas ao refinamento do *corpus* analítico.

O primeiro critério adotado foi a completude da participação. Assim, foram incluídos apenas os alunos que estiveram presentes em todos os encontros da Sequência Didática e que submeteram a totalidade das 13 gravações audiovisuais solicitadas. Esse filtro reduziu o conjunto de dados para dez alunos, perfazendo 130 vídeos.

Na etapa subsequente, os 130 arquivos audiovisuais selecionados foram importados para o *MaxQDA* e sistematizados em pastas nomeadas conforme a data do encontro, e a Tarefa correspondente (Figura 15).

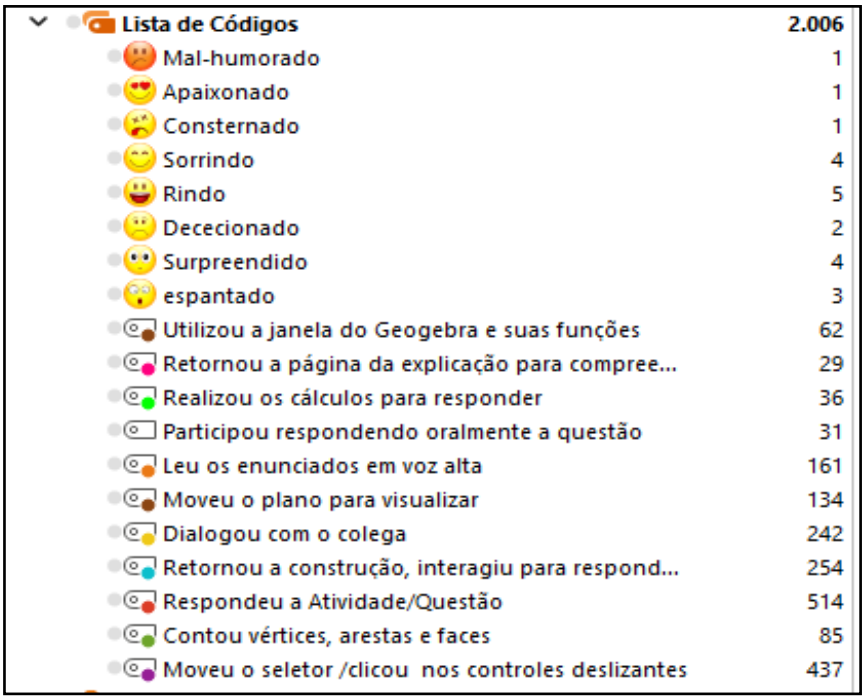
Figura 15 - Encontro das aulas da Sequência Didática



Fonte: Elaborada pela autora com base no *MaxQDA* (2025).

Na Figura 16, é possível observar a primeira versão da lista de códigos que emergiram do processo de análise interpretativa dos dados.

Figura 16 - Primeira lista de códigos emergentes



Fonte: Elaborada pela autora com base no *MaxQDA*.

A frequência dos códigos identificados nos 130 vídeos é demonstrada no gráfico da Figura 17, gerado pelo *software MaxQDA*. O gráfico foi obtido por meio do menu *Análise* > *Frequência de códigos*, após a ativação dos códigos selecionados para a consulta.

Figura 17 - Frequência dos códigos na análise dos 130 arquivos audiovisuais



Fonte: Elaborada pela autora com base no *MaxQDA* (2025).

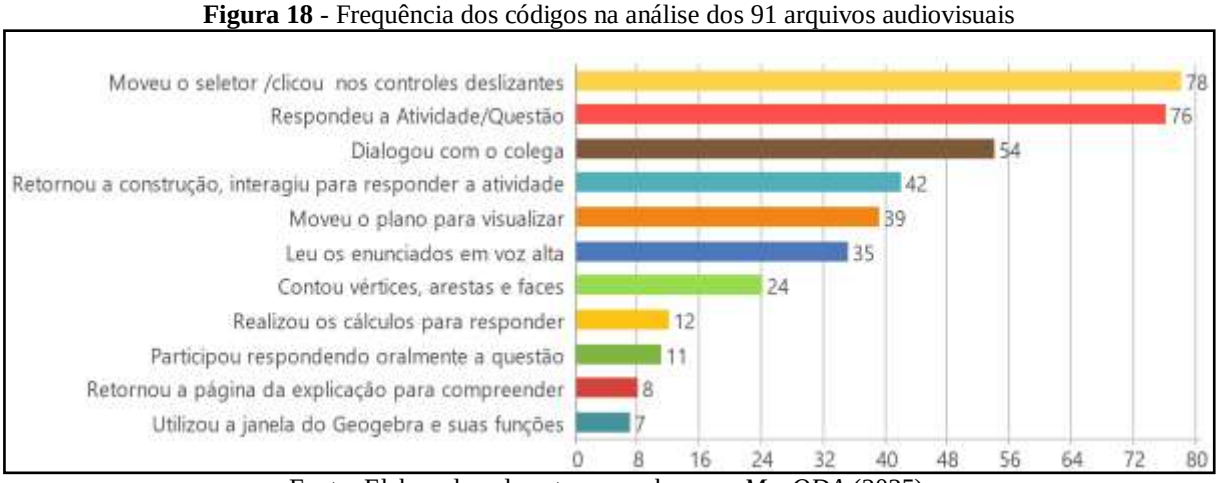
A análise da frequência dos códigos (Figura 17), aliada à apreciação qualitativa do material, indicou a necessidade de uma segunda triagem no *corpus*. Para isso, aplicou-se um novo filtro de refinamento, priorizando os registros com qualidade satisfatória de áudio e vídeo.

Adicionalmente, foram considerados os casos em que houve convergências relevantes entre os dados audiovisuais e as respostas fornecidas no questionário, de modo a favorecer materiais mais consistentes para a análise interpretativa.

Esse processo culminou na definição da amostra final, composta por sete alunos, totalizando 91 vídeos e os respectivos questionários, conjunto que passou a constituir o *corpus* definitivo submetido à análise qualitativa aprofundada.

A Figura 18 materializa o gráfico referente à frequência dos códigos após a aplicação do segundo critério de seleção, refletindo a distribuição observada no *corpus* final da análise.

Figura 18 - Frequência dos códigos na análise dos 91 arquivos audiovisuais



Fonte: Elaborada pela autora com base no *MaxQDA* (2025).

Definido o *corpus* da pesquisa, veicula-se, na sequência, a metodologia de análise de dados, amparada na Análise Textual Discursiva (ATD), conforme proposta por Moraes e Galiazzi (2016).

3.3 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS

A presente pesquisa assume caráter qualitativo, descritivo e interpretativo. A análise dos dados empíricos foi desenvolvida à luz da Análise Textual Discursiva (ATD), proposta por Moraes e Galiazzi (2016), abordagem escolhida por sua capacidade de explorar a subjetividade e promover uma imersão acurada nos dados empíricos, permitindo ao pesquisador construir, de forma reflexiva, as etapas do processo analítico. Segundo os autores, "[...] a análise textual discursiva corresponde a uma metodologia de análise de informações de natureza qualitativa com a finalidade de produzir novas compreensões sobre os fenômenos e discursos" (Moraes; Galiazzi, 2016, p. 13).

A ATD caracteriza-se por sua natureza compreensiva, assumindo o propósito de reconstruir e aprofundar entendimentos acerca do objeto de estudo. Nesse bojo, é definida por Moraes e Galiazzi (2016, p. 134) como "[...] o processo de desconstrução, seguido de reconstrução, de um conjunto de materiais linguísticos e discursivos, produzindo-se, a partir disso, novos entendimentos sobre os fenômenos e discursos investigados."

Sob a égide de um método de análise qualitativa, seu percurso é estruturado em torno de quatro eixos centrais, sendo os três primeiros integrantes de um ciclo dinâmico e auto-organizado. Conforme Moraes e Galiazzi (2016), esses eixos compreendem:

- **Unitarização:** etapa de desconstrução do *corpus*, na qual os textos são fragmentados e codificados em unidades de significado ou de sentido.

- **Categorização**: fase de aproximação e organização das unidades de significado em categorias, a partir de relações de similaridade. Esse agrupamento pode ocorrer de forma intuitiva, indutiva (emergente) ou dedutiva (a priori).

- **Metatexto**: momento interpretativo da análise, no qual se articulam novas combinações entre os elementos investigados para a elaboração de compreensões inéditas, buscando explicitar os novos sentidos atribuídos pelo pesquisador.

- **Processo auto-organizado**: estágio de consolidação do texto analítico final. Embora ancorado em procedimentos planejados, o processo apresenta caráter auto-organizado, no qual compreensões sobrevêm de forma imprevisível. Portanto, os resultados criativos e originais não são previamnete determinados, mas tornam-se possíveis a partir do preparo sistemático e do engajamento analítico do pesquisador.

A estrutura metodológica da Análise Textual Discursiva e suas fases constitutivas são sintetizadas na Figura 19.

Figura 19 - Fases estruturadas da Análise Textual Discursiva



Fonte: Elaborada pela autora, de acordo com Moraes e Galiazzi (2016)

Moraes e Galiazzi (2016) defendem uma concepção ampliada de texto, argumentando que sua definição ultrapassa o material escrito e deve "incluir imagens e outras expressões linguísticas" (p. 38). Nesse diapasão, a ATD mostra-se uma abordagem metodológica adequada, pois permite a produção de um metatexto a partir de um *corpus* heterogêneo, composto não apenas por registros escritos, mas também por produções visuais, observações e transcrições oriundas da pesquisa. Assim, o *corpus* desta investigação constitui-se pelos registros das atividades realizadas pelos alunos no ambiente *GeoGebra.org*, pelas gravações audiovisuais, pelas respostas ao formulário e pelos registros de bordo da pesquisadora.

O processo analítico teve início com a etapa de Unitarização dos materiais, que consistiu na segmentação do *corpus* em unidades de significado. Essas unidades foram definidas a partir da observação dos procedimentos adotados pelos estudantes durante a realização das atividades da Sequência Didática, bem como de suas respostas ao questionário, emergindo da intersecção entre os objetivos da pesquisa, o problema investigado, o referencial teórico e os dados empíricos.

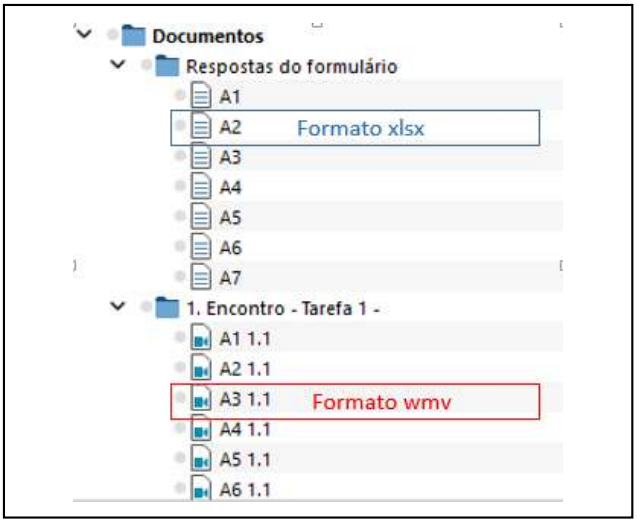
Doravante, procedeu-se à etapa de Categorização, na qual as unidades de sentido foram agrupadas em conjuntos mais amplos e tematicamente relacionados. As categorias resultantes atuaram como eixos estruturantes para a construção do Metatexto, etapa interpretativa que permitiu a produção de inferências analíticas, o diálogo com a literatura e a elaboração de compreensões originais acerca do fenômeno investigado. Moraes e Galiazzi (2016) enfatizam que o rigor nas etapas de unitarização e categorização é fulcral para assegurar a validade e a confiabilidade dos resultados finais, garantindo que o metatexto represente, de forma consistente, os sentidos que se descortinam do *corpus* analisado.

3.4 OS MOVIMENTOS DE CATEGORIZAÇÃO DOS DADOS

Após a coleta e a importação dos dados para o *software MaxQDA*, deu-se início à aplicação da Análise Textual Discursiva (ATD). A primeira etapa, denominada Unitarização, consistiu na desconstrução sistemática do *corpus* – composto pelos registros das atividades no *GeoGebra.org*, pelas gravações de tela e áudio, bem como pelas respostas ao questionário – em unidades de significado, possibilitando um exame mais minucioso.

O *corpus* foi importado para o *MaxQDA* em formatos distintos, sendo os documentos .xlsx (planilha do *Excel*) correspondentes às respostas do questionário, e os arquivos .wmv, referentes às gravações audiovisuais das atividades realizadas pelos participantes (Figura 20).

Figura 20 - Lista de documentos importados para o software MaxQda

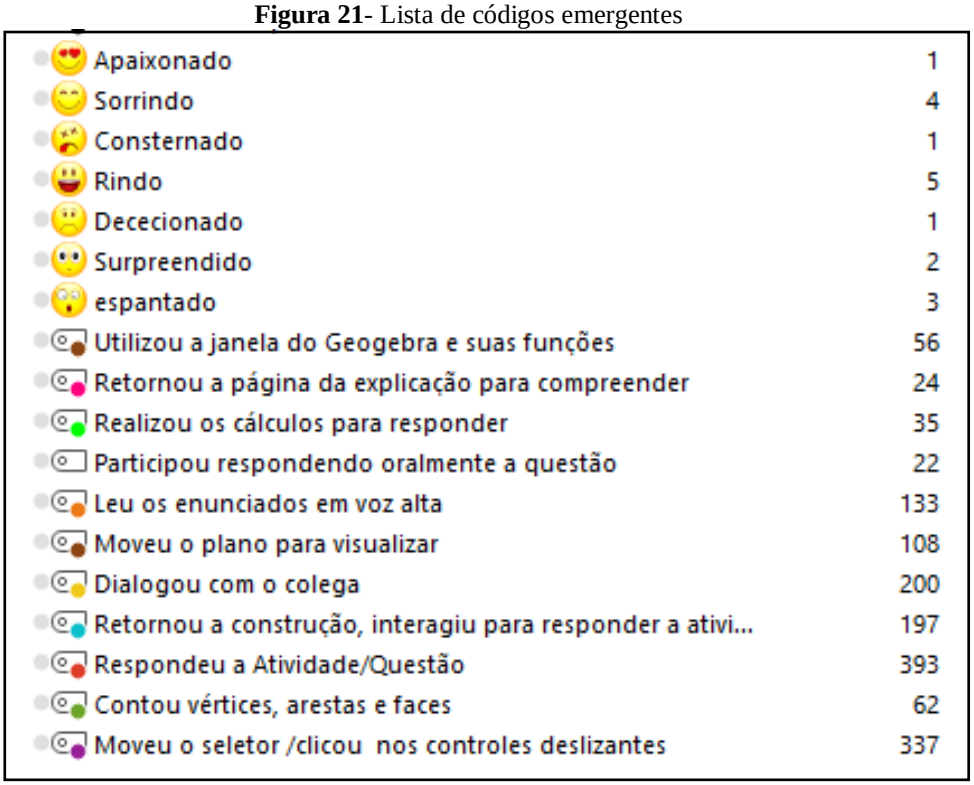


Fonte: Elaborada pela autora com base no *MaxQda* 2018.

No propósito de salvaguardar a organização e a rastreabilidade do conjunto de dados, foi instituído um sistema de codificação. Os arquivos no formato .xlsx, referentes aos questionários, foram identificados sequencialmente de A1 a A7, correspondente a Aluno 1 até Aluno 7. Já os documentos .wmv, gravações de tela e áudio, seguiram o mesmo padrão de identificação do aluno, acrescido da numeração referente ao encontro (1 a 3) e à tarefa realizada em cada encontro (1 a 6).

A análise inicial concentrou-se nas interações dos alunos com o ambiente *GeoGebra.org* durante a execução das atividades, com o intuito de atender ao objetivo geral da pesquisa de investigar de que maneira o ambiente *GeoGebra.org,* à luz da Teoria dos Registros de Representação Semiótica, pode favorecer o ensino de poliedros, promover o engajamento de alunos do 3° ano do Ensino Médio e alinhar-se às habilidades da BNCC. Para sistematizar essa análise, foi desenvolvido um sistema de codificação *a posteriori* (emergente) a partir de observações pormenorizadas dos vídeos, resultando na lista de códigos apresentada na Figura 21.

Figura 21- Lista de códigos emergentes



Fonte: Elaborada pela autora com base no *MaxQda* 2018.

A segunda etapa da ATD, a Categorização, pautou-se no agrupamento das unidades de sentido por similaridade de conteúdo. Moraes e Galiazzi (2016, p. 34) ressaltam que o processo de categorização visa "construir relações entre as unidades de base, combinando-as e classificando-as [...] resultando daí sistemas de categorias".

Nesta pesquisa, a categorização foi conduzida *a posteriori* (emergente), ancorada tanto nos objetivos investigativos quanto nos princípios da ATD. Em decorrência disso, as categorias foram construídas a partir das significações expressas nos registros textuais e audiovisuais, refletindo as "vozes" presentes no *corpus.* A elaboração dessas categorias exigiu a construção de "pontes" entre as "vivências concretas dos seres humanos" (materializadas nas interações e nas respostas dos alunos) e as "abstrações elaboradas por meio dos conceitos" (Moraes; Galiazzi, 2016, p. 97).

O processo analítico desenvolveu-se mediante o cotejamento entre as respostas ao questionário e as interações observadas nos registros audiovisuais, permitindo que as categorias se instituíssem como representações abstratas do processo.

A partir desse movimento analítico centrífugo, a estrutura de categorial da pesquisa foi consolidada da seguinte forma:

1. Apropriação das Funcionalidades do GeoGebra e a Exploração Visual;
2. Desafios no uso do Ambiente *GeoGebra* na Exploração de Poliedros;

3. Transições entre Registros de Representação Semiótica;

4. Rupturas e Incongruências no Processo de Conversão;

5. Manifestações de Engajamento e Comunicação Matemática;

6. Fenômenos de Passividade e Incomunicabilidade Matemática.

Dando continuidade ao percurso metodológico, a pesquisa avançou para uma análise qualitativa aprofundada das produções e interações dos alunos no ambiente *GeoGebra.org*. Nessa etapa, o objetivo foi observar, categorizar e correlacionar as linhas de raciocínio e os processos de resolução manifestados pelos estudantes com as categorias de análise estabelecidas, com vistas à elaboração do Metatexto.

Nas linhas subsequentes, são apresentadas as análises realizadas e os resultados referentes a cada categoria.

4 . ANÁLISES E RESULTADOS

Este capítulo destina-se à apresentação e à discussão dos resultados da pesquisa, de natureza qualitativa. Para contextualizar o leitor, retoma-se o objetivo central do estudo: investigar de que maneira o ambiente *GeoGebra.org*, à luz da Teoria dos Registros de Representação Semiótica, pode favorecer o ensino de poliedros, promover o engajamento de alunos do 3° ano do Ensino Médio e alinhar-se às habilidades da BNCC.

O foco analítico incidiu sobre as interações e as produções dos estudantes ao longo da aplicação da Sequência Didática "Poliedros Interativos", desenvolvida no ambiente *GeoGebra.org* como plataforma para a organização das atividades, bem como sobre as respostas obtidas por meio do questionário aplicado ao final do percurso investigativo. Assim, o *corpus* da pesquisa foi constituído pelos registros audiovisuais das atividades realizadas pelos alunos e peas respostas oriundas do questionário.

O tratamento dos dados iniciou-se com a organização e identificação das gravações produzidas durante as tarefas desenvolvidas no ambiente *GeoGebra.org.* Em consonância com os pressupostos da Análise Textual Discursiva (ATD), procedeu-se a uma etapa criteriosa de seleção e delimitação do *corpus,* uma vez que, conforme apontam Moraes e Galiazzi (2016, p. 38), "seguidamente não se trabalha com todo o *corpus*". Por conseguinte, foram selecionadas as gravações e interações de sete estudantes, tendo como critérios de delimitação a participação integral em todos os encontros, e a presença de evidências que confirmassem, ou problematizassem, as convergências entre as interações observads nos vídeos e as respostas fornecidas no questionário.

O percurso analítico seguiu as etapas da Análise Textual Discursiva (ATD), conforme delineadas por Moraes e Galiazzi (2016). Esse processo foi operacionalizado por meio do *software* de análise qualitativa *MaxQDA* 2018 e compreendeu as seguintes fases: unitarização, categorização e produção de metatextos.

Na perspectiva da ATD, "[...] uma vez de posse do conjunto de textos a serem analisados, ou de uma parte deles, inicia-se o processo de análise propriamente dito" (Moraes; Galiazzi, 2011, p. 18). Com base nesse referencial metodológico, deu-se início à análise minuciosa dos resultados obtidos.

Para assegurar clareza metodológica na exposição dos resultados, este capítulo detalha os procedimentos adotados na análise dos dados. No processo de segmentação do material textual e audiovisual, recorreu-se a um sistema de codificação por cores, destinado a facilitar a

distinção visual dos temas que despontassem. Adicionalmente, empregou-se a sigla A (alusiva a Aluno) para uniformizar a identificação das fontes de evidência.

A análise de cada categoria está estruturada em uma sequência de quatro etapas:

1. Introdução da Categoria: apresentação da categoria em foco, acompanhada de uma figura que exibe a lista de códigos e gráfico de frequência dos códigos a ela associados;
2. Análise do Questionário: exposição das respostas de cada estudante ao questionário, com destaque para os códigos identificados em suas declarações;
3. Corroboração com Evidências: apresentação de excertos dos dados brutos, como capturas de tela das gravações e transcrições das verbalizações dos participantes durante as atividades, com vistas a validar e aprofundar a compreensão das respostas ao questionário;
4. Síntese Interpretativa: elaboração de uma análise da categoria, articulando as diferentes fontes de dados e oferecendo interpretações.

Há que se mencionar que a discussão específica das subcategorias ocorre de maneira integrada à análise dos dados, pois é no exame dos excertos dos participantes que suas interpretações ganham sentido e relevância.

Por fim, ressalta-se que, devido à natureza interconectada dos fenômenos observados, um mesmo fragmento de dados, seja ele textual ou audiovisual, pôde ser atribuído a mais de uma categoria analítica, sem prejuízo à coerência do processo interpretativo.

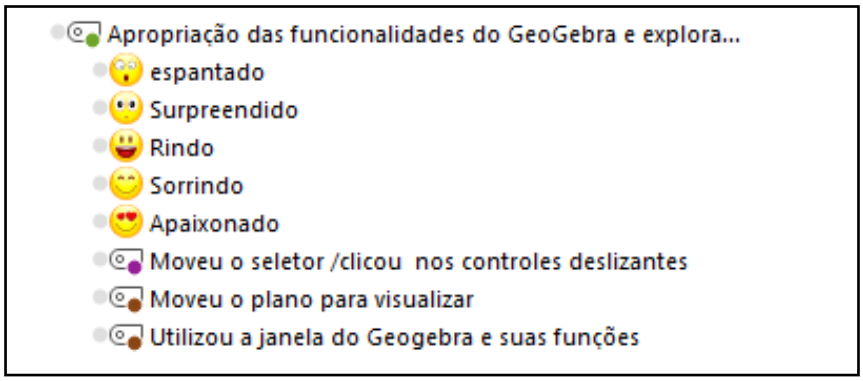
4.1 CATEGORIA 1: APROPRIAÇÃO DAS FUNCIONALIDADES DO GEOGEBRA E A EXPLORAÇÃO VISUAL

Iniciamos a categorização das produções e interações dos alunos após a aplicação da Sequência Didática “Poliedros Interativos”, desenvolvida no ambiente *GeoGebra.org* como base para a organização das atividades. Para compor o *corpus* analítico desta etapa, foram selecionadas as produções audiovisuais e as respostas ao questionário final de sete alunos que apresentaram todos os materiais necessários à análise. O processo analítico articula as respostas dos alunos ao formulário às interações e observações registradas em áudio e tela. O objetivo é correlacionar a percepção declarada dos participantes com sua atuação durante a execução das atividades propostas.

A Figura 22, elaborada a partir dos pressupostos da ATD e operacionalizada no *software MaxQda*, expõe a categoria Apropriação das Funcionalidades do GeoGebra e a Exploração

Visual, acompanhada de suas respectivas subcategorias. Essa representação permite visualizar de forma clara e estruturada, a arquitetura analítica da investigação.

Figura 22 - Categoria: Apropriação das Funcionalidades do GeoGebra e a Exploração Visual, e respectivas subcategorias.

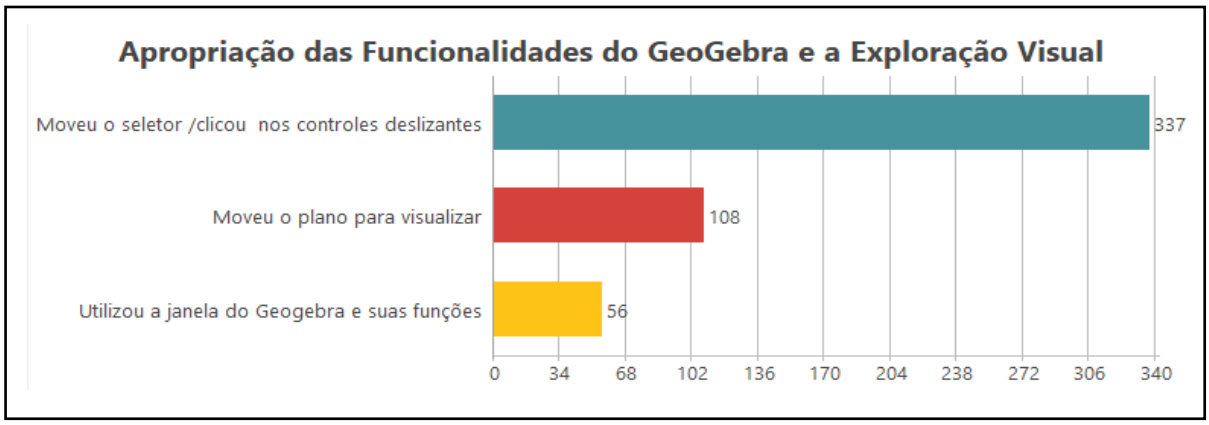


Fonte: Elaborada pela autora com base no *MaxQda* 2018

Conforme explicitado na Figura 22, esta categoria é composta por três subcategorias e cinco *emoticons*, os quais foram incorporados ao sistema de codificação com o propósito de registrar as manifestações emocionais dos alunos. Posteriormente, esses elementos foram sistematizados e agrupados nas categorias analíticas correspondentes, de modo a integrar a dimensão afetiva ao processo interpretativo de dados.

A Figura 23, oferece um panorama da frequência de cada subcategoria.

Figura 23 - Frequência de cada subcategoria da categoria 1



Fonte: Elaborada pela autora com base no *MaxQda* 2018

O gráfico mapeou as interações dos alunos no ambiente *GeoGebra.org* no andamento da Sequência Didática, realçando a manipulação dos controles deslizantes e a apropriação progressiva das funcionalidades do *software*.

Essa abordagem de ensino fundamenta-se na premissa de que, em ambientes dinâmicos, a construção de conceitos geométricos requer um equilíbrio intrínseco entre os aspectos conceituais e figurais (Gravina, 1996). Nessa ótica, as ações dos estudantes assumem um caráter ativo e investigativo: eles testam possibilidades, elaboram estratégias, formulam conjecturas, constroem argumentações e deduzem propriedades matemáticas. Tal dinâmica favorece a transição da manipulação concreta – potencializada pelo recurso do "desenho em movimento" – para a compreensão e a abstração conceitual.

Corroborando esse potencial, a possibilidade de visualizar objetos tridimensionais sob múltiplas perspectivas foi recorrentemente apontada pelos participantes como um fator determinante para a compreensão do conteúdo, percepção essa destacada nas respostas aos questionários.

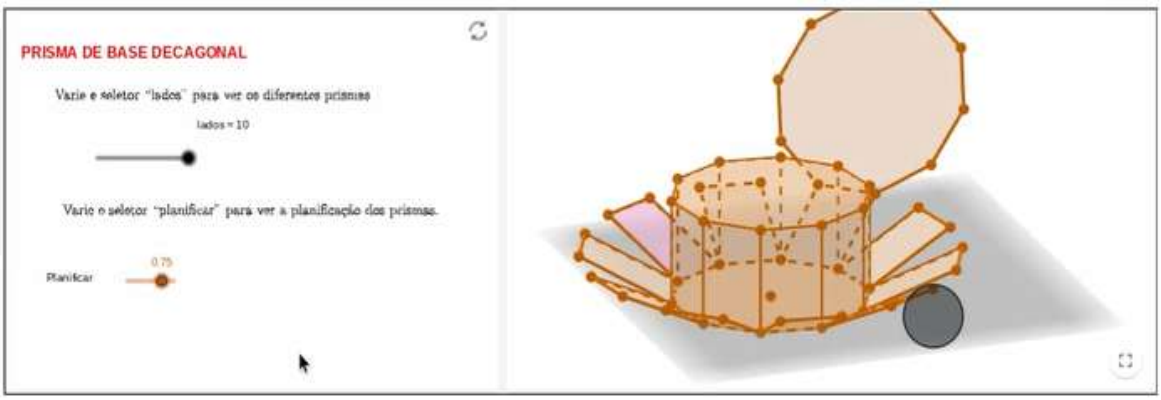
A seguir, evidências do Aluno 1 que exemplificam esta categoria.

Quadro 5 - Excertos da Resposta de A1 Pertencentes à Categoria 1

Resposta de A1	
Q1	"*Achei mais interessante em poder* ***visualizar os planos de vários ângulos***."
Q3	"*De poder* ***visualizar os planos de várias formas*** *e assim facilitava de fazer as contas e ter mais entendimento do conteúdo."*

A visualização e simulação são perceptíveis ao longo do desenvolvimento do projeto. No Segundo Encontro, durante a Tarefa 1, A1, ao manipular o controle deslizante com o objetivo de planificar um prisma de base decagonal, verbalizou: *"abrir... olha que legal!... sobe, desce"*. A ação foi repetida diversas vezes, sinalizando engajamento e curiosidade, conforme registrado no excerto audiovisual analisado.

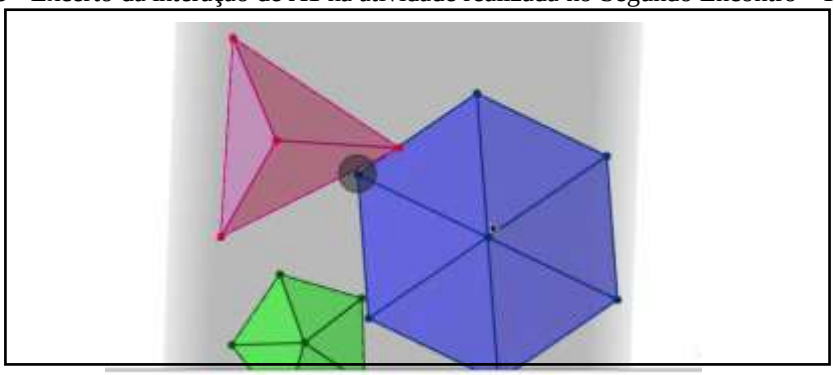
Figura 24 - Excerto da interação de A1 na atividade realizada no Segundo Encontro - Tarefa 1



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

A manipulação direta manifestou-se no momento em que A1 acionou repetidamente os controles deslizantes, explorando tanto a planificação quanto a movimentação do plano. Durante a realização da Tarefa 2, ao movimentar a pirâmide e observar suas faces a partir da vista superior, comentou: *"Olha que legal, parece um guarda-chuva."* Para ilustrar essa interação, apresenta-se, a seguir, o excerto correspondente.

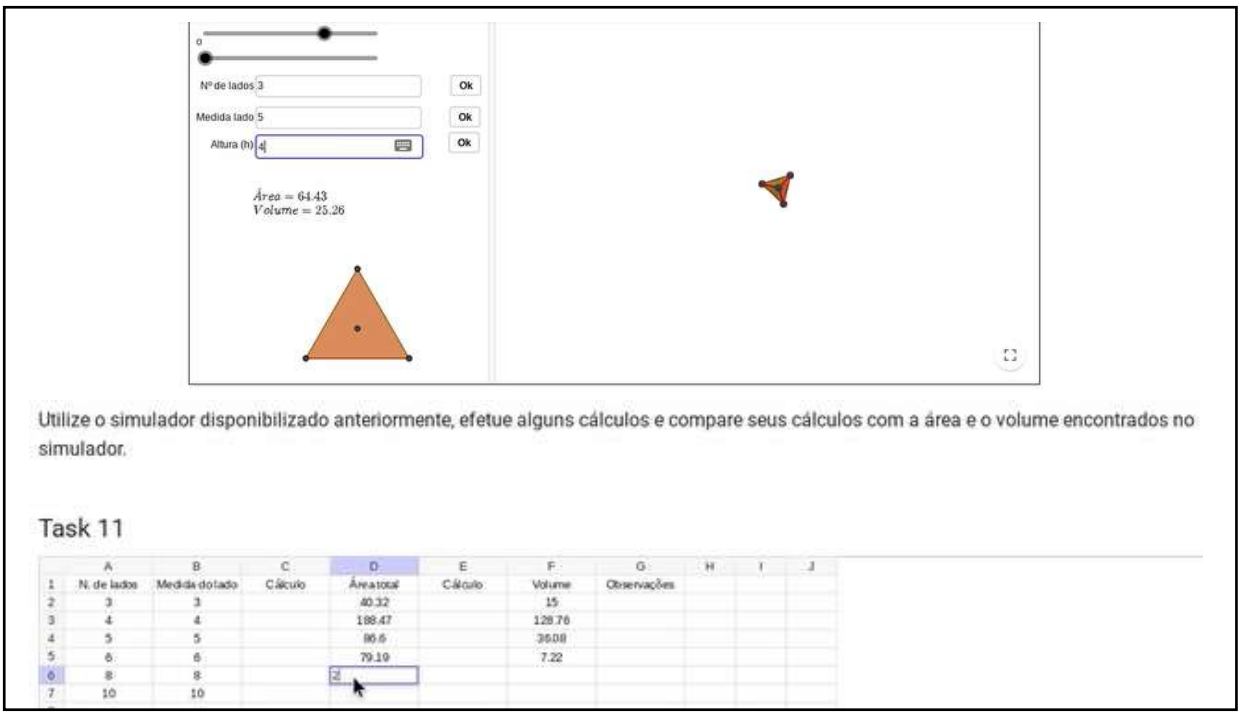
Figura 25 - Excerto da interação de A1 na atividade realizada no Segundo Encontro - Tarefa 2



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

No Segundo Encontro, durante a realização da Tarefa 5, constatamos que o acionamento dos recursos automáticos de registro no momento em que A1 preencheu a tabela com os valores de área e volume das pirâmides, obtidos no ambiente *GeoGebra.org* por meio da adequada utilização do simulador. Eis o registro dessa interação:

Figura 26 - Excerto da interação de A1 na atividade realizada no Segundo Encontro - Tarefa 5



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

As interações do participante A1 com um ambiente *GeoGebra.org*, demonstraram a validade da visualização e simulação no processo de aquisição conceitual. A manipulação do controle deslizante para efetuar a planificação de um prisma decagonal suscitou verbalizações de surpresa e engajamento, indicando uma experiência de descoberta cinestésica. Ademais, a manipulação direta da pirâmide, que culminou na identificação da vista superior com uma analogia ("parece um guarda-chuva"), ilustrou a capacidade de transferência e modelagem mental de objetos tridimensionais. Finalmente, na Tarefa 5, o uso instrumental do simulador para a obtenção precisa de dados de área e volume, e o subsequente registro em tabela, atestou a apropriação dos recursos tecnológicos como ferramentas para validação e sistematização de resultados geométricos.

As evidências referentes ao Aluno 2 nesta categoria são apresentadas abaixo.

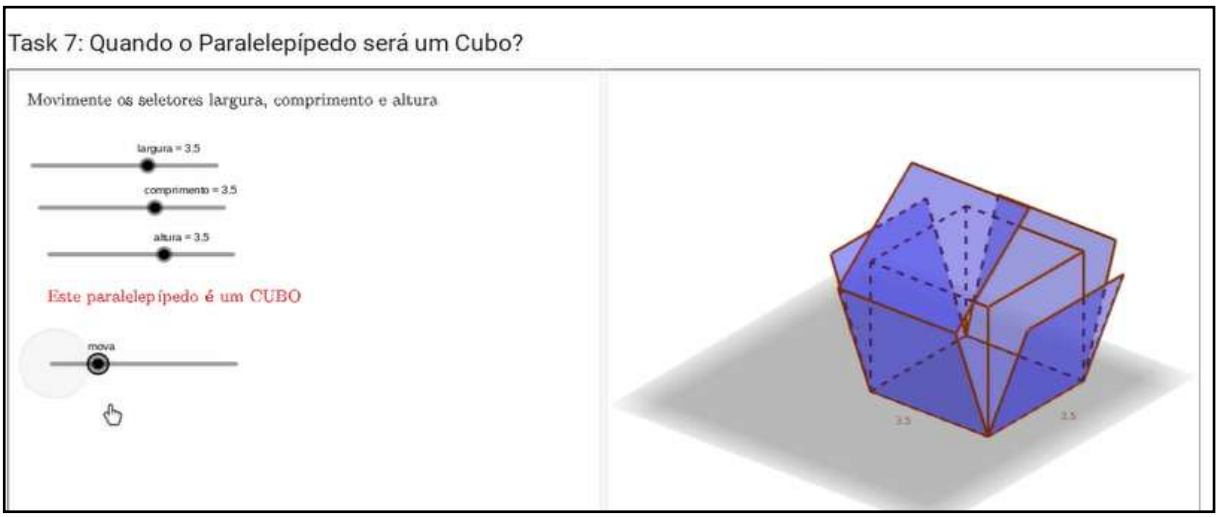
Quadro 6 - Excertos da Resposta de A2 Pertencentes à Categoria 1

Resposta de A2	
Q1	"*Foi possível ter uma* ***visão mais ampla das formas****, o que facilitou nos cálculos.*
Q3	"*Me ajudaram* ***na percepção das formas, e a não confundir os elementos dos poliedros***

Um momento de descoberta de A2 foi registrado no Primeiro Encontro, durante a Tarefa 1, concernente à planificação de sólidos. Ao conseguir, pela primeira vez, planificar o paralelepípedo, o aluno expressou surpresa exclamando: *"Oh doido!"* Em seguida, ao planificar o cubo, manteve sua exploração, verbalizando um prolongado *"ooohhhh..."* enquanto manipulava repetidamente o seletor e observava, de forma dinâmica, a construção e a planificação do cubo.

Essa interação explicita as potencialidades do *GeoGebra*, ambiente que possibilita a manipulação de objetos e a alteração de parâmetros em tempo real. Consoante Bortolossi (2016, p. 433), "[...] uma vez que uma determinada construção é feita, os elementos iniciais constituintes da construção podem ser alterados e o aluno consegue então, em tempo real, verificar como estas mudanças afetam os resultados finais." O episódio em questão, cuja interação é exposta no excerto apresentado abaixo, corrobora a relevância desse dinamismo para a construção intuitiva e significativa dos conceitos pelo estudante.

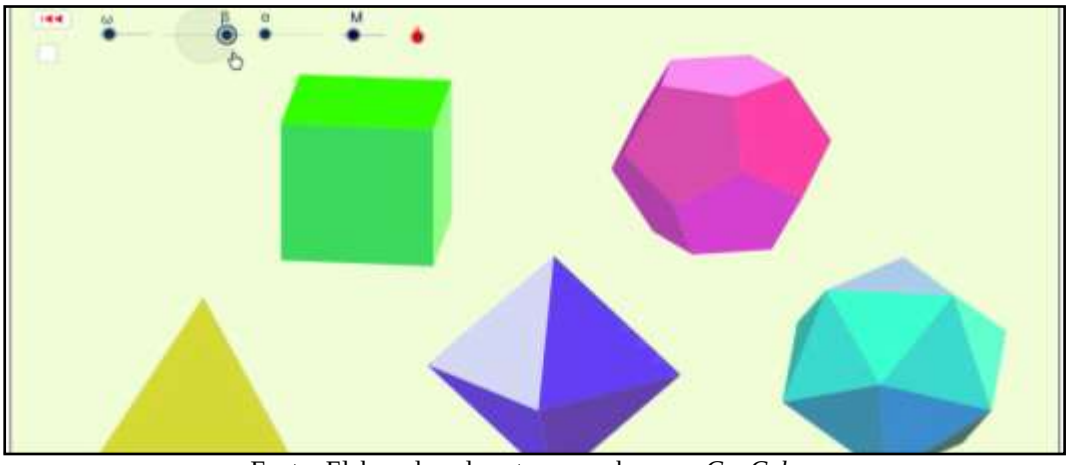
Figura 27- Excerto da interação de A2 na atividade realizada no Primeiro Encontro - Tarefa 1



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

Na Tarefa 3 do Primeiro Encontro, a interação de A2 com o *software* foi marcada pela exploração dos Poliedros de Platão. A2 manipulou os controles deslizantes e rotacionou os sólidos, enunciando, simultaneamente, seu entusiamo diante da visualização: *"oh, que bacana... óia... óia..."*. Essa interação pode ser observada nesta imagem:

Figura 28 - Excerto da interação de A2 na atividade realizada no Primeiro Encontro - Tarefa 1

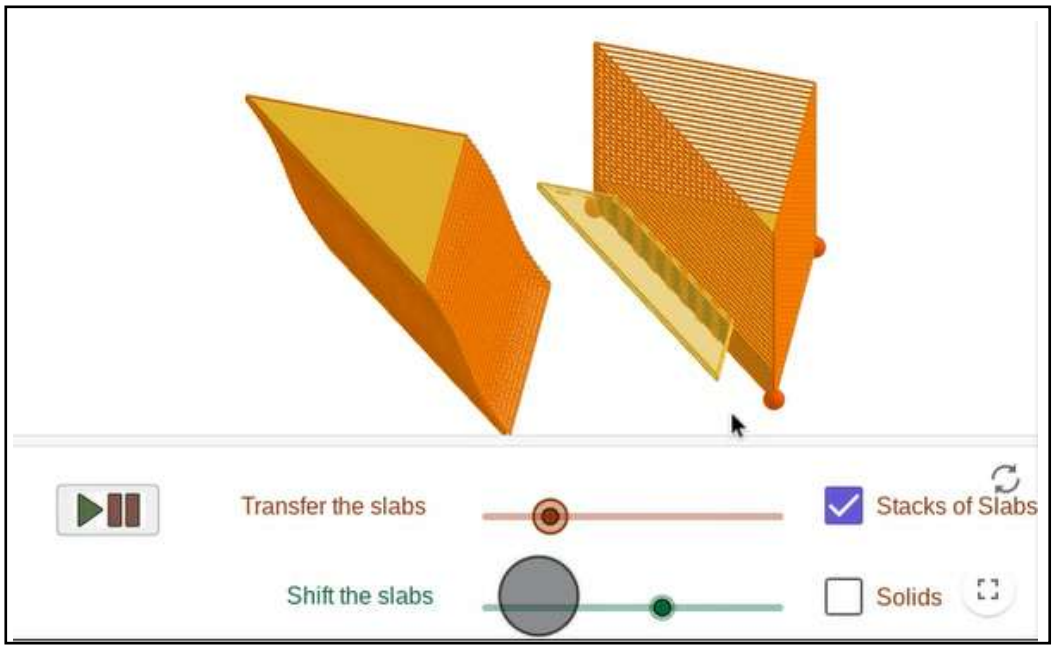


Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

No Segundo Encontro, durante a realização da Tarefa 4, referente ao Princípio de Cavalieri, A2 elaborou uma rica analogia para atribuir sentido ao fenômeno observado. Após manipular os controles deslizantes, o estudante traduziu o conceito matemático para uma colega por meio de uma metáfora forjada no cotidiano: *"esse aqui, é como se fosse um prisma e esse tipo uma forminha, que cortava as faquinhas, fatiando o prisma, e esse aqui um forno, como se colocasse cada uma ali dentro"*. Tal explicação, retratada nesta imagem, revela um processo

de apropriação conceitual marcado por criatividade, elaboração pessoal e busca ativa por significação.

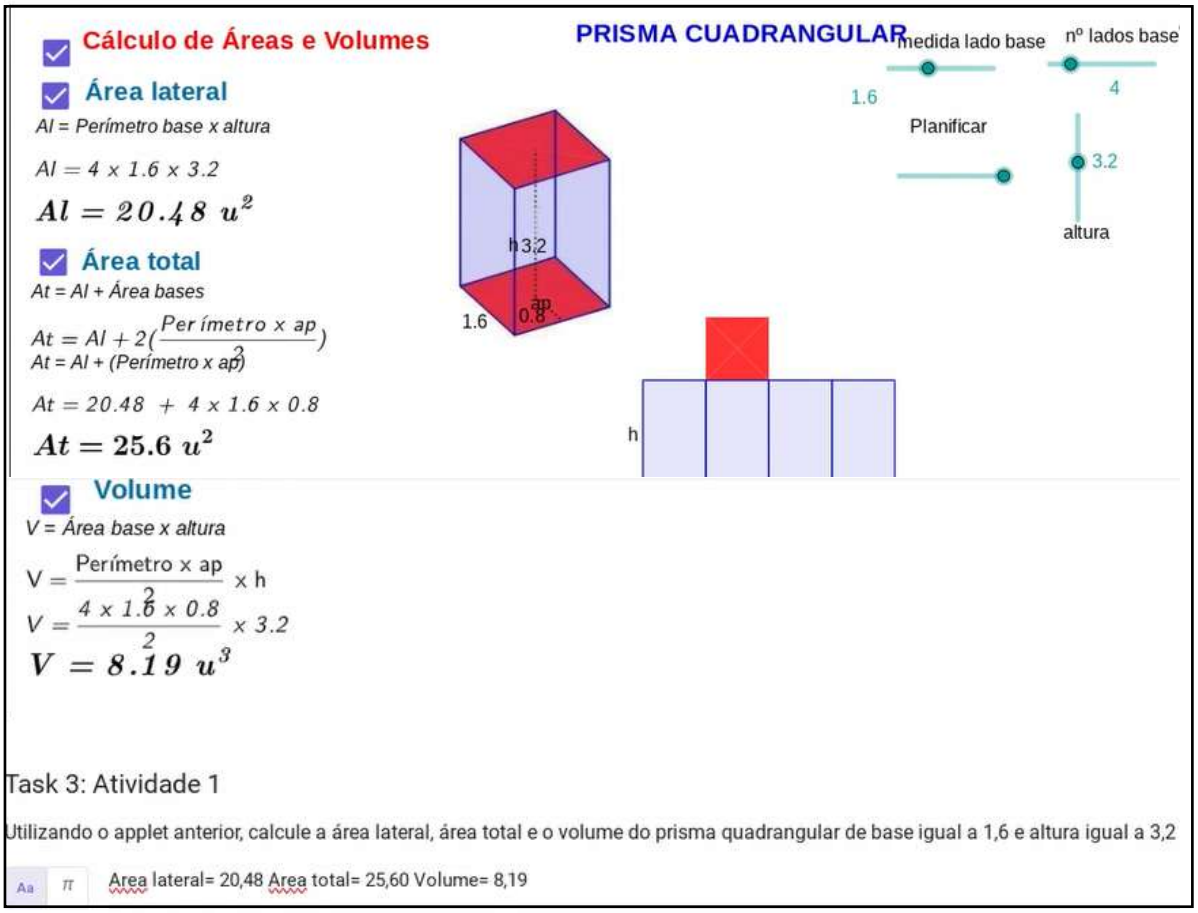
Figura 29 - Excerto da interação de A2 na atividade realizada no Segundo Encontro - Tarefa 4



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

Na ocasião do Segundo Encontro, na Tarefa 5, que versou área e volume de prismas, A2 demonstrou, inicialmente, preferência por métodos tradicionais, optando por realizar os cálculos manualmente. A transição em sua estratégia ocorreu somente ao final da atividade, após a intervenção de uma colega que o alertou sobre a funcionalidade de "registro automático" do *GeoGebra*, recurso que exibe, passo a passo, o desenvolvimento dos cálculos ao clicar em um ícone, até então desconhecido por A2. Em face dessa descoberta, o estudante modificou sua abordagem e, na atividade subsequente, passou a utilizar o registro gerado pelo *software* para responder aos demais itens, manifestando uma rápida apropriação da nova ferramenta, conforme este excerto:

Figura 30 - Excerto da interação de A2 na atividade realizada no Segundo Encontro - Tarefa 5



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

O percurso de interação do Aluno 2 (A2) com o *GeoGebra.org* ilustrou a efetividade da visualização dinâmica na reorganização cognitiva de conceitos geométricos espaciais. As verbalizações de surpresa durante a planificação de sólidos e a exploração dos Poliedros de Platão evidenciaram a relevância do *software* como um catalisador para a descoberta intuitiva e o engajamento emocional. O ponto de maior significado conceitual foi alcançado na Tarefa 4, onde A2 demonstrou a apropriação profunda do Princípio de Cavalieri ao construir uma analogia metafórica baseada em elementos do cotidiano, revelando a capacidade de transferência de conhecimento e elaboração pessoal.

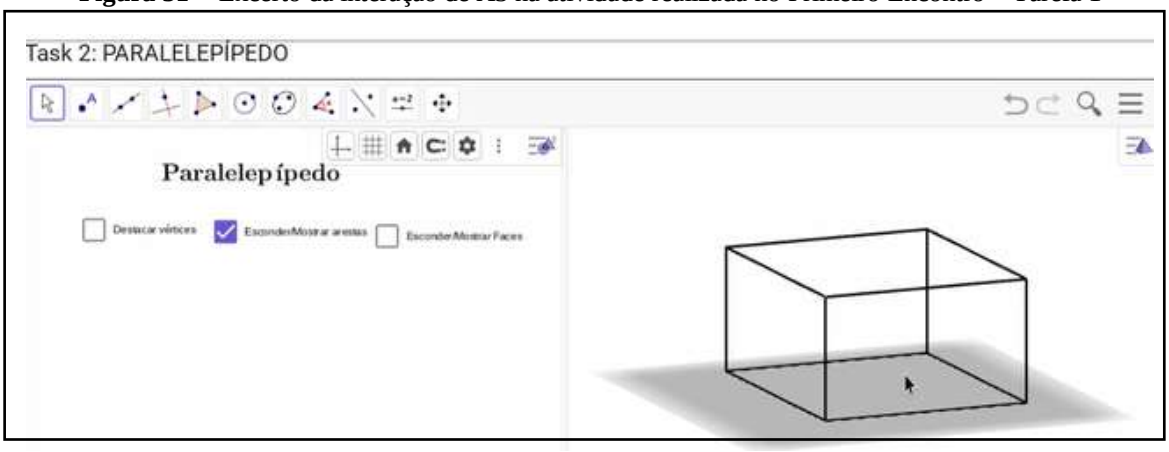
A seguir, detalham-se as evidências do Aluno 3 para esta categoria.

Quadro 7 - Excertos da Resposta de A3 Pertencentes à Categoria 1

Resposta de A3	
Q1	"*A **interação com as formas geométricas e o poder de editar e calcular as f**ormas, assim tornando mais fácil a compreensão*".
Q3	"***As formas de visualização ajudou muito para poder compreender as forma** de um jeito mais fácil pois assim seria mais fácil para **entender elas inteiras**".*

Durante a execução da Tarefa 1, no Primeiro Encontro, A3 optou por uma abordagem metódica para a contagem dos elementos do poliedro, explicitando em voz alta seu raciocínio ao enumerar faces, arestas e vértices. Para tornar o processo mais preciso, manipulou ativamente os seletores da interface, uma funcionalidade que lhe permitiu isolar visualmente cada tipo de elemento. Esse procedemento torna patente a internalização da ferramenta digital como aporte cognitivo para focalizar a atenção e reduzir a complexidade da tarefa. O seguinte fragmento ilustra essa interação.

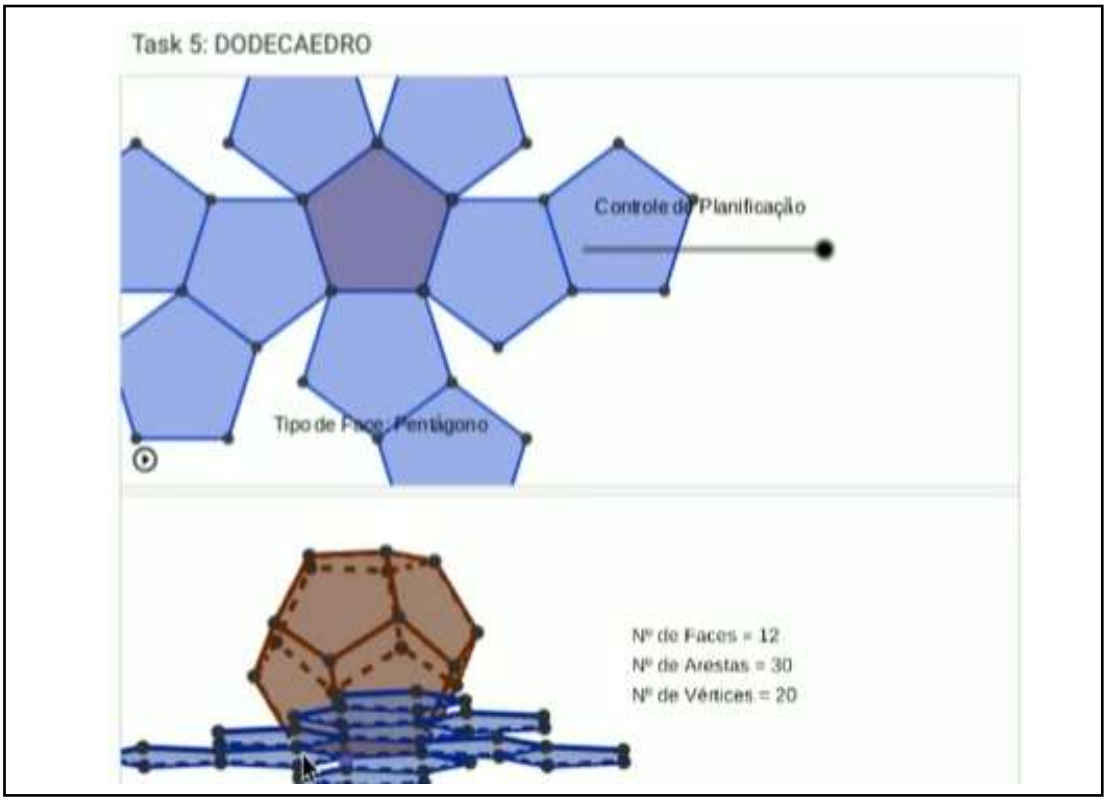
Figura 31 - Excerto da interação de A3 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 1



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

Na condução da Tarefa 4, no Primeiro Encontro, dedicada à exploração dos poliedros regulares, A3 utilizou ativamente os seletores da ferramenta digital para visualizar a planificação de cada sólido. Com base nessa representação bidimensional, o aluno extraiu, sistematicamente, as informações necessárias ao preenchimento da tabela da atividade, identificando o tipo de polígono que compõe as faces, bem como a contagem exata de faces, arestas e vértices. Essa abordagem investigativa, que articula a manipulação do objeto virtual à análise de suas propriedades geométricas, pode ser observada abaixo:

Figura 32 - Excerto da interação de A3 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 4



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

A análise de A3 demonstra que o ambiente *GeoGebra.org* atua como um facilitador cognitivo, permitindo que a manipulação técnica de seletores e planificações se converta em rigor analítico. Ao utilizar a interface para isolar elementos e sistematizar dados, o aluno integra a ferramenta ao seu raciocínio, transformando a visualização dinâmica em um suporte para a contagem precisa e a validação empírica das propriedades geométricas.

Para o Aluno 4, as evidências desta categoria são as seguintes:

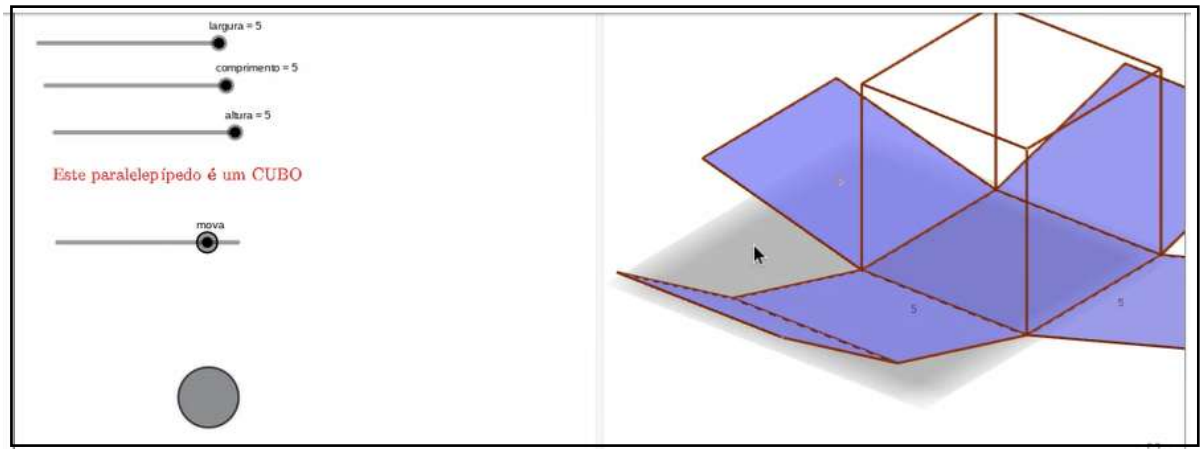
Quadro 8 - Excertos da Resposta de A4 Pertencentes à Categoria 1

	Resposta de A4
Q1	"*A facilidade de entender o conteúdo, a* ***interação*** *que o aplicativo nos proporcionou, o auxílio da professora etc."*
Q3	"A*s possibilidades de* ***mover, de mexer, de olhar 360****, etc".*
Q5	"*Contribuiu muito para meu conhecimento, e prendeu minha atenção para o conteúdo, pois foi de uma forma* ***mais dinâmica e interativa****. E finalmente pude entender como era por dentro das formas geométricas e como elas funcionam quando estão abertas e fechadas*."

No Primeiro Encontro, no curso da Tarefa 1, A4 reagiu expressivamente ao utilizar o *software.* Ao conseguir planificar o cubo, manifestou espanto e satisfação ao exclamar: *"Oh loco, meu... gostei do cubo!".* A espontaneidade da sua fala denota o impacto da visualização dinâmica, sugerindo que o processo de "planificar" o sólido constituiu uma descoberta visual

proeminente, capaz de despertar interesse imediato pelo objeto de estudo. Esse episódio é traduzido nesta figura:

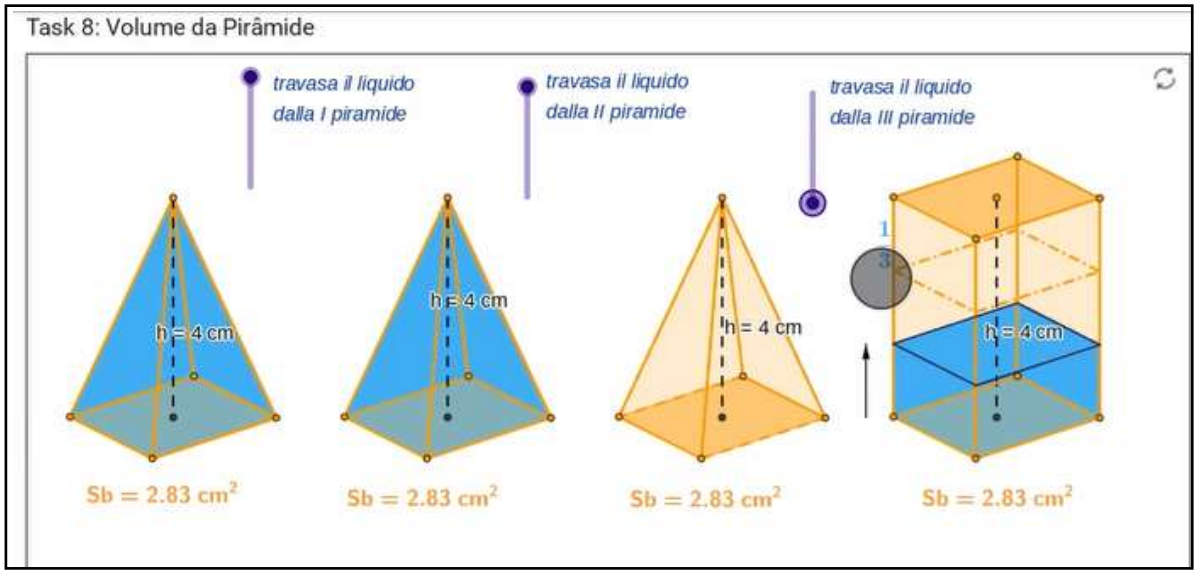
Figura 33 - Excerto da interação de A4 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 1



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

No Segundo Encontro, no transcurso da Tarefa 5, a ferramenta de visualização dinâmica provou ser um catalisador para um expressivo *insight* conceitual de A4. Sua reação de surpresa não se limitou ao apelo visual da animação, mas decorreu, maiormente, da constatação empírica da proporção de três para um entre o volume da pirâmide e o do prisma. Sob essa ótica, a simulação conferiu materialidade a um conceito até então abstrato, transformando uma relação matemática em uma experiência concreta. Esse momento é capturado por esta figura:

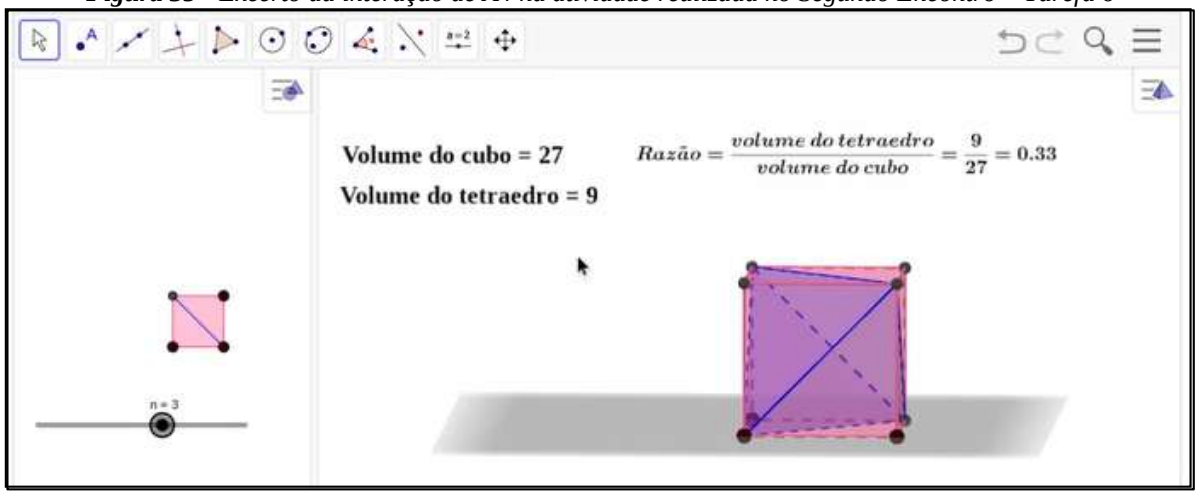
Figura 34 - Excerto da interação de A4 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 5



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

No desenrolar da Tarefa 6, no Segundo Encontro, A4 atuou com desenvoltura e confiança no uso do *software* ao consultar diretamente o histórico de registros automáticos. Em vez de reconstruir os dados manualmente, apropriou-se das informações geradas como fonte primária para justificar suas conclusões. Esse recorte é apresentado na imagem abaixo:

Figura 35 *- Excerto da interação de A4 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 6*



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

O Aluno 4 demonstrou um alto engajamento e facilidade de compreensão da geometria espacial mediada pelo ambiente *GeoGebra.org*. A visualização dinâmica despertou imediato interesse e transformou conceitos abstratos em descobertas concretas, como a constatação empírica da proporção volumétrica de 3:1 entre pirâmide e prisma. Além da visualização, A4 demonstrou apropriação tecnológica ao utilizar os registros automáticos do *software* como fonte confiável para justificar suas conclusões, confirmando o valor do recurso tanto para o *insight* quanto para a sistematização de dados.

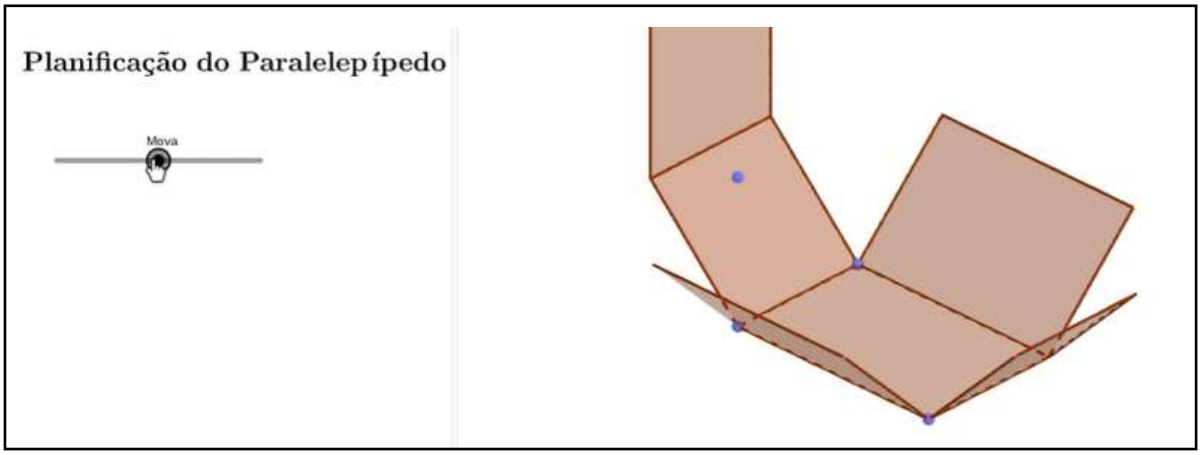
Algumas evidências correspondentes a esta categoria para o Aluno 5 estão listadas a seguir.

Quadro 9 - Excertos da Resposta de A5 Pertencentes à Categoria 1

Resposta de A5	
Q1	"F*icou mais fácil* ***aprender e entender as formas geométrica****, e é bem* ***mais prático de mexer com as formas".***
Q4	"A*judam muito porque você consegue* ***ver melhor os ângulos e quantas faces eles tem."***
Q5	"*Quando eu conseguir* ***ver os lados*** *e diâmetro".*

Na Tarefa 1 do Primeiro Encontro, A5 assinalou uma marcante habilidade de visualização espacial. Ao executar a planificação do paralelepípedo, analisou atentamente o resultado e verbalizou sua compreensão do processo neste comentário: *"Interessante, né? Ele bate certinho"*. Essa declaração indica que o aluno apreendeu a lógica da planificação, reconhecendo a congruência entre as faces opostas e a correspondência precisa das arestas que se articulam na transição do objeto tridimensional para sua representação bidimensional. Esse momento pode ser observado na figura a seguir.

Figura 36 - Excerto da interação de A5 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 1

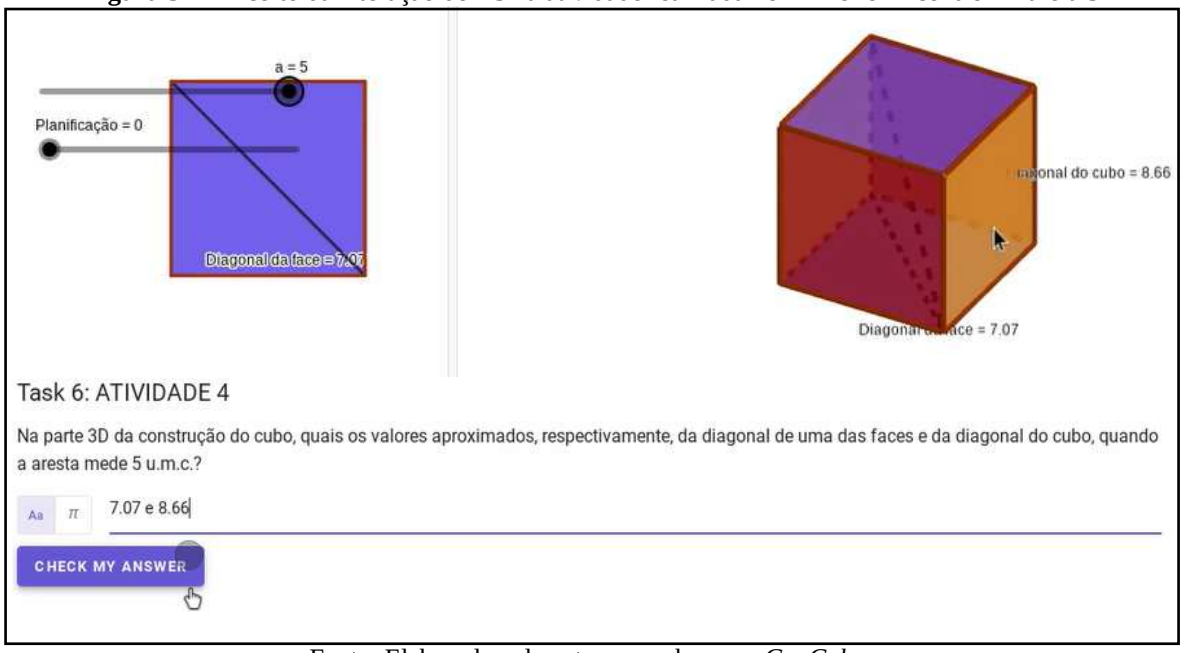


Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

A capacidade do *software* de conjugar diferentes registros de representação reforça sua relevância no processo de aprendizagem. Em um único ambiente, o *GeoGebra* possibilita que o aluno explore um mesmo objeto matemático sob múltiplas representações, favorecendo conexões cognitivas basilares à construção conceitual. Esse aspecto merece destaque, pois, conforme Duval (2016), é necessário que as atividades propostas aos estudantes demandem a mobilização coordenada de dois ou até três registros de representação de forma sinérgica.

Ainda no Primeiro Encontro, no âmbito da Tarefa 5, outra interação de A5 revelou-se determinante. O estudante demonstrou autonomia ao manipular os controles deslizantes para simular diferentes configurações geométricos, utilizando, de modo estratégico, o recurso de atualização automática das medidas para conduzir sua investigação. Nesse processo, comparou variações de volume e de comprimento das diagonais, evidenciando um uso exploratório e reflexivo do *software.* Assim, a ferramenta não foi empregada meramente como um recurso de cálculo, mas como um ambiente dinâmico para testar hipóteses, estabelecer comparações e visualizar conceitos geométricos abstratos de forma concreta. Eis o registro dessa interação:

Figura 37 - Excerto da interação de A5 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 5



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

O Aluno 5 revelou uma apropriação estratégica do ambiente *GeoGebra.org*, reconhecendo a facilidade de aprender pela interação prática e a melhor visualização de elementos. A planificação do paralelepípedo, na Tarefa 1, confirmou a apreensão da lógica de congruência das faces , validando a transição entre registros 2D e 3D. Na Tarefa 5, A5 utilizou o *software* com autonomia investigativa, manipulando controles deslizantes para testar hipóteses e comparar variações de medidas, empregando o GeoGebra como um laboratório dinâmico e não apenas como uma ferramenta de cálculo.

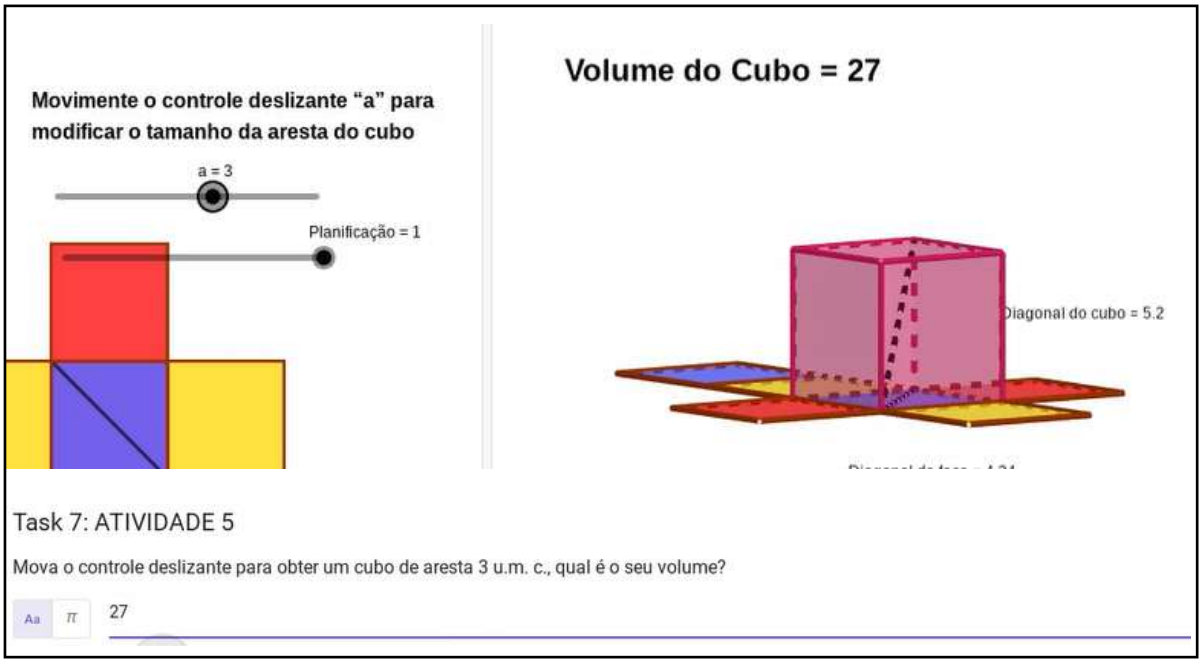
Para o Aluno 6, foram coletadas as seguintes evidências nesta categoria:

Quadro 10 - Excertos da Resposta de A6 Pertencentes à Categoria 1

Resposta de A6	
Q1	*"Que é bem completo a experiência de **interação** com as formas geométricas."*
Q3	*"As **planificações das figuras** facilitaram muito a entender e resolver diversas questões, desde a planificação facilitando a contagem de faces, etc."*

No decorrer da Tarefa 5, no Primeiro Encontro, A6 explorou a interface do *GeoGebra* para ajustar o plano de visualização, de modo a exibir os elementos geométricos solicitados, como diagonais e volume. A utilização direta dos registros gerados automaticamente pelo *software* indica que o estudante reconhece como uma ferramenta eficaz para a obtenção de resultados, recorrendo a ela para acessar informações com agilidade e precisão. Essa interação é divulgada no excerto a seguir.

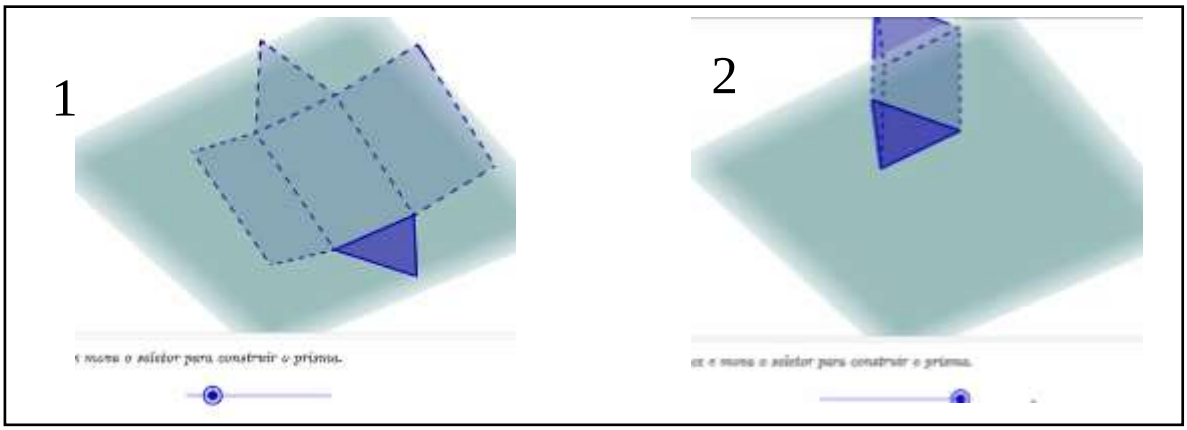
Figura 38 - Excerto da interação de A6 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 5



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

Na Tarefa 1 do Encontro 2, A6 empregou uma abordagem metódica, explorando sistematicamente as diferentes configurações disponíveis no ambiente digital. Sua estratégia pautou-se na seleção de faces e na observação cuidadosa da animação de construção do prisma, o que lhe permitiu acompanhar, de forma progressiva, a formação do sólido. Esse percurso investigativo culminou na correta resolução da atividade, apontando para a compreensão da relação entre os elementos constituintes do poliedro e sua estrutura final. Tal interação pode ser observada na imagem a seguir, na qual se destacam dois momentos representativos desse processo.

Figura 39 - Excerto das interações de A6 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 1



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

O Aluno 6 evidenciou um reconhecimento claro da experiência completa e interativa do ambiente *GeoGebra.org*, destacando o papel da planificação para facilitar a compreensão e a contagem de elementos. A6 manifestou uma instrumentalização eficiente ao utilizar os registros automáticos do *software* para obter dados com precisão. Além disso, o estudante empregou uma abordagem metódica e investigativa, explorando a animação da construção do prisma para consolidar a relação entre os elementos e a estrutura final do poliedro.

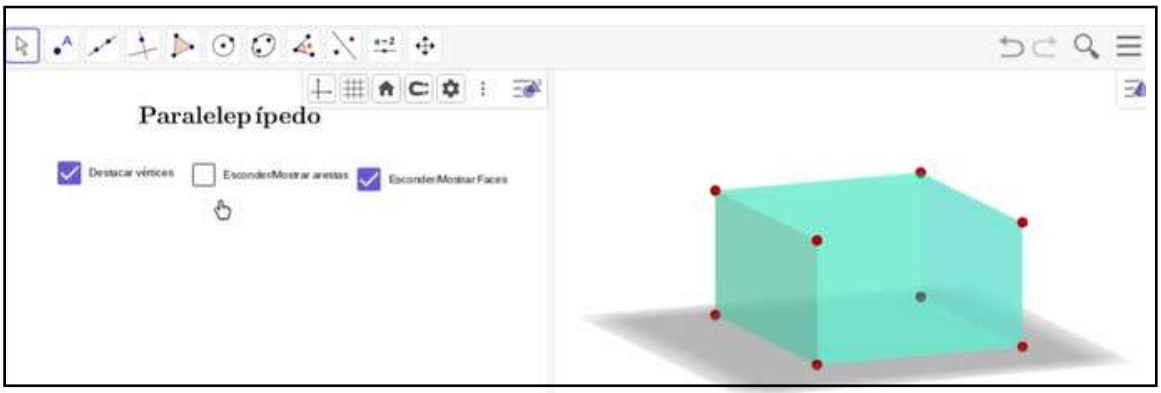
Para o Aluno 7, as evidências desta categoria são as seguintes:

Quadro 11 - Excertos da Resposta de A7 Pertencentes à Categoria 1

	Resposta de A7
Q1	*"**Melhor para cálculos** com gráficos, **e geometria**, e também em coordenadas."*
Q3	*"**Cálculo de área, volume** e coordenadas."*

Na Tarefa 1 do Encontro 1, A7 revelou um processo ativo de apropriação conceitual. A exploração iniciou-se com a manuseio dos controles interativos (seletores), por meio dos quais pode observar, em tempo real, os efeitos de suas ações sobre o modelo digital. Essa etapa exploratória subsidiou a identificação e a enumeração das arestas, faces e vértices do paralelepípedo, exemplificado abaixo:

Figura 40- Excerto das interações de A7 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 1

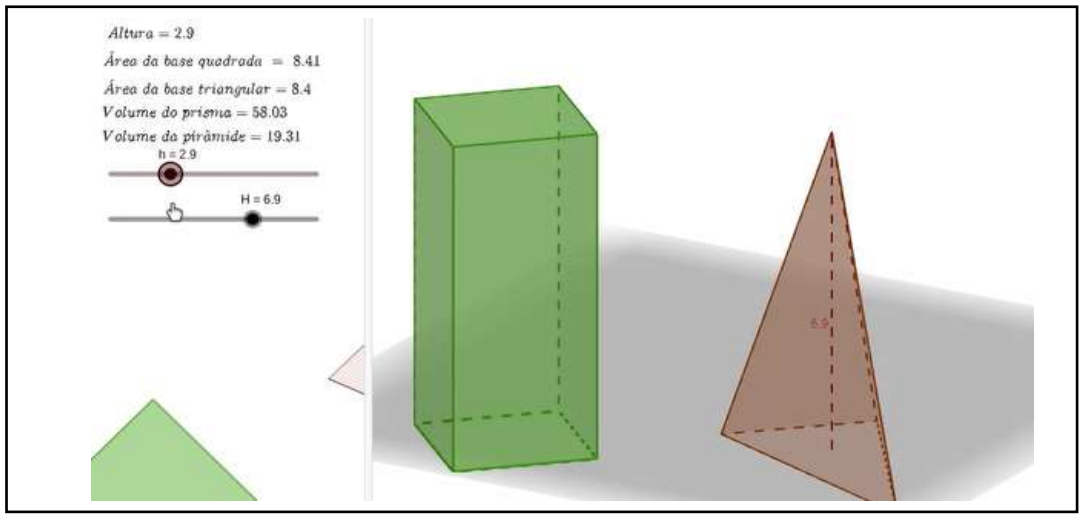


Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

Na Tarefa 3 do Encontro 2, A7 procedeu a uma investigação empírica sobre a relação entre os volumes do prisma e da pirâmide. Por meio da manipulação sistemática dos controles deslizantes, examinou a variação concomitante dos volumes de ambos os sólidos, estabelecendo uma correspondência direta entre os valores gerados dinamicamente. A partir dessa exploração, o aluno foi capaz de perceber a relação de proporcionalidade fundamental entre as figuras, constatando que o volume da pirâmide equivale a um terço do volume de um prisma que

compartilha a mesma base e altura. Esse processo encontra-se representado na imagem subsequente.

Figura 41 - Excerto das interações de A7 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 3



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

O Aluno 7 valorizou o ambiente *GeoGebra.or*g primariamente por sua capacidade de cálculo e representação gráfica. A interação foi marcada pela exploração ativa dos controles deslizantes para a correta identificação dos elementos do poliedro. O principal *insight* ocorreu na Tarefa 3, onde a manipulação sistemática das variáveis permitiu a A7 a constatação empírica da fundamental relação de proporcionalidade, estabelecendo que o volume da pirâmide é um terço do volume do prisma.

Os episódios observados ratificam o potencial do ambiente *GeoGebra.org* para a visualização, interação, simulação e descoberta. Esse potencial sustenta-se no conceito de "objetos concreto-abstratos" (Hebenstreint, 1987 *apud* Gravina, 1998, p. 8), segundo o qual o computador viabiliza a criação de uma nova categoria de objetos que são simultaneamente concretos, por sua manipulabilidade e existência na tela, e abstratos, por serem construções derivadas de concepções mentais.

Nesse panorama, o *GeoGebra.org* permite ao usuário realizar movimentos e alterar parâmetros de uma construção. Bortolossi (2016) sublinha que, mesmo após a criação de um objeto, o aluno pode modificar seus elementos iniciais e observar instantaneamente o impacto dessas alterações nos resultados finais e nas relações estruturais da figura. Esse *feedback* visual é determinante, pois fomenta a análise das interconexões entre os elementos modificados e suas repercussões na construção como um todo.

A análise das interações dos estudantes durante a Sequência Didática revelou que a apropriação das ferramentas do ambiente *GeoGebra.org* ocorreu em dois níveis distintos, porém complementares: o representacional e o investigativo.

No nível representacional, o *software* atuou como uma ferramenta de visualização dinâmica, superando as limitações do ensino tradicional estático e unidimensional. Os estudantes transformaram figuras estáticas em objetos interativos e perceptivamente concretos, valorizando a possibilidade de rotacionar sólidos, observar planificações e acompanhar passo a passo a construção de cada figura, o que favoreceu a consolidação de uma compreensão espacial.

No nível investigativo, os alunos transcenderam a observação passiva, utilizando o ambiente digital como um verdadeiro laboratório de descobertas matemáticas, assumindo uma postura de protagonista. Manipularam controles, testaram hipóteses e exploraram as correlações entre variáveis geométricas, utilizando o *GeoGebra.org* como recurso ativo para investigar propriedades, formular conjecturas e tecer deduções informais.

Em linhas gerais, o *GeoGebra.org* se estabelece como um ambiente dinâmico essencial para a construção ativa e significativa do conhecimento matemático. Ele potencializa o aprendizado por meio da manipulação de "objetos concreto-abstratos" e do *feedback* visual instantâneo, atuando em dois níveis cruciais: no representacional, ao tornar conceitos abstratos tangíveis, e no investigativo, ao incentivar a exploração autônoma e a formulação de hipóteses. Consequentemente, o *GeoGebra* não apenas aprofunda a compreensão matemática de forma intuitiva, como também cultiva o protagonismo estudantil e a curiosidade intelectual, ao permitir que os alunos observem em tempo real as consequências imediatas de suas ações sobre os objetos matemáticos.

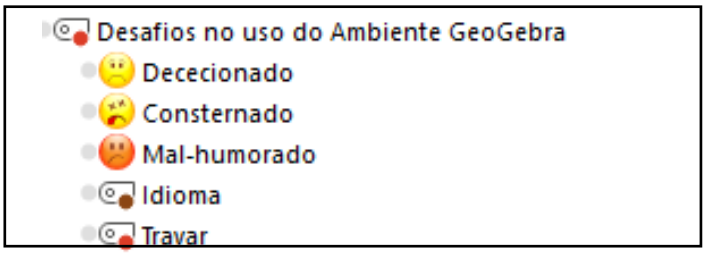
4.2 CATEGORIA 2: DESAFIOS NO USO DO AMBIENTE *GEOGEBRA* NA EXPLORAÇÃO DE POLIEDROS

A segunda categoria de análise dedica-se a identificar e compreender os desafios enfrentados pelos alunos ao interagir com o livro digital. O objetivo desta investigação suplanta a simples observação de erros de procedimento, procurando capturar as dificuldades relacionadas à visualização, à manipulação da ferramenta e à interpretação dos objetos tridimensionais no ambiente *GeoGebra.*

A categoria "Desafios no uso do Ambiente GeoGebra na Exploração de Poliedros"**,** está estruturada de forma pormenorizada na Figura 42. Ela é composta por duas subcategorias, que

organizam os tipos de desafios observados e utiliza três *emoticons* como códigos visuais para representar os obstáculos mais recorrentes e as reações emocionais dos alunos durante a execução das atividades.

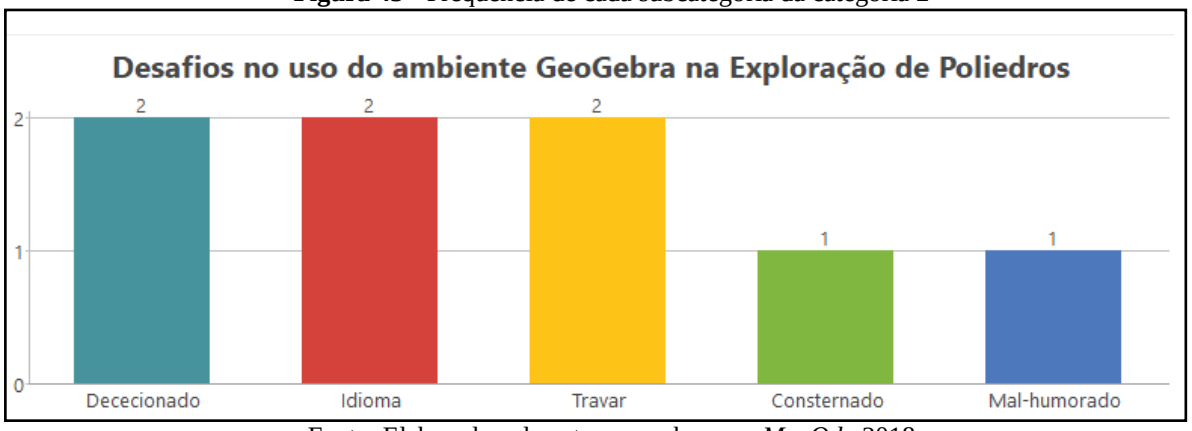
Figura 42 - Categoria: Desafios no uso do Ambiente GeoGebra na Exploração de Poliedros e as subcategorias



Fonte: Elaborada pela autora com base no *MaxQda* 2018

A Figura 42 sistematiza a frequência das subcategorias e dos *emoticons* identificados, revelando os pontos que exigiram maior esforço cognitivo dos estudantes.

Figura 43 - Frequência de cada subcategoria da categoria 2



Fonte: Elaborada pela autora com base no *MaxQda* 2018

Para uma apreciação mais acurada dos resultados, é necessário contextualizar a abrangência da pesquisa. Os quatro episódios mapeados no gráfico foram identificados dentro de um escopo investigativo mais amplo, que contemplou a análise de 53 atividades distintas, realizadas por um grupo de sete alunos. Dessa forma, os dados representados graficamente sintetizam as ocorrências relevantes, sobrelevando as interações que se sobressaíram em meio ao conjunto total de observações realizadas.

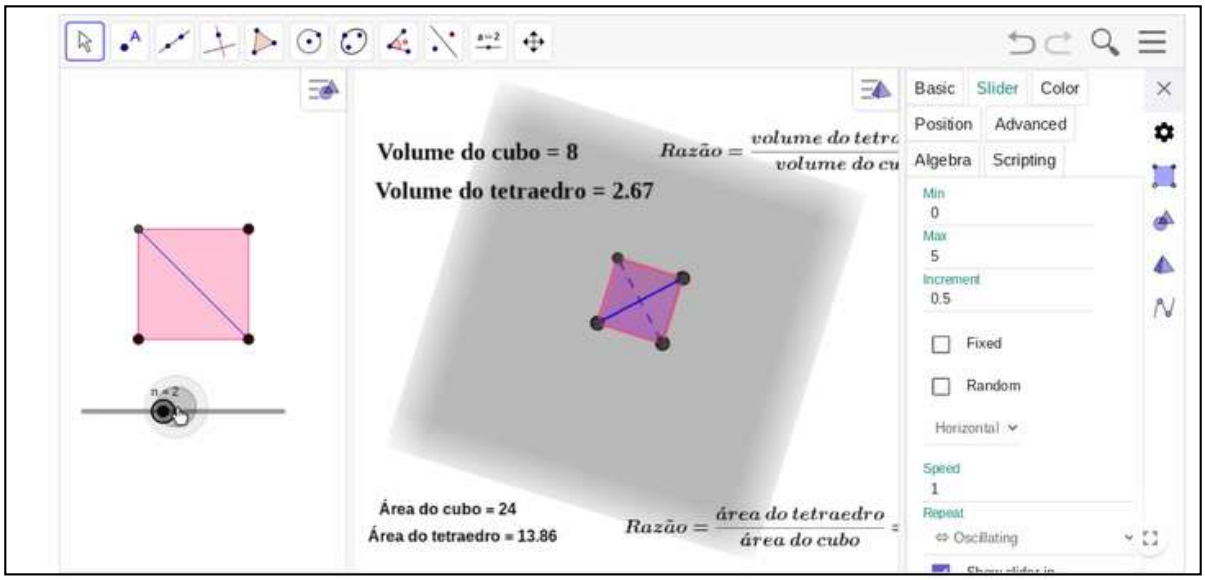
Este excerto, extraído das respostas de A1 ao questionário, exemplifica e aprofunda a análise desta categoria.

Quadro 12 - Excertos da Resposta de A1 Pertencentes à Categoria 2

Resposta de A1	
Q1	"*Quando o aplicativo dava uma* ***travada***."

No transcurso da execução da Tarefa 6, no Segundo Encontro, A1 externou interesse em explorar a relação espacial entre as figuras, operando o *software* para obter maior entendimento. Ele iniciou a rotação do plano com o intuito de visualizar com clareza o tetraedro inscrito no cubo. Entrementes, a interação foi interrompida por uma falha técnica que travou a interface, impossibilitando qualquer manipulação do objeto tridimensional. Após breve período, o programa retomou o funcionamento, permitindo que o aluno superasse o obstáculo e concluísse com êxito as atividades propostas. Na esteira do exposto, um excerto:

Figura 44 - Excerto das interações de A1 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 6



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

A evidência para o Aluno 1 concentrou-se nas dificuldades técnicas, especificamente o travamento do *software*, que se configurou como um obstáculo externo à cognição na aprendizagem mediada pela tecnologia. Durante a Tarefa 6, a falha técnica interrompeu o fluxo de interação e o acesso ao entendimento visual-espacial. Embora o programa tenha retomado o funcionamento, a ocorrência sublinha a vulnerabilidade do ambiente digital e como a instabilidade da plataforma pode frustrar a investigação e impor uma barreira temporária à construção do conhecimento, exigindo persistência do estudante para a conclusão da tarefa.

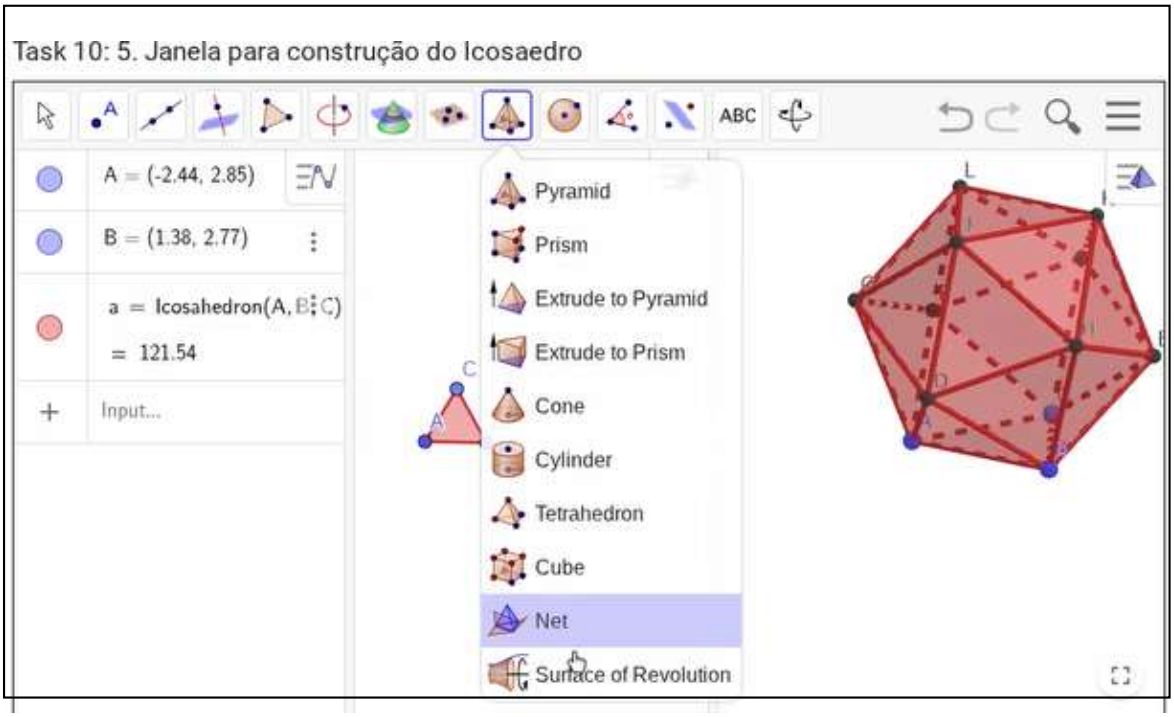
As evidências do Aluno 2 para esta categoria são as seguintes:

Quadro 13 - Excertos da Resposta de A2 Pertencentes à Categoria 2

Resposta de A2	
Q1	"*Na troca dos **idiomas**.*"

Uma evidência da competência de A2 foi constatada no Terceiro Encontro, durante a Tarefa 2. Embora ele tenha declarado formalmente que o idioma estrangeiro da interface representava um obstáculo, as gravações de sua interação com o *software* sugerem o contrário. A análise da sua performance revela que A2 executou corretamente todas as etapas da atividade, manejando as ferramentas e comandos em outro idioma sem dificuldades aparentes. O registro a seguir, assevera que sua habilidade de inferir o significado dos termos pelo contexto, aliada ao uso de conhecimentos prévios, permitiu-lhe completar a tarefa com sucesso, superando a barreira linguística de forma autônoma e eficiente, mesmo classificando a experiência uma como jornada permeada por desafios.

Figura 45 - Excerto das interações de A2 na atividade realizada no Terceiro Encontro – Tarefa 2



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

Embora o Aluno 2 (A2) ter relatado a troca de idioma como obstáculo, sua performance instrumental apontou o oposto. A análise revelou que A2 executou todas as etapas corretamente na Tarefa 2, inferindo o significado dos comandos pelo contexto e utilizando o conhecimento prévio. Essa competência autônoma permitiu-lhe superar a barreira linguística de forma eficiente, indicando que a natureza visual do *software* prevaleceu sobre o desafio idiomático.

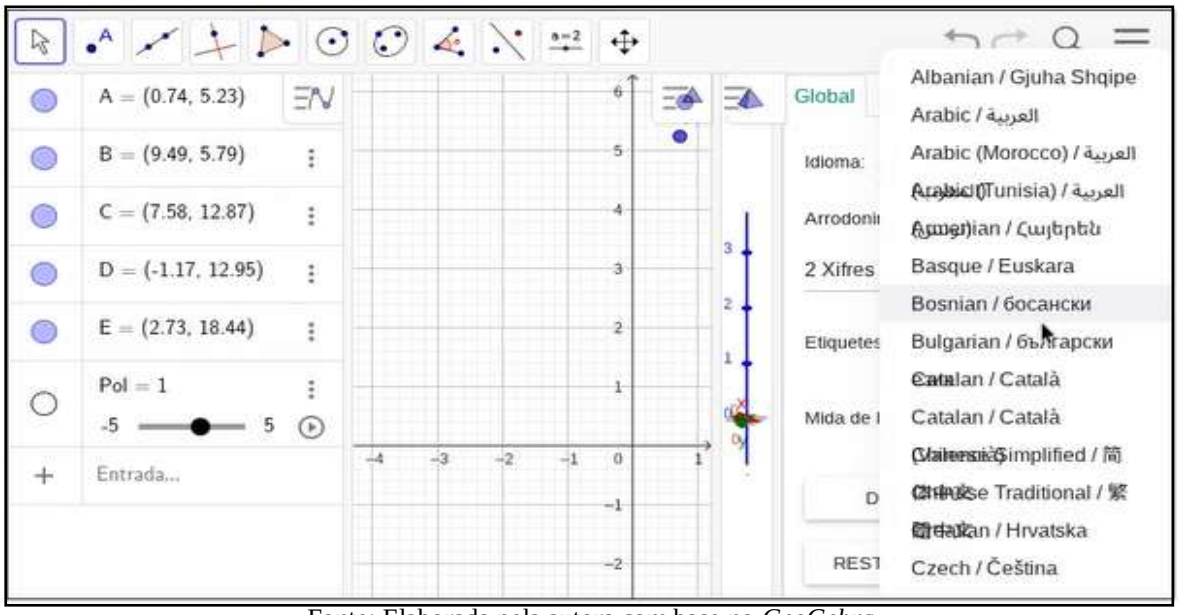
O excerto a seguir, extraído das atividades do Aluno 3, contribuem para exemplificar e aprofundar a discussão desta categoria.

Quadro 14 - Excertos da Resposta de A3 Pertencentes à Categoria 2

	Resposta de A3
Q1	"*Na troca de **idiomas** houve muitos problemas e não podendo ser entendido corretamente*".

Na condução da Tarefa 2 do Terceiro Encontro, A3 deparou-se com uma barreira de considerável envergadura de usabilidade devido à interface do *software* não estar em Língua Portuguesa. Atuando com persistência, A3 empreendeu reiteradas tentativas para solucionar o problema de forma autônoma: explorou ativamente as configurações do programa em busca de uma opção para alterar o idioma e procurou funcionalidades de tradução disponíveis na página. Como essas estratégias não tiveram sucesso, ele concluiu a atividade contornando o obstáculo linguístico. Embora tenha completado as tarefas propostas, sua atuação foi marcada por dificuldades claras, exigindo maior esforço cognitivo para interpretar os comandos e navegar pela interface. Um fragmento dessa interação é apresentado abaixo.

Figura 46 - Excerto das interações de A3 na atividade realizada no Terceiro Encontro – Tarefa 2



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

A análise do comportamento de A3 revelou que a ausência da Língua Portuguesa na interface do ambiente *GeoGebra.org* configurou uma barreira de usabilidade que demandou agência ativa e elevada sobrecarga cognitiva. Embora o aluno tenha demonstrado resiliência ao empregar estratégias de exploração heurística e contorno de obstáculos para concluir a tarefa, a experiência foi marcada por um deslocamento do foco pedagógico para o técnico, evidenciando

que a barreira linguística compromete a transparência da ferramenta e exige do discente um esforço suplementar de interpretação que pode mitigar a eficácia do processo de aprendizagem mediada.

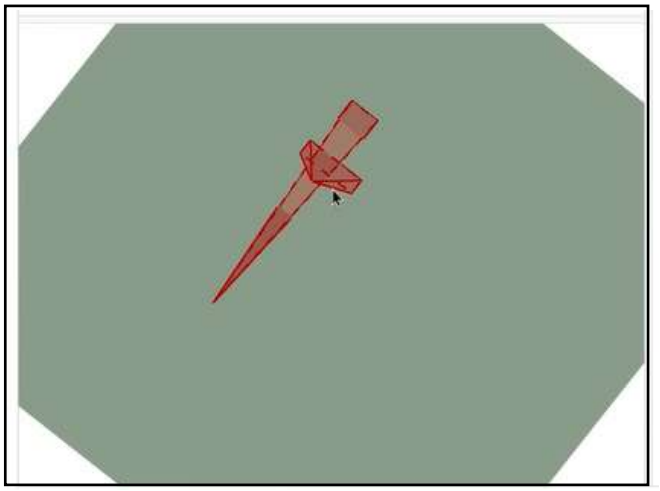
Para o Aluno 4, as evidências correspondentes a essa categoria estão descritas a seguir:

Quadro 15 - Excertos da Resposta de A4 Pertencentes à Categoria 2

	Resposta de A4
Q1	"*Às vezes* ***travava,*** *algumas opções não funcionava, e o* ***idioma****, mas não tive muitos problemas*".

Durante a operacionalização da Tarefa 4 sobre o Princípio de Cavalieri, no Segundo Encontro, A4 deparou-se com um entrave de ordem técnica. Ao manipular as dimensões das pirâmides, converteu o formato da construção de uma maneira irreversível. Apesar das múltiplas tentativas de restaurar o estado original, incluindo sair e retornar à atividade, o *software* manteve a visualização modificada, conforme ilustração abaixo. A frustração do aluno projetou-se nesta expressão de resignação: "*Eu queria que o meu voltasse, já tentei, gravei quinhentas vezes, mas... vou deixar assim*". Esse incidente imterrompeu a continuidade da exploração e gerou clara insatisfação com o resultado final da tarefa.

Figura 47 - Excerto das interações de A4 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 4



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

A experiência de A4 evidenciou uma ruptura na interação humano-computador, em que a instabilidade do *software* e a irreversibilidade de ações técnicas geraram uma barreira à continuidade da aprendizagem. A persistência do erro, mesmo após sucessivas tentativas de restauração, resultou em um estado de resignação e frustração, demonstrando que falhas de

usabilidade não apenas interrompem o fluxo cognitivo, mas comprometem a agência do aluno e a qualidade final da exploração pedagógica.

Diferentemente dos casos analisados anteriormente, A5, A6 e A7 não apresentaram indícios de desafios pertencentes a esta categoria. A análise de suas interações sinaliza que eles foram capazes de lidar com os objetos 3D e concluir as tarefas propostas de maneira fluida, sem relatar ou demonstrar obstáculos expressivos ao longo do processo.

A investigação concentrou-se nos desafios enfrentados por alunos ao interagir com um livro digital no ambiente *GeoGebra.org*, sobrelevando dificuldades que transcendem meros erros processuais. Por meio de uma metodologia que categoriza os problemas em técnicos e de usabilidade, incorporando também a percepção emocional dos estudantes, a pesquisa buscou identificar os principais obstáculos na visualização e manipulação de poliedros. O objetivo central consistiu em compreender como falhas de *software* e barreiras de interface, como o idioma, impactam o esforço cognitivo e a experiência de aprendizagem dos alunos.

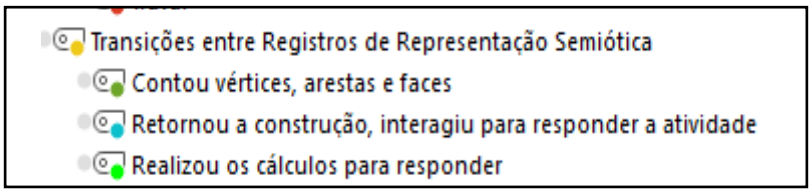
Os resultados revelam uma distinção fundamental entre os tipos de desafios e as respostas dos alunos. As falhas técnicas do *software* manifestaram-se de duas maneiras: como travamentos temporários e como erros irreversíveis, ambos dificultando a conclusão satisfatória das tarefas. Já o desafio de usabilidade relacionado ao idioma da interface gerou reações contrastantes: enquanto A3 vivenciou dificuldade genuína que aumentou sua carga cognitiva, A2, embora tenha considerado o idioma como um problema, conseguiu superar a barreira de forma autônoma, revelando uma desconexão entre a recepção da dificuldade e o desempenho real.

4.3 CATEGORIA 3: TRANSIÇÕES ENTRE REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA

Sendo esta a categoria central da investigação, seu foco recai sobre a análise dos processos cognitivos à luz da teoria de Raymond Duval (2009). De acordo com Duval, a compreensão em matemática não se dá pelo contato direto com os objetos, mas pela capacidade de coordenar e transformar suas diferentes representações semióticas. Por conseguinte, o objetivo desta categoria é mapear as operações de conversão (a passagem de um registro para outro, como do texto para a imagem 3D) e de tratamento (as transformações realizadas dentro de um mesmo registro, como girar ou modificar o poliedro digital). Busca-se, assim, compreender o percurso cognitivo dos alunos para além da simples execução da tarefa, investigando como a ferramenta digital influencia a construção do conceito de poliedro.

A categoria “Transições entre Registros de Representação Semiótica”, é subdividida em três subcategorias, que organizam as transições observadas: contou vértices, arestas e faces; retornou à construção e interagiu para responder à atividade; e realizou os cálculos para responder. A Figura 48, elaborada com base no *MaxQda*, exibe a lista de códigos resultantes dessas análises.

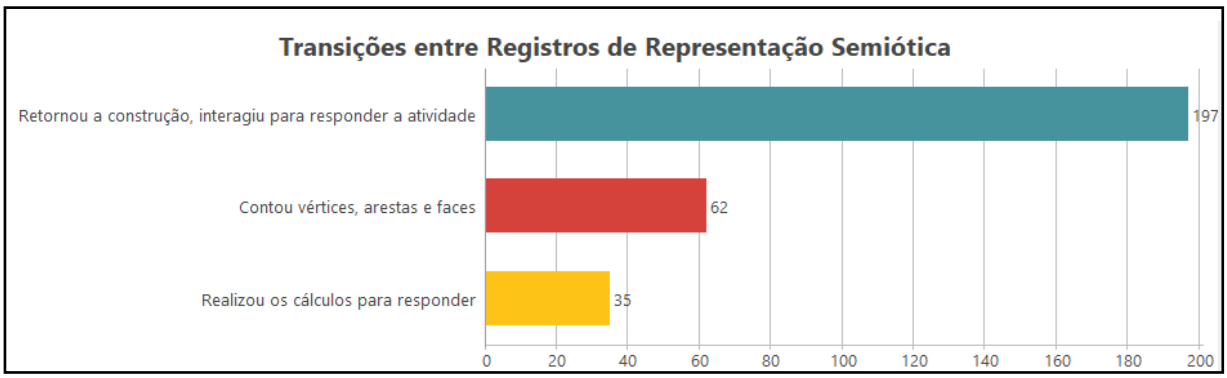
Figura 48 - Categoria: Transições entre Registros de Representação Semiótica e as subcategorias



Fonte: Elaborada pela autora com base no *MaxQda* 2018

A Figura 49 sintetiza a distribuição quantitativa das interações dos alunos, agrupando-as conforme as subcategorias de análise. O gráfico expõe, portanto, a frequência com que cada comportamento foi observado ao longo da realização das tarefas.

Figura 49 - Frequência de cada subcategoria da categoria 2



Fonte: Elaborada pela autora com base no *MaxQda* 2018

No contexto das interações registradas no gráfico durante a Sequência Didática, destaca-se o código referente ao momento em que o aluno “retornou à construção e interagiu para responder à atividade”. Esse comportamento denota uma habilidade fundamental de classificar e realizar uma análise qualitativa aprofundada das figuras geométricas. Tal análise pressupõe a capacidade de decompor formas complexas em seus elementos constituintes de dimensões menores, como pontos, retas, curvas, ângulos e polígonos. Essa competência está em consonância com a concepção de Duval (2011), segundo o qual o ato de “ver geometricamente uma figura” consiste em um processo de desconstrução dimensional, no qual o observador ultrapassa a percepção imediata da forma para reconhecer elementos estruturais que não se revelam à primeira vista.

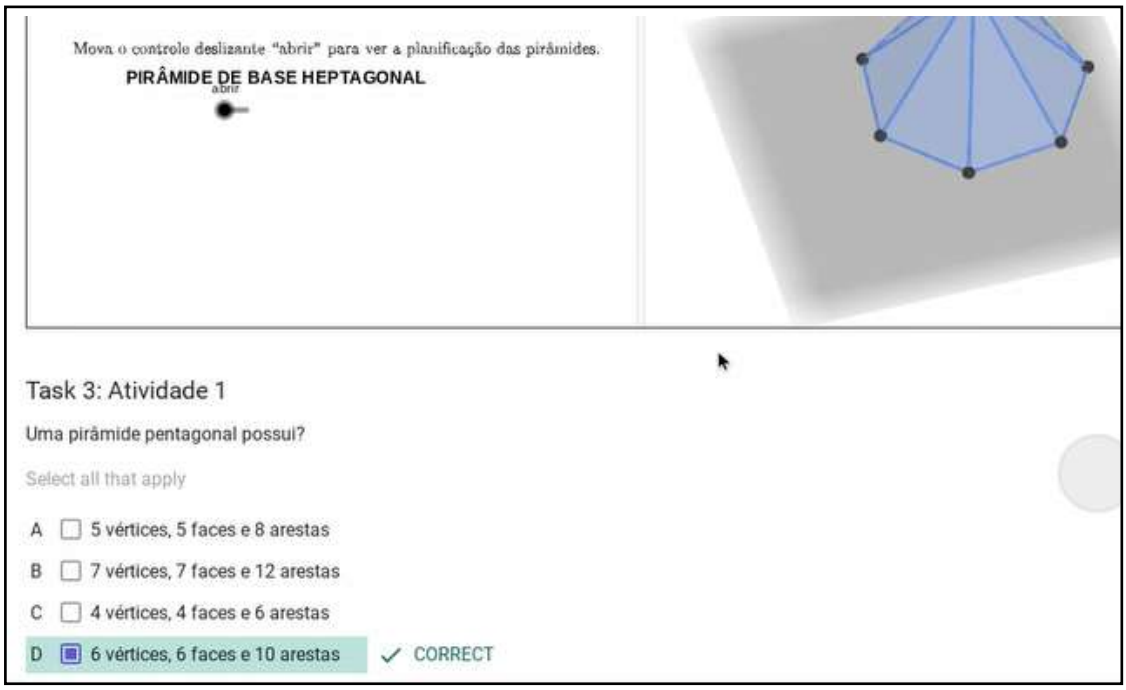
Os excertos a seguir, extraídos das atividades do Aluno 1, servem para exemplificar e aprofundar a discussão desta categoria.

Quadro 16 - Excertos da Resposta de A1 Pertencentes à Categoria 3

	Resposta de A1
Q1	"A*chei mais interessante em pode visualizar* ***os planos de vários ângulos.***
Q4	"*De poder visualizar os planos de várias formas e assim facilitava de* ***fazer as contas*** *e ter mais entendimento do conteúdo*."

O processo de conversão entre o registro figural e o simbólico foi exemplificado na interação de A1 com a Tarefa 2 do Segundo Encontro. O participante sinalizou habilidade no tratamento do registro de partida (figural) ao examinar o modelo do poliedro para delimitar suas propriedades. A conversão foi bem-sucedida, pois A1 conseguiu transpor as informações visuais para o registro de chegada (simbólico), correlacionando-as corretamente com a alternativa que representava numericamente o objeto, como o excerto a seguir.

Figura 50 - Excerto das interações de A1 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 2

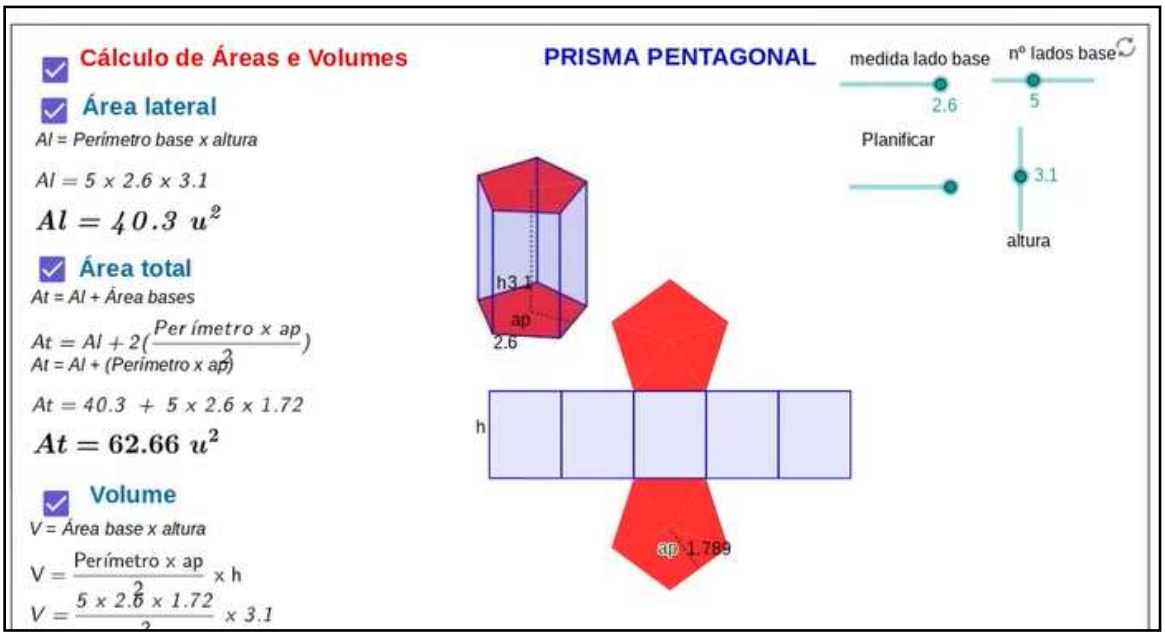


Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

A análise da Tarefa 5, realizada durante o Segundo Encontro, revelou a coordenação entre os registros figural e algébrico por parte dos alunos. Essa observação torna-se particularmente relevante quando interpretada sob a ótica de Duval (2011), que descreve a assimilação da geometria como um processo complexo que exige a sincronização de três registros cognitivos interdependentes: a apreensão figural (visual), a discursiva (linguagem e conceitos) e a instrumental (manipulação). No caso de A1, o processo teve iníciou com a

interpretação da tarefa em linguagem natural, que foi prontamente traduzida em uma ação concreta sobre a representação figural – ele identificou a base solicitada e ajustou um controle deslizante. Essa manipulação dinâmica possibilitou a articulação simultânea da visualização do prisma (registro figural) com os dados numéricos de sua área e volume (registro algébrico), atualizados em tempo real. A capacidade de A1 de integrar essas duas representações foi fundamental para a resolução da atividade, conforme atesta a captura de tela subsequente. Isso posto, a interação observada na Tarefa 5 ilustra o desafio intrínseco ao ensino e à aprendizagem da geometria, que consiste na integração contínua da percepção visual, da fundamentação teórica e da manipulação prática, elementos que diferenciam a geometria de outras áreas da matemática.

Figura 51 - Excerto das interações de A1 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 5



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

A experiência de A1 exemplifica a coordenação de registros de representação semiótica, em que a interface dinâmica do *software* permitiu a integração efetiva entre as apreensões figural, instrumental e algébrica. Ao articular a visualização multidimensional com a manipulação de variáveis em tempo real, o aluno realizou a conversão entre o registro visual e o simbólico de forma fluida, demonstrando que a mediação tecnológica, quando eficiente, potencializa a compreensão de conceitos geométricos complexos e otimiza o processamento cognitivo do conteúdo.

Para o Aluno 2, as evidências desta categoria são:

Quadro 17 - Excertos da Resposta de A2 Pertencentes à Categoria 3

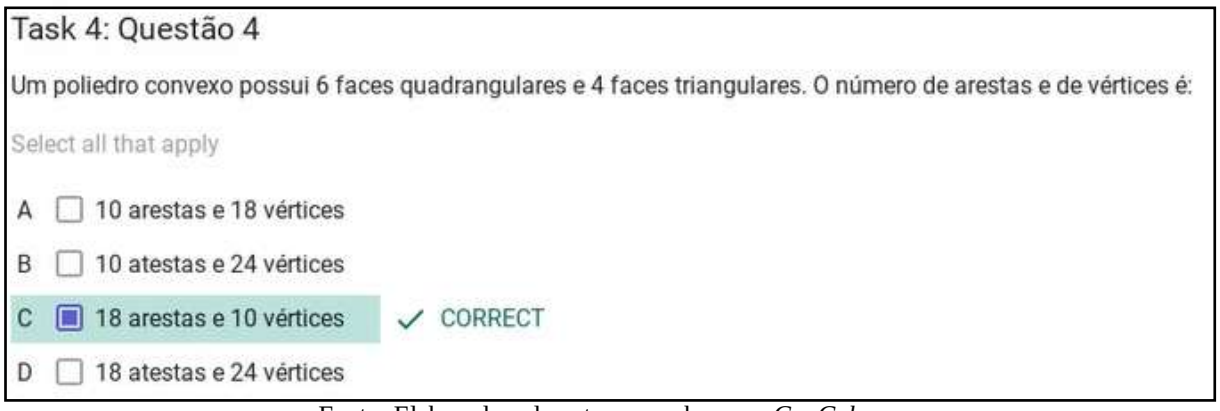
	Resposta de A2
Q4	"*Me ajudaram na percepção das formas, e a não confundir os* ***elementos dos poliedros***."
Q5	"*Me ajudou a decorar os* ***nomes dos poliedros***".

A análise da Tarefa 2, efetuada no primeiro encontro, salienta o processo de conversão entre registros de representação semiótica, especificamente do registro figural para a linguagem natural, por parte de A2. Quando questionado por uma colega sobre a definição de polígono convexo ("*O que é um polígono convexo?*"), A2 apresentou a seguinte explicação:

> *Aquele, se você traça uma reta em qualquer ponto dele, ele não fica com partes para fora, por exemplo: um quadrado você pode traçar qualquer reta que vai continuar dentro do quadrado e se for aquele exemplo que tava lá se você traçar e ficar fora ele não é convexo, esse é convexo, então ele é fechadinho* (A2).

O discurso do aluno reflete a tentativa de traduzir uma propriedade geométrica para uma linguagem acessível. A informalidade da expressão *"fechadinho"* sintetiza a ideia de contenção e ausência de reentrâncias, eixos estruturantes na definição de um polígono convexo. Esta imagem mostra a questão que foi objeto de discussão:

Figura 52 - Excerto das interações de A1 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 2



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

No curso da Tarefa 4, Primeiro Encontro, detectou-se um claro exemplo do trânsito entre diferentes registros de representação semiótica. Inicialmente, A2 abordou o problema por meio do registro figural, tentando contar manualmente as arestas, o que gerou incerteza e dificuldade, como ratificam as suas falas: *"Iii, isso aqui para contar as arestas vai ser difícil que só!"* e *"Menino do céu, e agora?".* Percebendo a limitação desse método, ele adotou uma nova estratégia, verbalizada no momento de transição: "*Ah, deixa eu ver aqui...*". Em seguida, A2 ativou o registro simbólico, recorrendo à Relação de Euler e utilizando a fórmula para

determinar os valores desconhecidos de maneira abstrata e eficiente. A figura a seguir apresenta a questão resolvida.

Figura 53 - Excerto das interações de A2 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 4


Complete o quadro com o tipo de face e o número de faces, arestas e vértices dos poliedros regulares:

Task 6

POLIEDRO	TIPO DE FACE	FACE (F)	ARESTA (A)	VÉRTICE (V)
TETRAEDRO	Triângulo	4	6	4
HEXAEDRO	Quadrado	6	12	8
OCTAEDRO	Triângulo	8	12	6
DODECAEDRO	Pentágono	12	30	20
ICOSAEDRO	Triângulo	20	30	12

Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

A experiência de A2 destaca a transição estratégica entre registros semióticos para superar limitações da percepção visual. Ao migrar da contagem manual (registro figural) para a aplicação da Relação de Euler (registro simbólico), o aluno demonstrou flexibilidade cognitiva e capacidade de abstração. Adicionalmente, a tradução de conceitos complexos para a linguagem natural evidencia uma internalização bem-sucedida das propriedades geométricas, onde a ferramenta digital serviu de suporte para a construção de definições próprias e para a mediação do conhecimento entre pares.

As evidências observadas para o Aluno 3 nesta categoria foram:

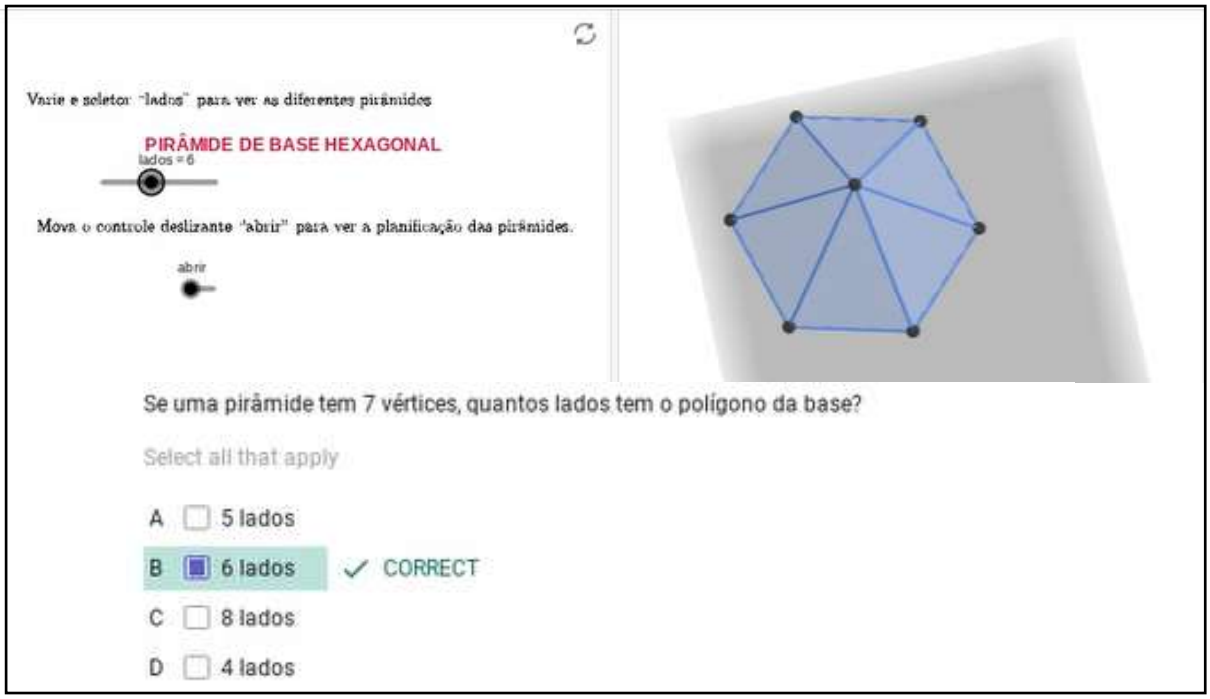
Quadro 18 - Excertos da Resposta de A3 Pertencentes à Categoria 3

	Resposta de A3
Q1	"*A **interação com as formas geométricas** e o poder de editar e calcular as formas, assim tornando mais fácil a compreensão".*
Q3	"*As formas de visualização ajudou muito para poder **compreender as forma** de um jeito mais fácil pois assim seria mais fácil para entender elas **inteiras**."*

Ao conduzir a Tarefa 2, Segundo Encontro, A3 revelou uma sequência de processos cognitivos ao menear uma pirâmide no ambiente *GeoGebra.org*, com o fito de identificar seus vértices. A princípio, operou no registro figural, inspecionando e manipulando a imagem no *software* para realizar a contagem dos vértices. Posteriormente, ocorreu uma conversão do registro figural para a linguagem natural, quando A3 verbalizou para um colega: "*Vértices são esses pontinhos, certo?*", utilizando a imagem como suporte para sua explicação. Esse episódio ressalta como a interação com a ferramenta instrumental permitiu tanto a construção das figuras quanto o reconhecimento dos objetos. O processo exemplifica o que Duval (2011) denomina poder cognitivo distintivo das figuras geométricas: seu valor intuitivo, a capacidade de facilitar

o reconhecimento quase imediato de objetos e a possibilidade de serem construídas instrumentalmente. O excerto a seguir representa a interação observada:

Figura 54 - Excerto das interações de A3 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 2



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

A interação de A3 evidenciou como a manipulação instrumental no ambiente *GeoGebra.org* atua como ponte entre a intuição visual e a formalização conceitual. Ao transitar do registro figural para a linguagem natural, o aluno validou o potencial cognitivo das figuras geométricas proposto por Duval. A interface não foi apenas um suporte de visualização, mas um mediador que permitiu o reconhecimento imediato de propriedades espaciais, facilitando a construção de conceitos matemáticos por meio da exploração empírica e da interação social.

Para o Aluno 4, as evidências que o enquadram nesta categoria são:

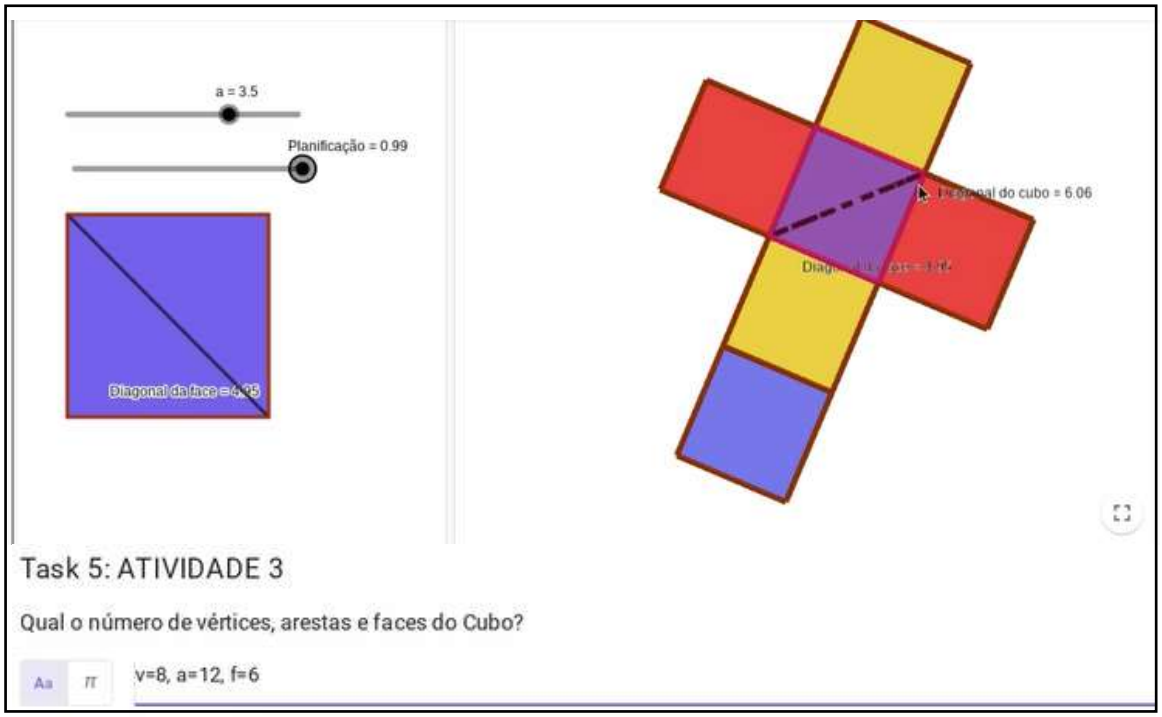
Quadro 19 - Excertos da Resposta de A4 Pertencentes à Categoria 3

	Resposta de A4
Q4	"*As* ***possibilidades de mover, de mexer, de olhar 360****, etc*".
Q3	"*Contribuiu muito para meu conhecimento, e prendeu minha atenção para o conteúdo, pois foi de uma forma mais dinâmica e interativa. E finalmente pude* ***entender como era por dentro das formas geométricas e como elas funcionam quando estão abertas e fechadas.”***

O indício reunido na Tarefa 5 do Primeiro Encontro mostra A4 manipulando a representação de um cubo. O aluno executou uma série de ações – mover o cursor, observar a planificação, e identificar os elementos do poliedro – que caracterizam o tratamento no registro

figural. Subsequentemente, ao descrever esses elementos oralmente e por escrito, o aluno promoveu a conversão para o registro da língua natural, concluindo a atividade. Eis a representação da interação analisada:

Figura 55 - Excerto das interações de A4 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 5



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

A trajetória de A4 ilustra como a interatividade dinâmica do ambiente *GeoGebra.org* promove o engajamento e a conversão entre os registros figural e de língua natural. Ao manipular a planificação e a visualização tridimensional, o aluno superou a abstração estática, transformando a percepção visual em compreensão conceitual das propriedades internas e externas das formas. Esse processo demonstra que a agência sobre o objeto digital é fundamental para a coordenação semiótica e para a desconstrução da opacidade de conceitos geométricos complexos.

As evidências observadas para o Aluno 5 nesta categoria foram:

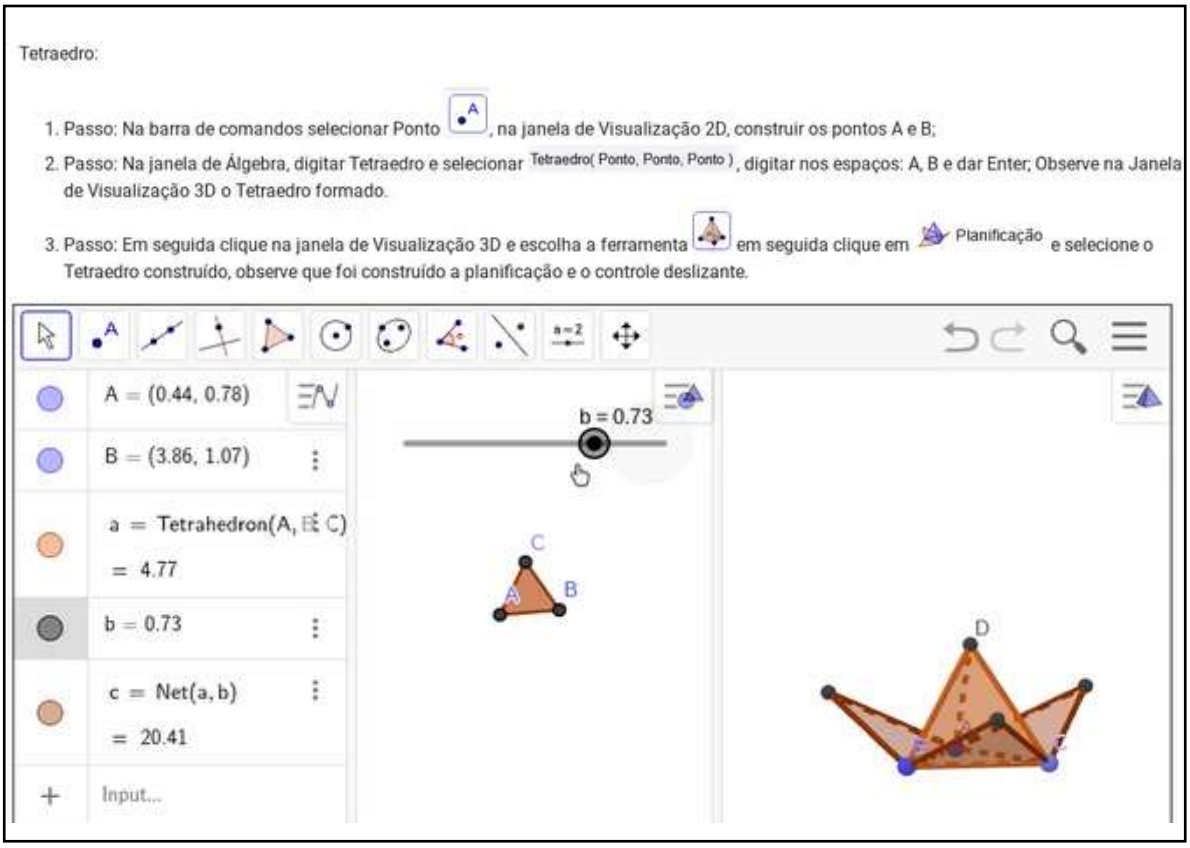
Quadro 20 - Excertos da Resposta de A5 Pertencentes à Categoria 3

Resposta de A5	
Q4	"A*judam muito porque você consegue ver melhor os* ***ângulos e quantas faces eles tem".***

A execução da Tarefa 2 pelo A5, no Terceiro Encontro, configura um indicativo claro do processo de conversão entre registros de representação. Inicialmente, o aluno decodificou as

instruções apresentadas em linguagem natural para traduzi-las para o registro algébrico, inserindo as sintaxes correspondentes na janela de comandos. Essa sequência de operações culminou na obtenção do produto final no registro figural: a visualização tridimensional do tetraedro e sua planificação, como documentado na próxima imagem.

Figura 56 - Excerto das interações de A5 na atividade realizada no Terceiro Encontro – Tarefa 2



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

A experiência de A5 destaca o processo de conversão semiótica ascendente, partindo da tradução de instruções em linguagem natural para o registro simbólico-algébrico. Ao operar a janela de comandos do *software*, o aluno materializou a transição para o registro figural, utilizando a visualização dinâmica do tetraedro e de sua planificação para validar propriedades espaciais como ângulos e faces. Essa trajetória confirma que o domínio da sintaxe do programa é um facilitador para a visualização e para o tratamento de conceitos geométricos complexos.

As evidências observadas para o Aluno 6 nesta categoria foram:

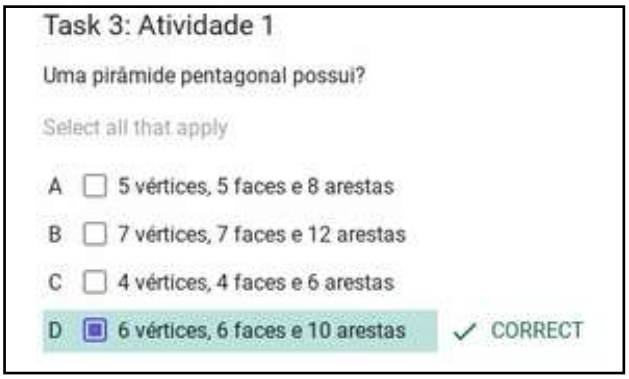
Quadro 21 - Excertos da Resposta de A6 Pertencentes à Categoria 3

Resposta de A6	
Q4	"*As planificações das figuras facilitaram muito a entender e resolver diversas questões, desde a* ***planificação facilitando a contagem de faces****, etc."*

A6 manifestou de forma inequívoca a integração de diversos registros cognitivos ao desenvolver a Tarefa 2. Ao ser desafiado a explicar os elementos de uma pirâmide pentagonal a um colega, o aluno mobilizou o registro figural, utilizando a planificação da figura no GeoGebra como suporte visual, e simultaneamente realizou uma conversão eficaz para a língua natural. A funcionalidade dessa conversão é perceptível nesta fala: "*Pentagonal, 5 lados, abri aí para você ver. Aí você conta... não conta a base, elimina a base*."

Além de descrever o objeto geométrico, A6 prescreve um método de análise, articulando a representação visual com a comunicação oral de forma integrada. Esse trânsito fluido entre a visualização e verbalização constituiu o mecanismo que permitiu tanto a construção pessoal quanto a socialização do conhecimento, conforme representado na imagem da atividade. Tal processo corrobora a perspectiva de Duval (2011), que distingue a visão, acesso direto ao objeto ou figura, da visualização, que envolve a identificação de unidades figurais de representação classificadas por suas propriedades dimensionais e qualitativas. O feito de A6 confirma, portanto, uma visualização ativa, que suplanta o simples ato de ver, resultando em uma compreensão e explicação estruturadas dos elementos geométricos.

Figura 57 - Excerto das interações de A6 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 2



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

A experiência de A6 exemplifica a visualização ativa, distinguindo-se do simples ato de ver pela capacidade de decompor o objeto em unidades figurais para fins analíticos. Ao utilizar a planificação dinâmica como suporte para instruir um par, o aluno realizou uma coordenação semiótica precisa entre o registro figural e a língua natural, prescrevendo métodos de contagem e identificação de propriedades. Essa fluidez entre a manipulação instrumental e a verbalização confirma que a tecnologia potencializa a transposição didática e a socialização do conhecimento geométrico estruturado.

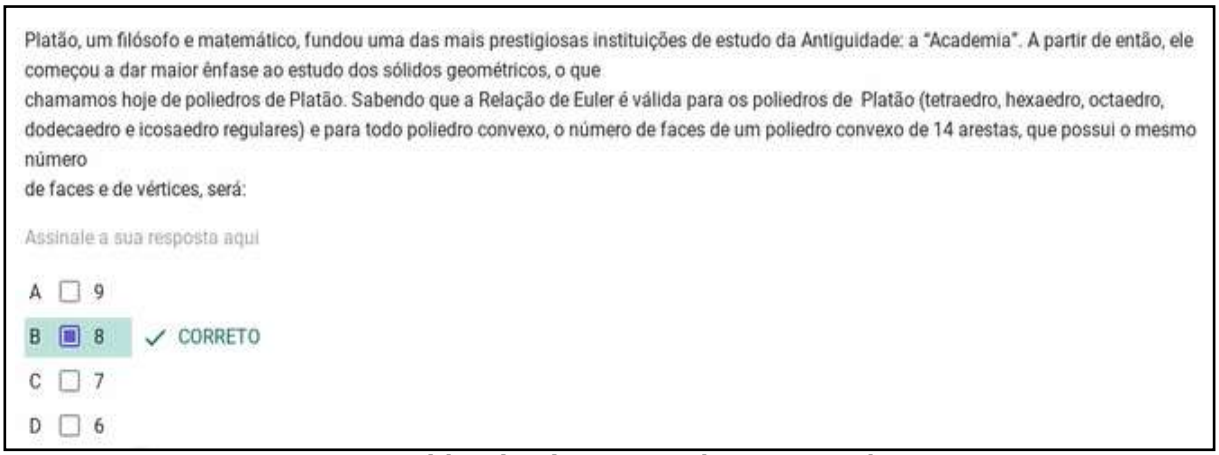
Para o Aluno 7, as evidências que o enquadram nesta categoria são:

Quadro 22 - Excertos da Resposta de A7 Pertencentes à Categoria 3

Resposta de A7	
Q4	*"C**álculo de área, volume** e coordenadas".*
Q5	*"Entendimento da densidades desses sólidos, **objetos 3D com todos os ângulos e áreas."***

A competência de A7 em transitar entre diferentes registros de representação ficou aclarada na Tarefa 2 do Primeiro Encontro. O processo teve início no registro em língua natural, quando, após a leitura do problema, o aluno propôs a estratégia a ser utilizada: "*Acho que dá para usar o cálculo da Relação de Euler"*. Imediatamente, ele realizou a conversão para o registro algébrico ao aplicar a Relação de Euler, o que lhe permitiu resolver a questão com êxito. Este excerto ilustra a atividade realizada.

Figura 58 - Excerto das interações de A7 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 2



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

A trajetória de A7 evidencia uma conversão semiótica estratégica, partindo da interpretação em língua natural diretamente para o registro simbólico-algébrico. Ao mobilizar autonomamente a Relação de Euler como ferramenta de resolução, o aluno demonstrou alta capacidade de abstração, utilizando o suporte visual tridimensional não apenas para a contagem, mas para validar o entendimento de propriedades como volume e coordenadas. Essa fluidez entre o enunciado discursivo e a formalização matemática confirma a consolidação de conceitos estruturais mediada pela interface tecnológica.

A análise dos dados coletados durante os encontros revelou padrões significativos nas transições entre diferentes registros de representação semiótica, em consonância com a teoria de Raymond Duval (2009). Esta investigação concentra-se em dois processos cognitivos centrais: o tratamento, que corresponde às manipulações realizadas dentro de um mesmo registro, como, por exemplo, a rotação de uma figura tridimensional, e a conversão,

cognitivamente mais exigente, que envolve a translação de informações de um registro para outro, como descrever uma figura geométrica em palavras.

A geometria, entre os diversos domínios do conhecimento matemático, figura como relevante por demandar uma atividade cognitiva particularmente complexa. Consoante Duval (2022, p. 3), ela "[...] solicita o gesto, a linguagem e o olhar [...]", exigindo de forma indissociável a construção, o raciocínio e a visualização. A compreensão dos conceitos geométricos, portanto, só pode ser efetivamente alcançada por meio de uma sinergia contínua entre visualização e linguagem.

Nessa senda, o papel das ferramentas digitais é medular. Duval (2011) esclarece que os computadores não constituem um novo registro de representação, mas sim um modo fenomenológico inovador de produção de conhecimento. Eles permitem acelerar os processos de tratamentos e possibilitam que representações semióticas não discursivas sejam manipuláveis como objetos reais, desempenhando uma poderosa função de simulação.

Os exemplos de A6 e A2 ratificam de forma concreta a aplicação prática dessa teoria. A6 demonstrou a coordenação funcional entre os registros figural e linguístico: ele realizou um tratamento ao explorar visualmente a planificação de uma pirâmide no ambiente *GeoGebra.org* e, subsequentemente, efetuou uma conversão ao verbalizar essa compreensão para explicar a contagem dos elementos da figura a um colega. Por sua vez, o aluno A2 exemplificou uma transição distinta, porém igualmente fundamental: partindo do registro em língua natural ao identificar uma estratégia de solução para um problema, ele converteu essa compreensão para o registro algébrico ao aplicar a Relação de Euler, transpondo a interpretação do problema para sua execução formal.

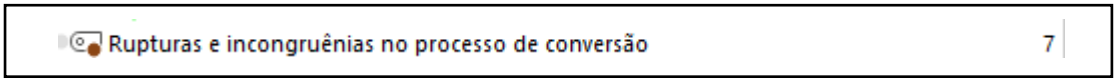
Dessa forma, a análise aponta que o estudo transcende a mera execução de tarefas. As ações dos estudantes constituem evidências concretas de uma atividade cognitiva sofisticada, na qual eles constroem significado ao transitar ativamente entre diferentes sistemas semióticos. A capacidade de converter uma ideia verbal em um cálculo algébrico ou uma imagem visual em uma descrição oral valida, com base no arcabouço teórico de Raymond Duval (2009), a ocorrência de uma compreensão matemática autêntica, mostrando que o pensamento matemático é um processo dinâmico de tradução e coordenação entre linguagens.

4.4 CATEGORIA 4: RUPTURAS E INCONGRUÊNCIAS NO PROCESSO DE CONVERSÃO

A quarta categoria de análise evidencia as dificuldades e obstáculos cognitivos que emergiram durante a realização das tarefas. Tais dificuldades, aqui denominadas rupturas, ocorreram predominantemente no processo de conversão, entendido como a transformação de uma representação de um objeto de um registro de partida para um registro de chegada.

A categoria "Rupturas e Incongruências no Processo de Conversão" focaliza sete interações selecionadas, por meio das quais se tornam perceptíveis os principais desafios cognitivos detectados pela pesquisadora. Esses momentos, escolhidos por seu valor representativo, foram codificados conforme lista gerada pelo *software MaxQda:*

Figura 59 - Categoria: Rupturas e Incongruências no Processo de Conversão



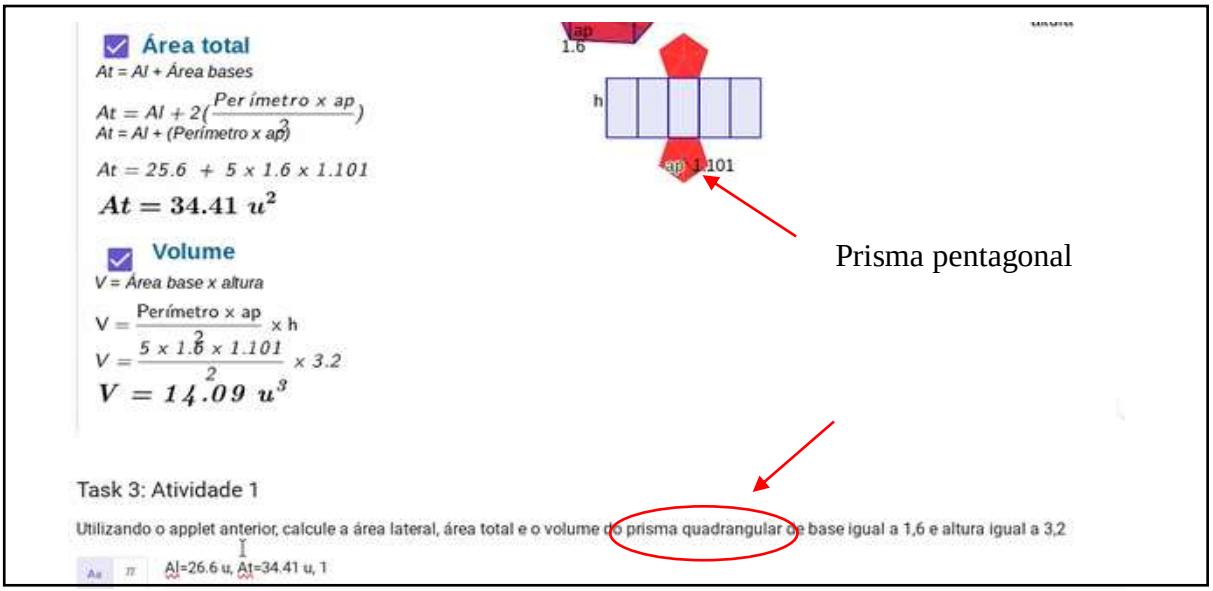
Fonte: Elaborada pela autora com base no *MaxQda* 2018

Os dados analisados nesta categoria são de natureza estritamente observacional, provenientes das gravações audiovisuais das interações. Fenômenos como hesitações, gestos ou verbalizações orais espontâneas durante a resolução de problemas não se manifestaram nas respostas formais e escritas do questionário. Esse contraste sublinha a importância do registro audiovisual para capturar processos cognitivos que não são refletidos no produto final entregue pelo aluno.

Doravante, o exame oriundo das atividades de A1, que exemplifica e aprofunda a discussão desta categoria.

De maneira expressiva, a interação de A1 com a Tarefa 5 transparece como a conversão de registros se articula com o papel mediador da tecnologia. A ruptura materializou-se na tradução imprecisa da língua natural ("prisma quadrangular") para a representação figural (base pentagonal). Nesse primeiro momento, o *GeoGebra* forneceu os valores consistentes com a representação equivocada, que o aluno aceitou sem questionamento. Contudo, o processo de autorregulação foi acionado pela releitura do enunciado. A subsequente correção no *software* não representou apenas uma mudança geométrica, mas evidenciou uma reorganização cognitiva, asseverando a capacidade do aluno de superar a incongruência e coordenar os registros de forma eficaz. O registro visual dessa interação está na Figura 60.

Figura 60 - Excerto das interações de A1 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 5



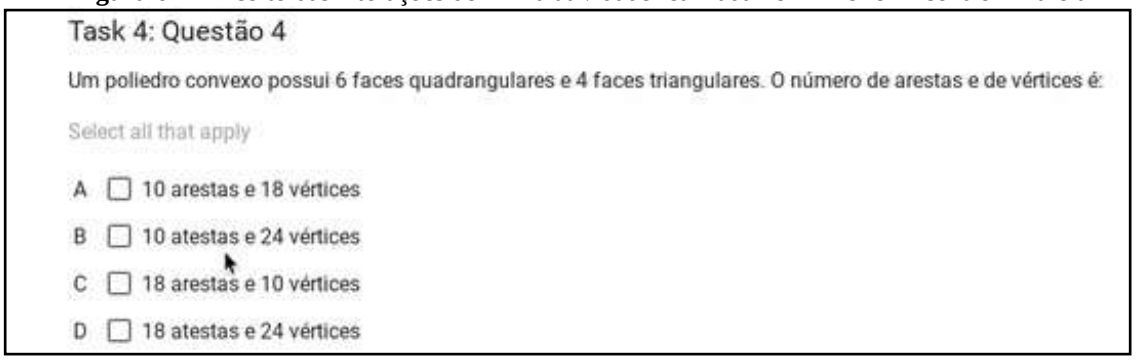
Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

A experiência de A1 ilustra como a tecnologia atua como mecanismo de autorregulação cognitiva diante de falhas na conversão semiótica. Embora tenha ocorrido uma interpretação equivocada inicial entre a língua natural e o registro figural, a interatividade do software permitiu que o aluno, por meio da releitura e da manipulação direta, identificasse e corrigisse a incongruência.

Para estampar esta categoria, apresenta-se a seguinte verificação da interação de A2.

A análise da interação de A2 na Tarefa 2, Primeiro Encontro, revela um obstáculo cognitivo na transição entre o pensamento geométrico 2D e 3D. Embora o aluno tenha recorrido à Relação de Euler, sua estratégia apresentou falhas por não considerar que, em um poliedro, cada aresta delimita duas faces adjacentes. Como resultado, ele omitiu a divisão da soma das arestas por dois. O conflito cognitivo decorrente tornou-se perceptível em sua expressão oral: "*Eu não entendi porque 18, calma aí, dez...*". A persistência da dificuldade, mesmo após uma nova tentativa, indica que o obstáculo não era meramente de cálculo, mas conceitual, relacionado à compreensão da estrutura espacial do sólido. Eis como se descortina esta interação:

Figura 61 - Excerto das interações de A2 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 2



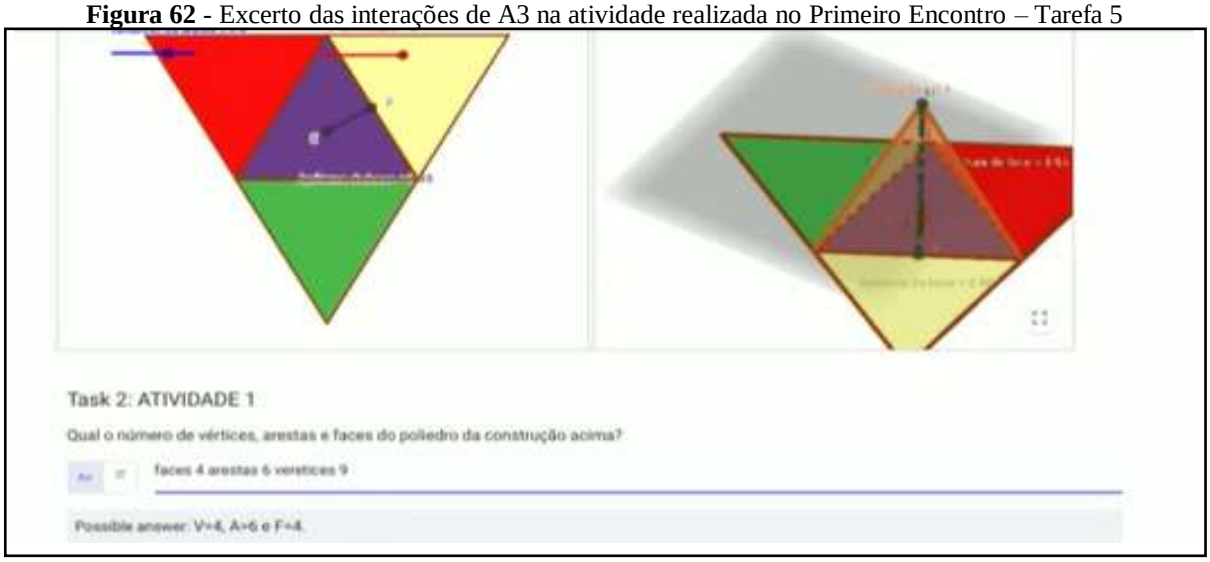
Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

A trajetória de A2 ilustra um obstáculo epistemológico caracterizado pela lacuna na transição entre o pensamento geométrico planar e o espacial, evidenciada pela aplicação assistêmica da Relação de Euler. O conflito cognitivo expresso pelo aluno sinaliza que a manipulação do registro algébrico, quando dissociada de uma apreensão figural robusta da tridimensionalidade, impede a resolução do problema, demonstrando que a superação desse obstáculo exige uma reorganização da percepção sobre a composição e a conectividade dos elementos constituintes do sólido geométrico.

A categoria presentifica-se nas considerações a seguir, extraídas da interação de A3.

A interação de A3 com a Tarefa 5 exemplifica um desafio cognitivo central no raciocínio espacial: a dificuldade em projetar mentalmente uma planificação 2D em sua correspondente forma 3D. O procedimento adotado por A3, a contagem literal das arestas na planificação, desconsidera a propriedade fundamental da sobreposição que ocorre na construção do poliedro. Notavelmente, a resolução do conflito foi mediada por uma fonte externa, pois A3 ajustou sua resposta após verificar o resultado correto. Esse comportamento sugere uma correção mais superficial ou mecânica, que não assegura a superação plena do obstáculo conceitual. Esta passagem estampa a referida interação.

Figura 62 - Excerto das interações de A3 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 5



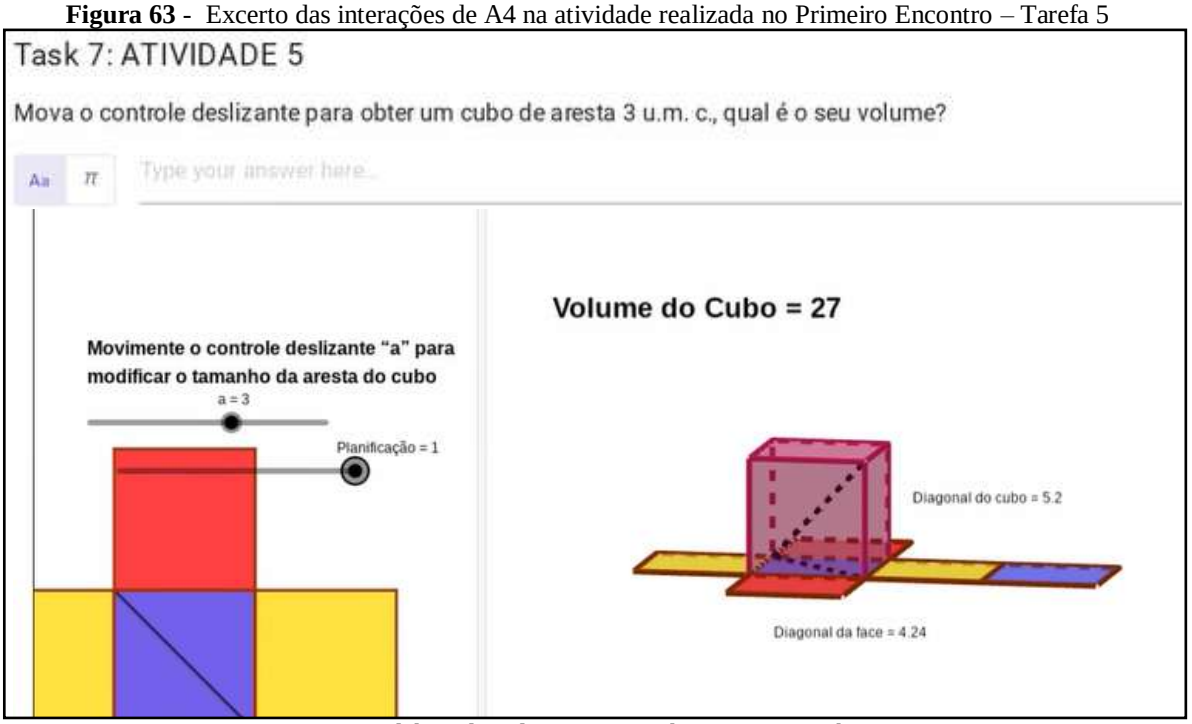
Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

A estratégia de A3 evidencia uma lacuna no raciocínio espacial, caracterizada pela contagem literal de elementos na planificação em detrimento da percepção de sobreposição topológica no sólido 3D. A correção via validação externa revela um ajuste meramente procedimental, indicando que a obtenção da resposta correta não foi acompanhada pela superação do obstáculo conceitual subjacente.

A explanação a seguir, proveniente das atividades do A4, aprofunda a discussão desta categoria.

A interação do A4 na Tarefa 5, ocorrida no Primeiro Encontro, é um exemplo claro de múltiplas rupturas nos processos de conversão. A ruptura visual despontou na dificuldade do aluno em interpretar a informação fornecida pelo *software*; mesmo com o valor do volume visível na tela, ele não o reconheceu como a resposta. Simultaneamente, verificou-se uma ruptura linguística, uma vez que ele seguiu a instrução de “mover o controle”, sem compreender o propósito dessa ação. Por fim, a falha na aplicação do procedimento de cálculo, já discutido anteriormente, comunica uma ruptura na conversão entre o conhecimento prévio e a tarefa em questão, revelando uma desconexão entre o conceito e sua aplicação prática, como atesta a imagem abaixo.

Figura 63 - Excerto das interações de A4 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 5



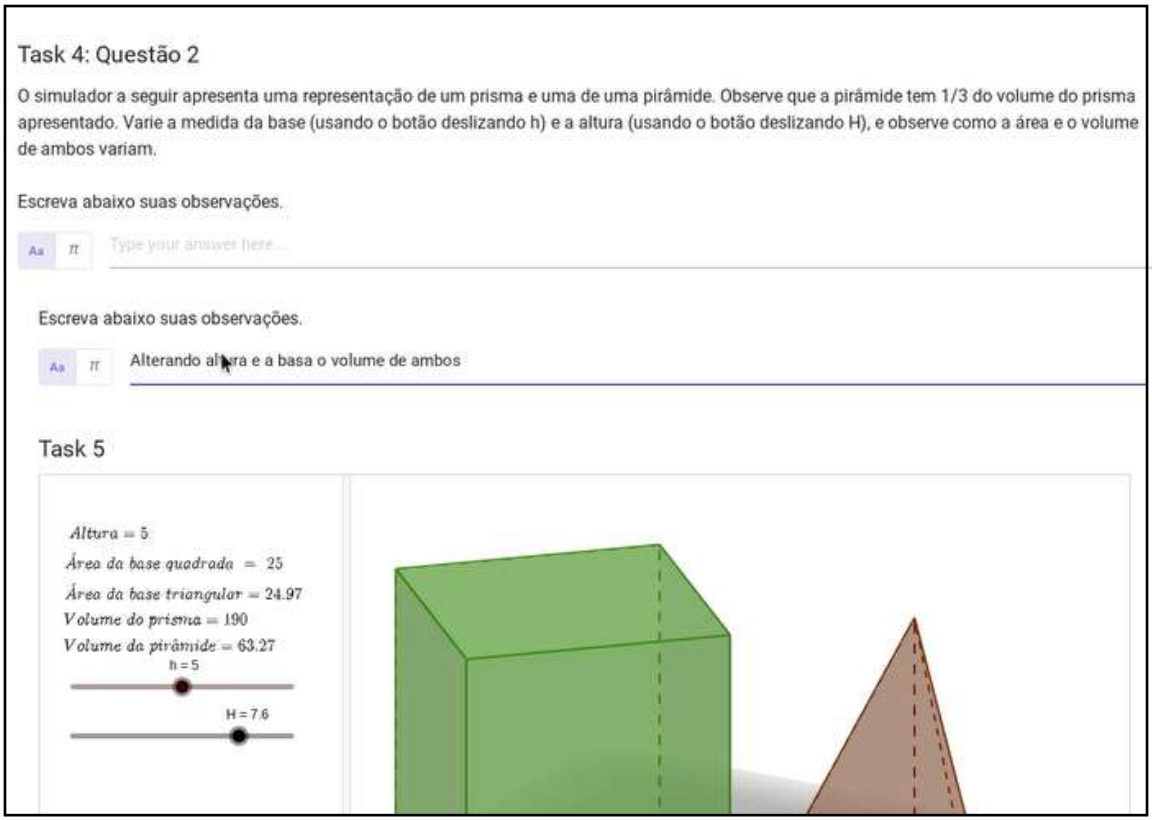
Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

Esta ação evidencia a desarticulação cognitiva do sujeito A4 por meio de múltiplas rupturas de conversão semiótica, demonstrando que a manipulação instrumental de *softwares* não assegura a apreensão conceitual quando o aluno falha em integrar as dimensões visual, linguística e procedimental do objeto matemático.

A fim de tornar mais clara a compreensão desta categoria, recorre-se a uma averiguação da interação do Aluno 5.

A interação de A5 com a Tarefa 3, Segundo Encontro, divulga rupturas significativas nas conversões visual e genérica. Apesar das múltiplas oportunidades de aprendizado, incluindo demonstrações prévias e um enunciado explícito, o aluno não conseguiu realizar os trânsitos entre as representações. Ao manipular a construção dinâmica, ele falhou em traduzir a observação visual da relação de volumes entre a pirâmide e o prisma em uma compreensão numérica generalizada. Esse equívoco revelou sua dificuldade em articular diferentes registros de representação semiótica. A figura a seguir exibe essa interação.

Figura 64 - Excerto das interações de A5 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 3



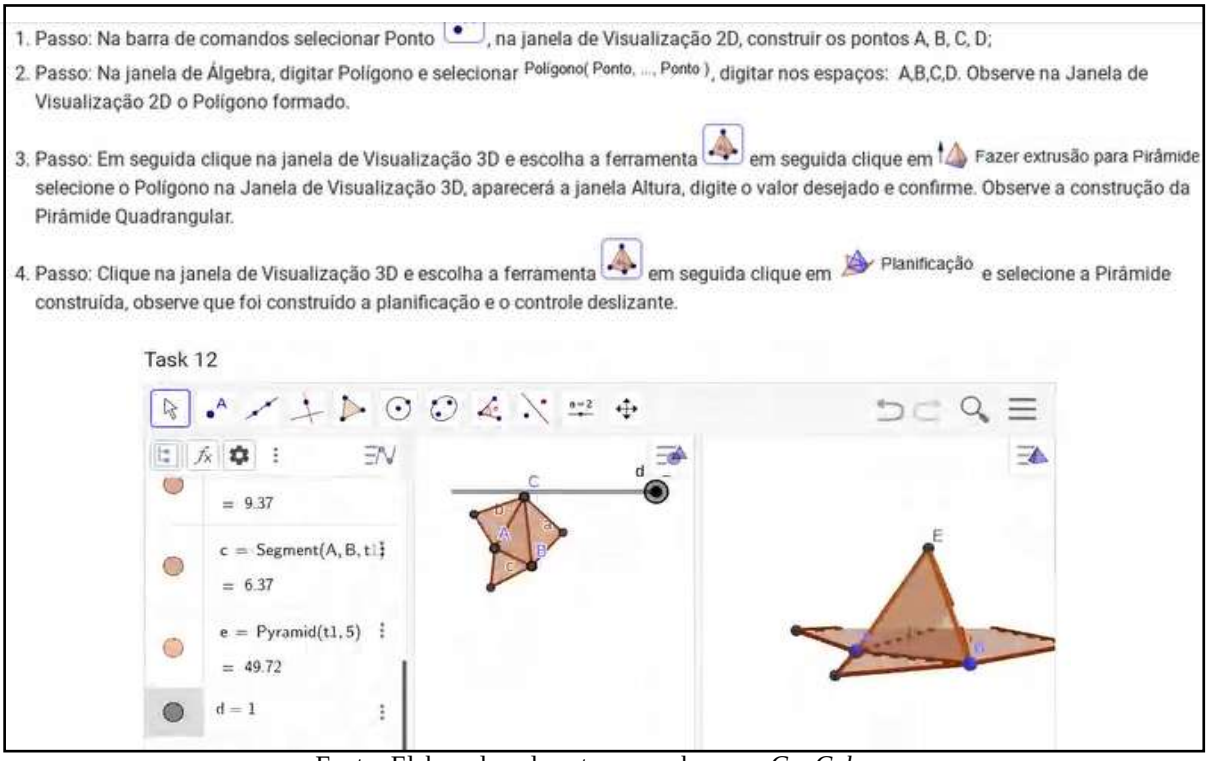
Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

O fragmento evidencia um entrave na conversão semiótica do Aluno 5, que, apesar da mediação tecnológica e instrucional, não logrou êxito em transmutar a percepção visual da geometria dinâmica em uma generalização numérica formal. Sob a ótica de Duval, essa desarticulação entre registros revela que a mera manipulação empírica de objetos matemáticos não assegura a apreensão cognitiva, confirmando que o obstáculo reside na complexidade inerente à coordenação de diferentes representações para a construção do conceito de volume.

A apreciação subsequente, extraída das atividades de A6, esquadrinha a discussão desta categoria.

A Tarefa 2, no Terceiro Encontro, facultou a observação do processo metacognitivo de A6. Embora sua interpretação inicial do enunciado tenha levado à construção incorreta de uma pirâmide triangular, em vez da quadrangular solicitada, o aluno assumiu uma postura autônoma ao reavaliar sua própria resposta. Esse ato de verificação e correção indica não apenas a superação da ruptura inicial entre a língua natural e a representação figural, mas também o desenvolvimento de habilidades de monitoramento e autorregulação da aprendizagem, apresentada na figura abaixo.

Figura 65 - Excerto das interações de A6 na atividade realizada no Terceiro Encontro – Tarefa 2



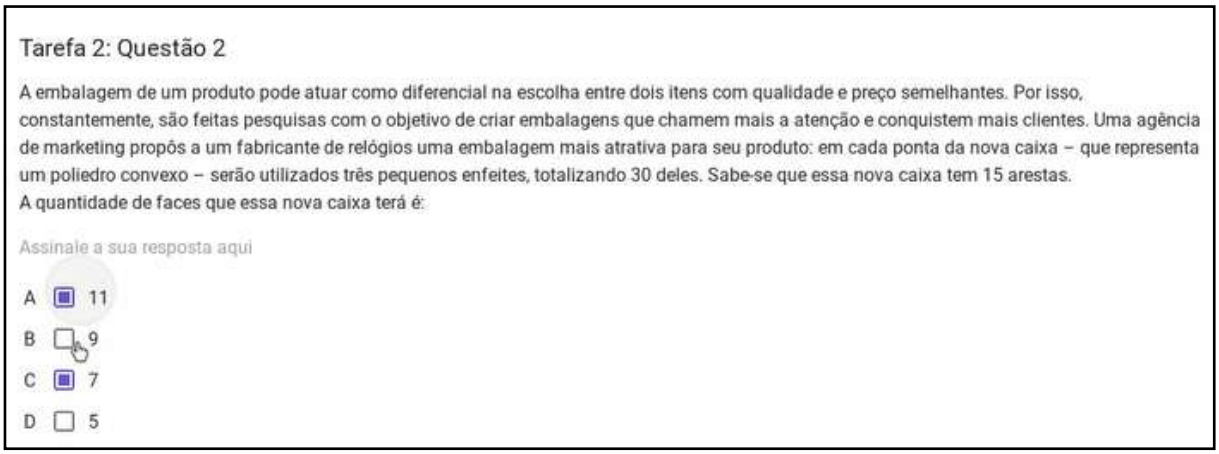
Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

O caso de A6 exemplifica a autorregulação da aprendizagem, em que o movimento de autocrítica e retificação do erro supera a falha inicial na conversão entre a língua natural e o registro figural. Essa postura metacognitiva demonstra que o aluno conseguiu monitorar o próprio processo de construção geométrica, transformando o equívoco em uma etapa de validação autônoma e consolidação do saber.

Para representar esta categoria, apresenta-se um recorte da interação do Aluno 7.

A análise da Tarefa 2, Primeiro Encontro, revelou a dificuldade do participante A7 na interpretação do enunciado. A principal falha ocorreu na tradução da linguagem natural para sua representação algébrica, resultando em uma solução incorreta. Ademais, o fato de ter assinalado duas alternativas indica um estado de indecisão ou falta de confiança em sua resposta, como pode ser visualizado nesta imagem:

Figura 66 - Excerto das interações de A7 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 2



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

O caso de A7 ilustra uma falha na conversão entre a língua natural e o registro algébrico, exacerbada por uma instabilidade cognitiva que se traduz em indecisão e respostas ambíguas. Essa lacuna na interpretação do enunciado revela uma dificuldade em mobilizar competências semióticas básicas, resultando na incapacidade de formalizar matematicamente o problema e de validar a própria solução.

Durante a análise dos dados, observou-se que os alunos enfrentam dificuldades ao transitar entre os diferentes registros, especialmente na conversão das representações da língua natural e algébrica para o registro figural. Essa constatação ressoa fortemente com a perspectiva de Duval (2018, p. 10), para quem "a conversão de representações semióticas é o obstáculo maior e primordial a ser superado para que se possa compreender e aprender matemática, tanto nas reações dos alunos quanto nas suas produções".

Duval (2016, p. 34) aprofunda essa complexidade ao diferenciar duas faces da atividade e da compreensão matemática: uma face exposta, que abrange os conhecimentos, métodos de cálculo, resolução e raciocínio; e uma face oculta, relacionada à coordenação dos pré-requisitos de, ao menos, dois registros, necessária para que a compreensão e o uso dos conhecimentos matemáticos tenham início. É, portanto, imperativo superar esses dois patamares de compreensão da face oculta para que se possa adquirir e dominar os métodos da face exposta da matemática.

Em vista disso, o maior desafio do ensino de matemática, conforme Duval (2018), consiste justamente em orientar os alunos a adotar a maneira específica de ver e pensar própria da disciplina, condição prévia à aquisição de seus conceitos. Para que os alunos possam "[...] entrar na maneira matemática de trabalhar e que eles possam realmente utilizar os conhecimentos matemáticos [...]" (DUVAL, 2016, p. 21), torna-se essencial que o professor

elabore e ofereça atividades alinhadas às recomendações da Teoria dos Registros de Representações Semióticas.

No contexto analisado, a Sequência Didática realizada com o uso do ambiente *GeoGebra.org* representa uma oportunidade particularmente valiosa. Ela possibilita que o aluno explore, em um mesmo espaço, diferentes representações de um objeto matemático, facilitando a coordenação entre os registros. Esse aspecto é de grande importância, pois Duval (2016) enfatiza a necessidade de disponibilizar atividades que exijam a mobilização sinérgica de dois ou, em alguns casos, até três registros de representação semiótica, promovendo a compreensão profunda dos conceitos.

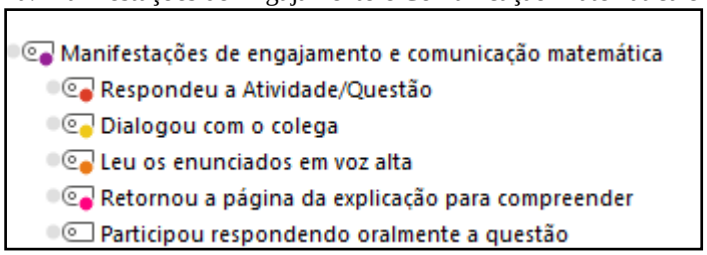
Diante do exposto, as rupturas e falhas observadas indicam que o domínio do processo de conversão constitui um pilar central na construção do pensamento matemático. A insegurança manifestada pelos alunos, evidenciada por comportamentos como a dupla marcação de respostas, revela que eles frequentemente percebem suas próprias dificuldades. Todavia, sem o suporte de ferramentas cognitivas adequadas ou de estratégias pedagógicas específicas, permanecem sem meios de superá-las. Assim, ressalta-se a importância de abordagens de ensino que se concentrem explicitamente na superação dessas barreiras de tradução entre as diversas representações semióticas.

4.5 CATEGORIA 5: MANIFESTAÇÕES DE ENGAJAMENTO E COMUNICAÇÃO MATEMÁTICA

A quinta categoria de análise avalia o engajamento discente, concebido como um construto multidimensional que integra aspectos comportamentais, emocionais e cognitivos. A análise concentra-se nas evidências observáveis que revelam como os alunos se vincularam às atividades propostas, considerando também a qualidade das interações sociais mediadas pela tecnologia. Para a operacionalização dessa análise, adotaram-se os seguintes indicadores: participação e ação (dimensão comportamental), manifestações afetivas (dimensão emocional), investimento mental (dimensão cognitiva) e a qualidade da comunicação e da argumentação.

A categoria “Manifestações de Engajamento e Comunicação Matemática” estrutura-se em cinco subcategorias analíticas, definidas a partir dos indicadores observados, conforme esquematizado na Figura 67.

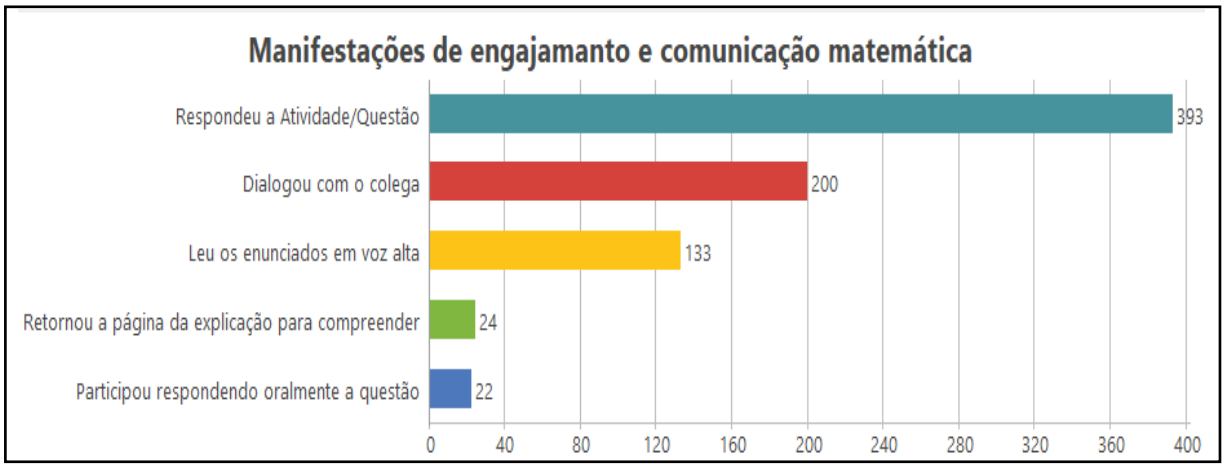
Figura 67 - Categoria: Manifestações de Engajamento e Comunicação Matemática e as subcategorias



Fonte: Elaborada pela autora com base no *MaxQda* 2018

A Figura 68 sintetiza a frequência de ocorrência das ações dos estudantes, organizadas de acordo com as subcategorias de análise previamente delineadas.

Figura 68 - Frequência de cada subcategoria da categoria 5



Fonte: Elaborada pela autora com base no *MaxQda* 2018

O gráfico resultante designa que os alunos realizaram as atividades propostas na Sequência Didática, disponibilizadas no ambiente *GeoGebra.org*, o que configura um indício robusto de engajamento. Consoante Santos (2023), alunos engajados tendem a participar de maneira mais ativa das atividades escolares, a compreender e reter com maior eficácia os conhecimentos trabalhados em sala de aula, a manifestar comportamento mais positivo e a alcançar um melhor desempenho acadêmico. Esse cenário sugere que a utilização da ferramenta digital propiciou a participação ativa dos estudantes, potencializando seu comprometimento e progresso nas atividades.

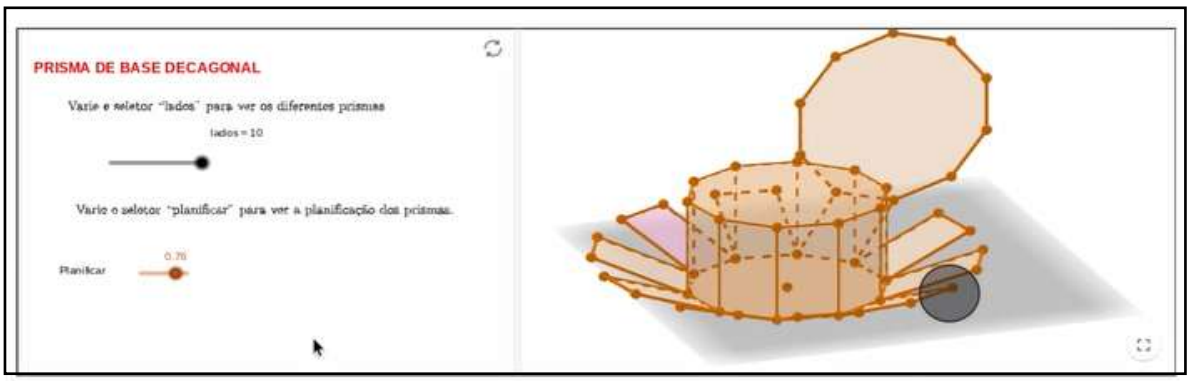
Este fragmento, extraído das produções de A1, exemplifica e aprofunda a análise referente a esta categoria.

Quadro 23 - Excertos da Resposta de A1 Pertencentes à Categoria 5

	Resposta de A1
Q1	*"Achei **mais interessante** em pode visualizar os planos de vários ângulos."*
Q5	***"Ajudou para meu conhecimento e fez eu aprender de uma forma mais interessante e a gostar mas do conteúdo**."*

No decorrer do Segundo Encontro, durante a realização da Tarefa 1, um episódio de engajamento emocional foi registrado. A atividade proposta, a planificação de um prisma, demandava a mobilização da visualização espacial. Nesse contexto, A1 externou seu entusiasmo de forma espontânea e audível, exclamando: *"Eita óh! [...] que legal!"*. Essa reação, permeada por surpresa e satisfação, transcende a mera execução da tarefa, configurando-se como um indício de engajamento emocional. Trata-se de um marcador afetivo relevante, pois aponta para uma relação positiva com o conteúdo matemático e expressa o prazer associado à experiência da descoberta. A imagem a seguir representa a atividade desenvolvida.

Figura 69 - Excerto das interações de A1 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 1



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

As interações de A1 demonstram a convergência entre estética e cognição, onde a mediação tecnológica pelo ambiente *GeoGebra.org* potencializa o engajamento emocional. O entusiasmo manifestado na visualização e planificação do prisma indica que a percepção espacial facilitada ressignifica a experiência de aprendizagem, transformando a descoberta geométrica em um estímulo motivacional que fortalece o vínculo afetivo do aluno com o saber matemático.

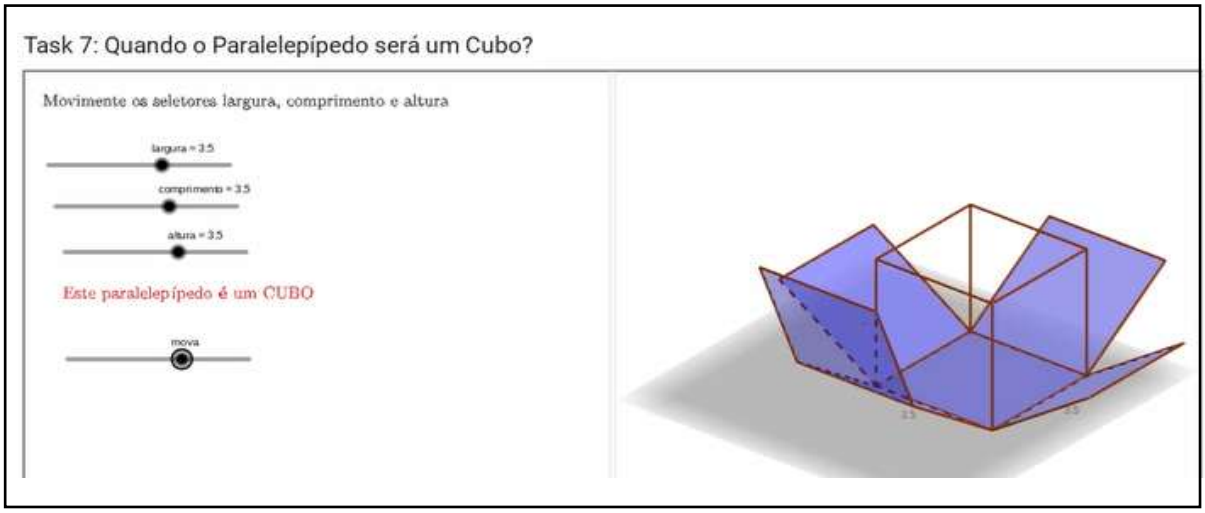
A categoria é evidenciada no excerto a seguir, extraído da interação do Aluno 2.

Quadro 24 - Excertos da Resposta de A2 Pertencentes à Categoria 5

	Resposta de A2
Q4	*"Me ajudaram na percepção das formas, e a **não confundir** os elementos dos poliedros".*

O engajamento emocional do estudante A2 foi expressivo na Tarefa 5 do Primeiro Encontro, evidenciado por duas manifestações espontâneas de surpresa. A primeira ocorreu durante a planificação do cubo, quando o estudante exclamou: *"ooohhhh"*, expressão que sinaliza espanto e traduz o instante de uma nova compreensão conceitual. Em seguida, na mesma atividade, a planificação do paralelepípedo suscitou a reação: *"Oh doido"*, uma interjeição coloquial que igualmente denota surpresa e entusiasmo. A ocorrência consecutiva dessas expressões revela um engajamento emocional contínuo, indicando que o estudante permaneceu cognitivamente mobilizado e afetivamente envolvido no processo de exploração das propriedades dos sólidos geométricos. Este excerto exemplifica a atividade mencionada.

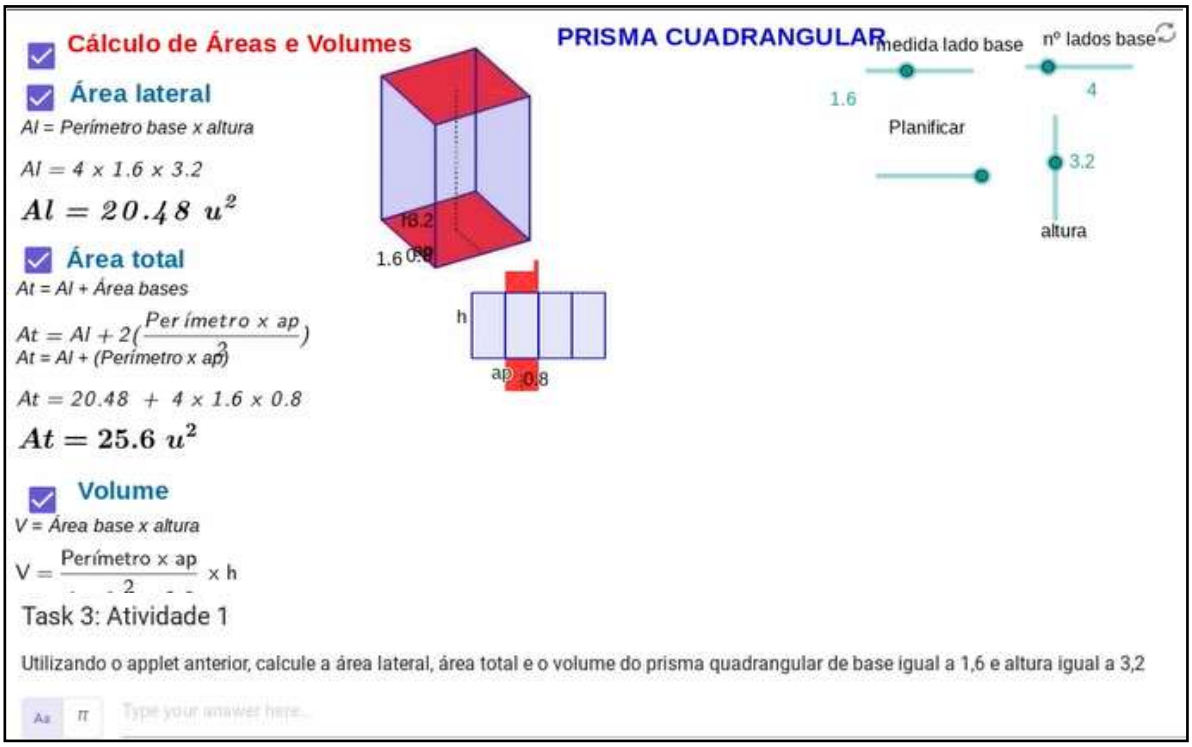
Figura 70 - Excerto das interações de A2 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 5



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

O engajamento de A2 na Tarefa 5 do Segundo Encontro manifestou-se de forma exemplar nas dimensões comportamental e cognitiva. No plano comportamental, destacou-se sua resiliência, demonstrada pelos nove minutos dedicados de forma contínua à resolução da atividade, período em que manteve foco e persistência. Concomitantemente, seu investimento cognitivo revelou-se notável, uma vez que A2 não se restringiu à execuçaõ de cálculos, mas buscou elaborar justificativas para fundamentar seus resultados. Essa conduta anunciou que seu propósito extraplovava a simples obtenção da resposta, voltando-se também para a compreensão e a validarção lógica do persurso que o conduziu até a solução.

Figura 71 - Excerto das interações de A2 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 5



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

As interações de A2 demonstram que o engajamento emocional atua como catalisador do rigor intelectual: as expressões de surpresa ante a visualização dinâmica marcam o despertar da curiosidade, que se desdobra em persistência comportamental e busca por validação lógica. Esse ciclo reforça que o impacto afetivo da tecnologia não apenas motiva o aluno, mas sustenta o esforço cognitivo necessário para a transição do cálculo mecânico para a fundamentação teórica.

O fragmento a seguir, extraído das atividades de A3, aprofunda a discussão desta categoria.

Quadro 25 - Excertos da Resposta de A3 Pertencentes à Categoria 5

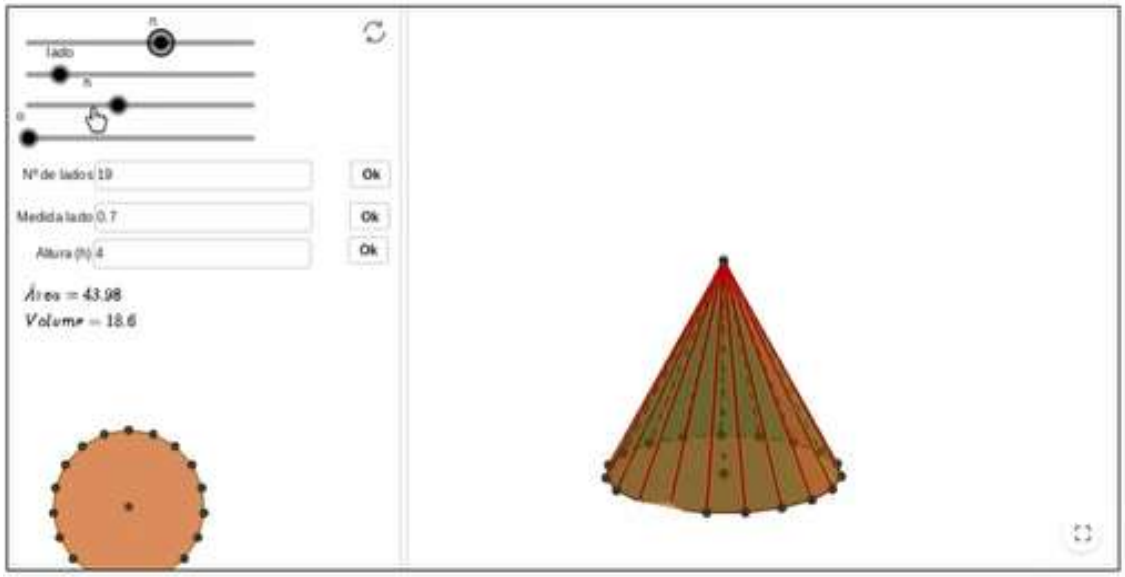
	Resposta de A3
Q4	***"As formas de visualização ajudou muito para poder compreender as forma de um jeito mais fácil pois assim seria mais fácil para entender elas inteiras."***
Q5	***"Aumentou muito mais a minha percepção pois foi mais fácil*** *de decorar as formas e sabendo como seria a forma plana ou 3D."*

A construção de um ambiente de aprendizagem acolhedor e estruturado é um fator determinante para o engajamento dos alunos nas atividades escolares. De acordo com Silva (2023), quando os estudantes se sentem seguros, respeitados e valorizados, tendem a apresentar maior motivação e participação ativa nas propostas pedagógicas. A consolidação desse cenário

favorável envolve elementos como o clima da sala de aula, a qualidade das interações entre professor e alunos e a definição clara das expectativas e dos objetivos de aprendizagem.

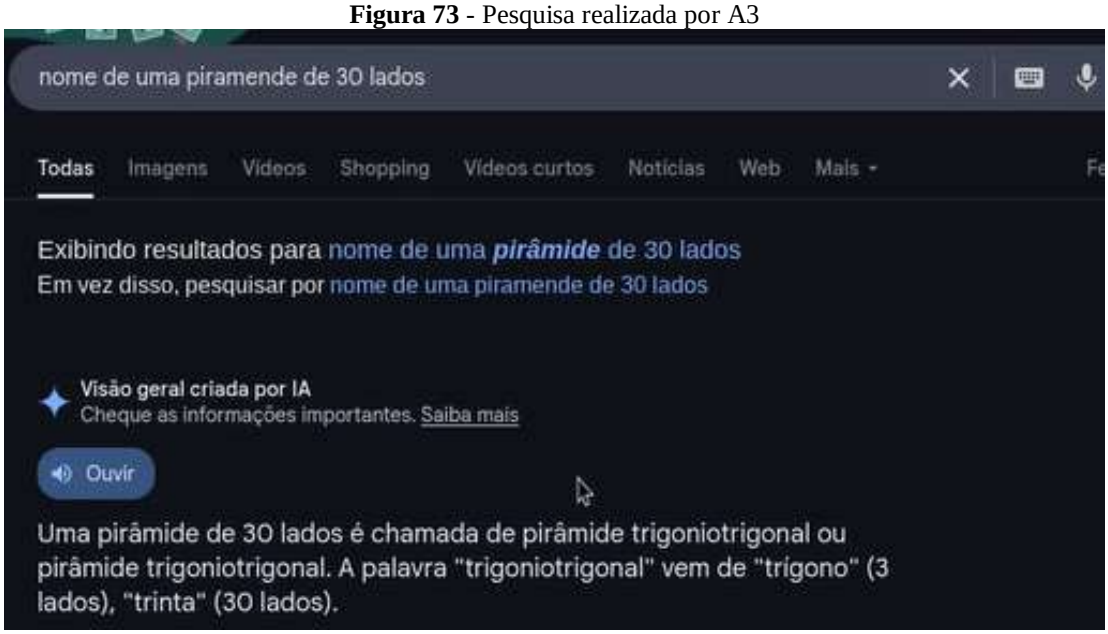
Nesses termos, A3, durante a execução da Tarefa 3, exibiu elevado engajamento, exemplificando a importância de um ambiente propício à aprendizagem. Sua participação ultrapassou a execução das instruções solicitadas, estendendo-se à exploração autônoma de funcionalidades do *GeoGebra.org* que não haviam sido previamente demandadas. O momento mais expressivo dessa exploração ocorreu quando, ao ajustar o cursor para gerar uma base com 30 lados, uma pergunta suscitada pela própria interface, relacionada à nomenclatura da forma, o motivou a buscar, de forma espontânea, informações adicionais no *Google*. Essa ação revela um comportamento de alto valor pedagógico, pois denota autonomia, proatividade e a capacidade de converter uma atividade orientada em uma experiência de aprendizagem autorregulada, conforme corroborado pelas imagens de registro.

Figura 72 - Excerto das interações de A3 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 3



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

Figura 73 - Pesquisa realizada por A3



Fonte: Captura de tela da atividade

A conduta de A3 ilustra a autonomia heurística, em que a curiosidade epistêmica converte o uso da ferramenta tecnológica em investigação proativa. Ao transcender as instruções e buscar conhecimentos complementares de forma voluntária, o discente demonstra um elevado investimento cognitivo, sinalizando que um ambiente pedagógico seguro favorece a transformação da tarefa em uma experiência de aprendizagem autorregulada e protagonista.

As evidências observadas para o Aluno 4 nesta categoria foram:

Quadro 26 - Excertos da Resposta de A4 Pertencentes à Categoria 5

	Resposta de A4
Q1	***"A facilidade de entender o conteúdo, a interação que o aplicativo nos proporcionou, o auxílio da professora etc."***
Q5	***"contribuiu muito para meu conhecimento, e prendeu minha atenção para o conteúdo, pois foi de uma forma mais dinâmica e interativa. E finalmente pude*** *entender como era por dentro das formas geométricas e como elas funcionam quando estão abertas e fechadas."*

O estudante A4 apresentou engajamento emocional consistente, marcado por expressões de surpresa e satisfação em diferentes momentos das atividades. No Primeiro Encontro, suas reações incluíram *"oh loco meu"* e *"gostei do cubo"* (Tarefa 1), além de *"Que legal"* ao manipular o octaedro (Tarefa 5). Esse padrão de envolvimento emocional atingiu seu ápice no Terceiro Encontro (Tarefa 2), quando, ao construir um Hexaedro, expressou de forma enfática sua satisfação: *"Gente, amei"*. O comportamento observado revela que sua emoção positiva esteve diretamente associada ao êxito na execução da atividade, como representado no excerto a seguir.

Figura 74 - Excerto das interações de A4 na atividade realizada no Terceiro Encontro – Tarefa 2 (Hexaedro)

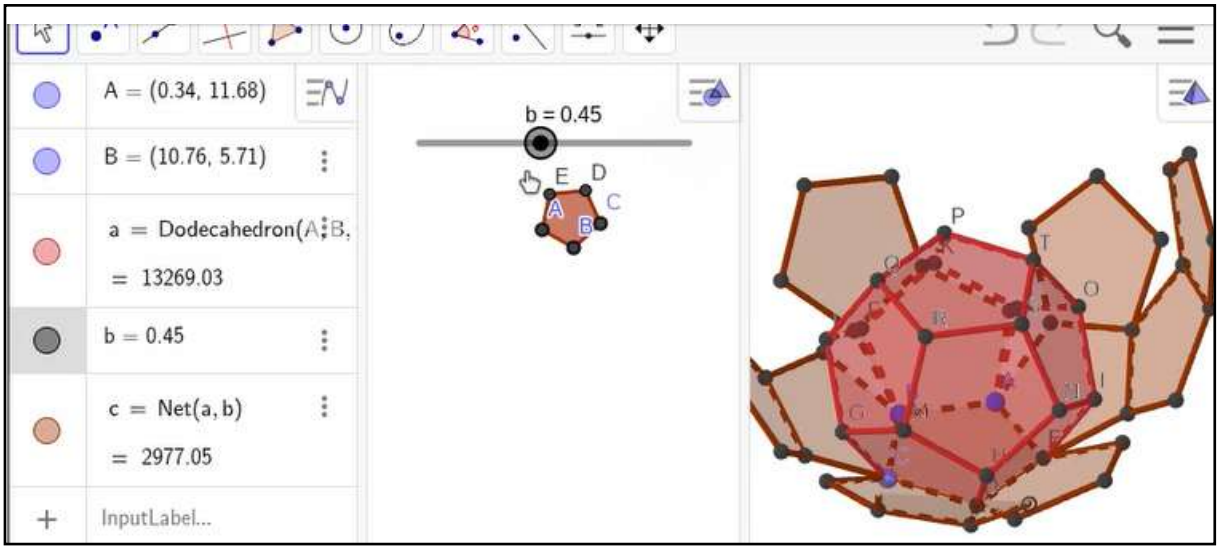


Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

Para Deci et al. (1999), a manutenção do engajamento dos alunos é mais provável quando eles são motivados por aspectos intrínsecos, como a satisfação pessoal e o próprio interesse pela atividade. Adicionalmente, é primordial que o *feedback* e o reconhecimento concedidos aos estudantes estejam fundamentados em seu desempenho individual e genuíno.

Essa perspectiva teórica encontra respaldo no comportamento de A4 durante a Tarefa 2 do Terceiro Encontro. Ao deparar-se com dificuldades na construção do dodecaedro, ocasionados pela interface em inglês do *software*, ele manifestou engajamento comportamental ao buscar auxílio junto à professora. A conclusão bem-sucedida da tarefa, após a orientação recebida, não apenas reforçou sua persistência e capacidade de superar desafios, mas também constituiu um exemplo notável de resiliência e engajamento produtivo, conforme a próxima imagem.

Figura 75 - Excerto das interações de A4 na atividade realizada no Terceiro Encontro – Tarefa 2 (Dodecaedro)



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

O perfil de A4 sintetiza o engajamento intrínseco, no qual o entusiasmo emocional atua como combustível para a resiliência comportamental. A superação de obstáculos técnicos, mediada pelo suporte docente, demonstra que a satisfação advinda do êxito na execução consolida a autoconfiança e transforma a tecnologia em um ambiente de gratificação pessoal e fortalecimento do vínculo com o saber matemático.

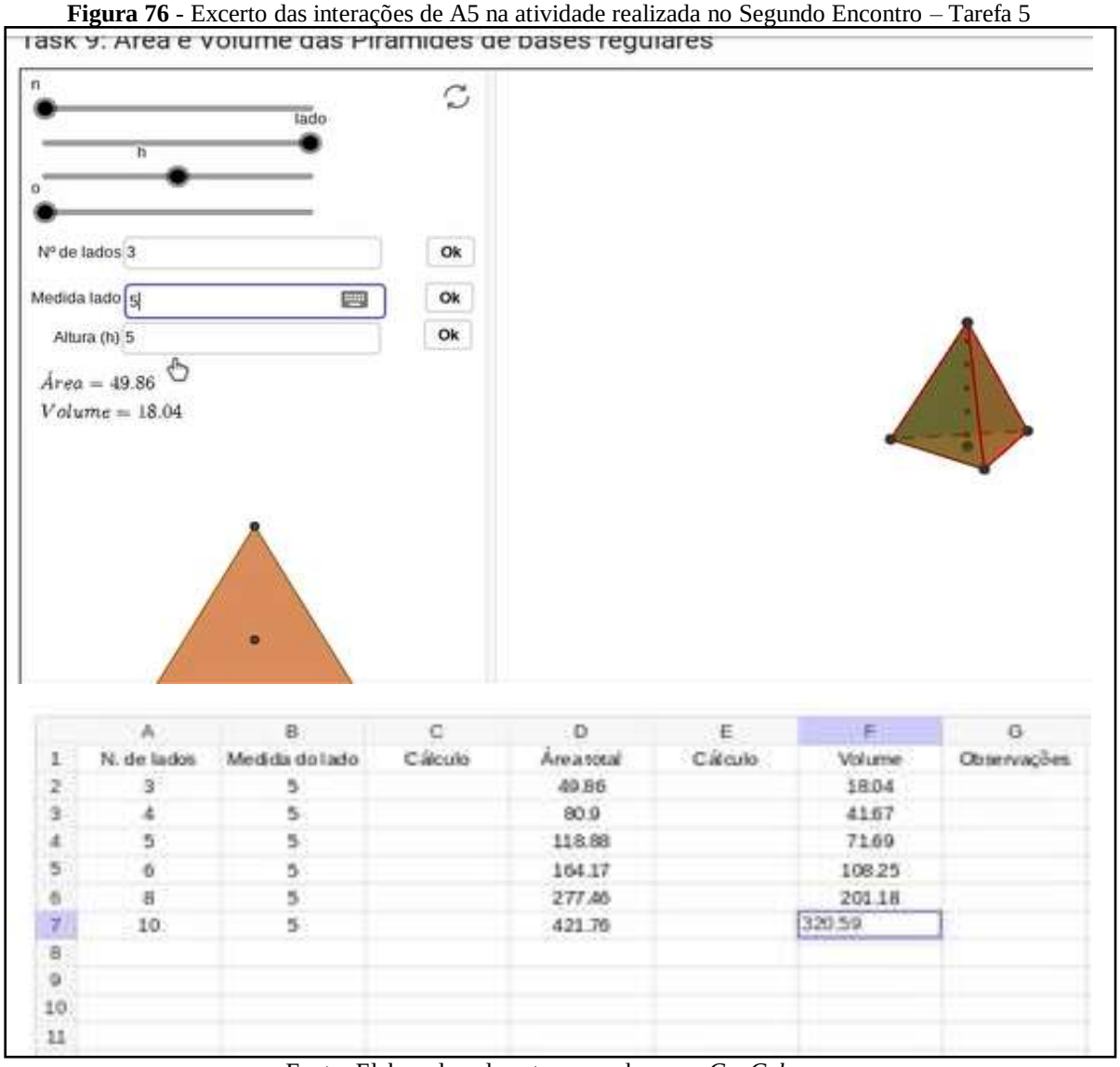
Para fins de ilustração desta categoria, apresenta-se, igualmente, um excerto da interação do Aluno 5.

Quadro 27 - Excertos da Resposta de A5 Pertencentes à Categoria 5

Resposta de A5	
Q1	***"Ficou mais fácil aprender e entender as formas geométrica, e é bem mais prático de mexer com as formar".***

Na Tarefa 5 do Segundo Encontro, A5 demonstrou claros sinais de engajamento comportamental e cognitivo. O engajamento comportamental foi evidenciado pelo tempo dedicado à atividade, revelando persistência e esforço contínuo. Mais notavelmente, o engajamento cognitivo manifestou-se por meio do diálogo produtivo entre A5 e sua dupla, que colaboraram na interpretação da tarefa, discutiram a lógica dos valores a serem inseridos e validaram suas hipóteses antes de agir. Esse processo estratégico culminou na obtenção do resultado correto e no preenchimento preciso da tabela, conforme representado nesta imagem.

Figura 76 - Excerto das interações de A5 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 5



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

O desempenho de A5 destaca o engajamento colaborativo como mediador do sucesso cognitivo. A interação entre pares e o uso prático da ferramenta converteram a persistência em estratégia, permitindo que o diálogo e a validação de hipóteses superassem lacunas individuais de interpretação. Esse processo demonstra que a cooperação, aliada à tecnologia, facilita a transição entre a percepção visual e a formalização matemática, consolidando a aprendizagem através da construção coletiva do saber.

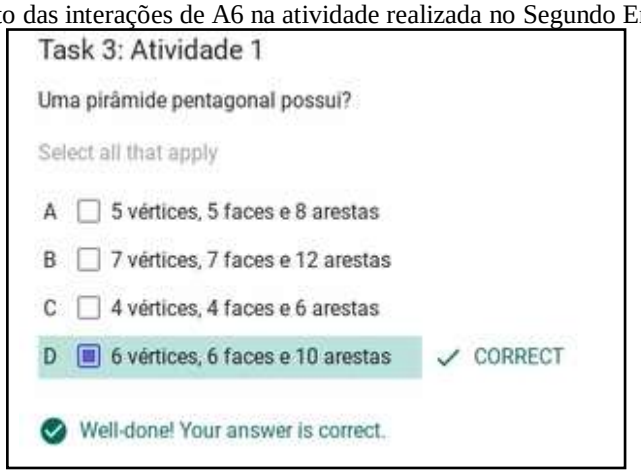
Para ilustrar esta categoria, apresenta-se um excerto da interação do Aluno 6.

Quadro 28 - Excertos da Resposta de A6 Pertencentes à Categoria 5

	Resposta de A6
Q4	*"As planificações das figuras **facilitaram muito a entender e resolver diversas questões**, desde a planificação **facilitando a contagem** de faces, etc."*
Q5	***"Que um assunto "chato" pode ser extremamente interessante, me ajudando a ampliar minha visão sobre o assunto e também facilitando a aprendizagem sobre o assunto."***

A observação da Tarefa 2 do Segundo Encontro anunciou um engajamento cognitivo e social exímio por parte de A6. Ao orientar um colega, ele provou domínio conceitual aliado à habilidade pedagógica. Sua explicação, *"Pentagonal, 5 lados, abri aí para você vê..."*, foi multimodal, combinando descrição verbal e ação visual. A instrução para *"eliminar a base"* sugere um raciocínio estratégico, destinado a isolar e destacar elementos específicos da pirâmide, como as faces laterais. Mais do que um simples exemplo de "comunicação matemática", o episódio evidencia a capacidade de A6 de decompor o problema, adaptar sua linguagem e tornar a compreensão acessível a outro estudante. A seguir a atividade analisada.

Figura 77 - Excerto das interações de A6 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 2



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

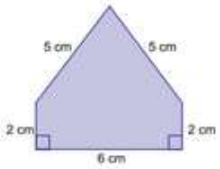
O engajamento comportamental de A6 na Tarefa 1 do Terceiro Encontro transcendeu o mero investimento de tempo, revelando uma abordagem estratégica na resolução de problemas. Sua exploração das funcionalidades do ambiente digital não foi aleatória; ele mobilizou recursos de forma deliberada e eficiente. A ação de abrir uma janela para pesquisar a fórmula do volume no *Google* demonstra engajamento cognitivo, enquanto o uso da calculadora reflete a preocupação com a precisão operacional. Essa utilização de ferramentas externas configura um indicativo de engajamento produtivo, orienatdo para a consecução dos objetivos da tarefa. A Figura 79 registra a tela do participante A6 durante a execução da atividade.

Figura 78 - Excerto das interações de A6 na atividade realizada no Terceiro Encontro – Tarefa 1

Atividade 4

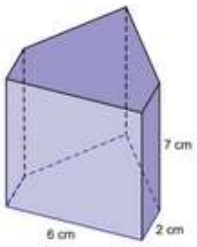
UEA-AM 2024 Um prisma reto tem por base um pentágono com dois ângulos retos, conforme mostra a figura 1.

FIGURA 1



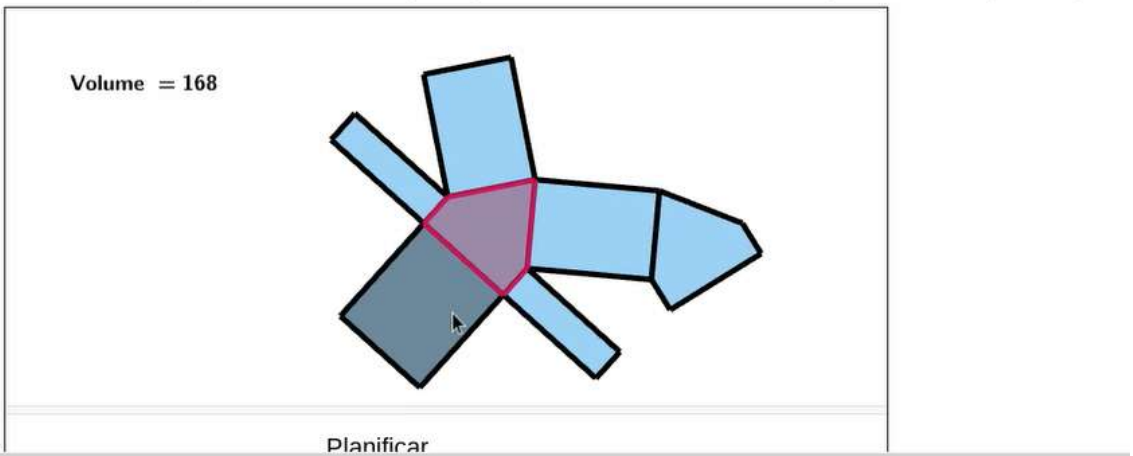
O volume desse prisma é igual a 168 cm3 e a figura 2 mostra uma vista desse prisma quando está apoiado sobre um dos pentágonos.

FIGURA 2



A área total desse prisma é:

Task 5: Observe o prisma reto de base pentagonal, mova o controle deslizante para obter sua planificação



Select all that apply

A ☐ 140 cm 2

B ☐ 164 cm 2

C ☑ 188 cm 2 ✓ CORRECT

D ☐ 212 cm 2

Well-done! Your answer is correct.

Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

O Aluno 6 personifica o engajamento exímio, unindo a competência técnica à habilidade colaborativa. Ao atuar como mediador do conhecimento para seus pares e mobilizar autonomamente recursos externos, o aluno demonstra que a tecnologia, quando integrada a um propósito claro, fomenta o protagonismo e a ressignificação afetiva do saber matemático, elevando o nível de precisão operacional e compreensão conceitual.

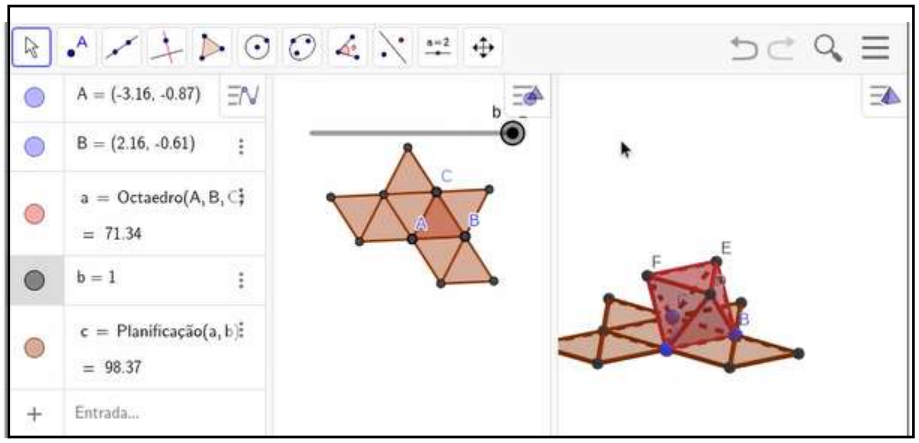
Para ilustrar esta categoria, apresenta-se, um excerto da interação do Aluno 7.

Quadro 29 - Excertos da Resposta de A7 Pertencentes à Categoria 5

Resposta de A7	
Q5	***"entendimento** da densidades desses sólidos, objetos 3D com todos os ângulos e áreas.*

No decorrer da Tarefa 2, realizada no Terceiro Encontro, A7 pôs em evicência engajamento marcante, tanto comportamental quanto cognitivo. O engajamento comportamental manifestou-se pelo tempo e esforço dedicados à resolução da atividade, bem como pela exploração proativa das funcionalidades do *software*. Sua iniciativa incluiu a tentativa de traduzir a interface para o português, que, embora sem sucesso, sinaliza persistência diante de obstáculos. Paralelamente, o engajamento cognitivo e social tornou-se evidente quando, ao se deparar com dúvidas, ele não hesitou em solicitar auxílio à professora e discutir suas interpretações com um colega. Esse processo de interação e busca por soluções reflete uma postura ativa na construção do conhecimento, como estampado na Figura 79.

Figura 79 - Excerto das interações de A7 na atividade realizada no Terceiro Encontro – Tarefa 2-



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

O perfil de A7 demonstra a transição para um engajamento proativo e mediado, em que a persistência comportamental supera barreiras técnicas por meio da interação social. Ao articular o esforço individual com a busca por suporte docente e a colaboração entre pares, o

aluno consolida uma postura ativa na construção do saber. Esse movimento revela que o engajamento cognitivo é potencializado quando o estudante utiliza recursos sociais e tecnológicos para regular sua própria aprendizagem, convertendo a dificuldade em investigação.

A quinta categoria de análise aprofundou o conceito de engajamento discente, compreendendo-o como um fenômeno multidimensional que integra as esferas comportamental, cognitiva e social. Essa abordagem ultrapassou a simples verificação do cumprimento de tarefas, direcionando o olhar para as evidências observáveis da qualidade da conexão dos alunos com as atividades propostas. O objetivo foi captar os processos subjacentes que envolvem o esforço investido, a aplicação de estratégias de pensamento e as interações estabelecidas para a construção do conhecimento.

Essa concepção do engajamento encontra respaldo na literatura. Lima (2020) enfatiza que alunos motivados se mostram ativos e interessados, envolvendo-se em desafios, buscando desenvolver novas habilidades e ampliando suas potencialidades. Complementarmente, Marzano (2007) realça a importância de estabelecer expectativas claras quanto ao comportamento e desempenho, promovendo um ambiente de sala de aula positivo. Adicionalmente, a proposição de metas desafiadoras, porém realistas, é capital para incentivar dedicação contínua efetiva ao aprendizado.

As manifestações desse engajamento foram observadas nas ações concretas dos alunos. O engajamento cognitivo e social, por exemplo, ficou evidente quando A6 assumiu a liderança intelectual ao simplificar elementos de uma figura para auxiliar um colega. Outro aluno, A7, demonstrou resiliência ao enfrentar um desafio, mobilizando recursos externos e buscando ativamente apoio. De forma correlata, um terceiro perfil, A2, evidenciou engajamento comportamental proativo, mantendo foco e confiança, enquanto aplicava e verificava seus conhecimentos prévios.

Ao interpretar esses eventos de maneira integrada, percebe-se que o engajamento dos alunos ultrapassou a simples participação, revelando o desenvolvimento de autonomia intelectual e resiliência acadêmica. As ações observadas indicam que os alunos não se limitaram a executar tarefas, mas atuaram como agentes ativos, capazes de gerenciar recursos e tomar a iniciativa na construção de seu próprio entendimento.

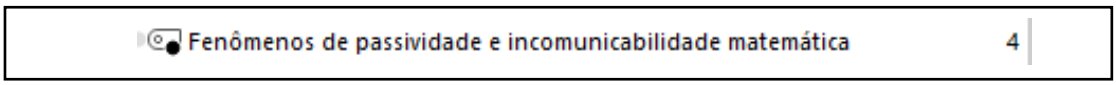
4.6 CATEGORIA 6: FENÔMENOS DE PASSIVIDADE E INCOMUNICABILIDADE MATEMÁTICA

A sexta categoria de análise examina as manifestações de desengajamento dos alunos, denominada “Fenômenos de Passividade e Incomunicabilidade Matemática”. Funciona como um contraponto à categoria anterior, concentrando-se nas evidências observáveis que revelam distanciamento e falta de conexão dos estudantes em relação às atividades propostas.

Esta análise encontra sua fundamentação teórica no conceito de desmotivação. Para Ferreira (2010, p. 67), a desmotivação é um terceiro construto, além da motivação intrínseca e extrínseca. Em tais situações, o indivíduo não percebe a relação entre suas ações e os resultados esperados; em outras palavras, não age com a intenção de obter um desfecho, permanecendo inerte diante da atividade.

Para ilustrar e aprofundar a discussão dessa categoria, a análise concentra-se em quatro interações específicas, selecionadas pela pesquisadora por seu potencial em exemplificar comportamentos de passividade. O resultado da codificação sistemática desses momentos é apresentado na Figura 80.

Figura 80 - Categoria: Fenômenos de Passividade e Incomunicabilidade Matemática



Fonte: Elaborada pela autora com base no *MaxQda* 2018

Os dados desta categoria têm caráter estritamente observacional, extraídos de gravações audiovisuais, uma vez que os comportamentos analisados não se manifestaram nas respostas escritas do questionário.

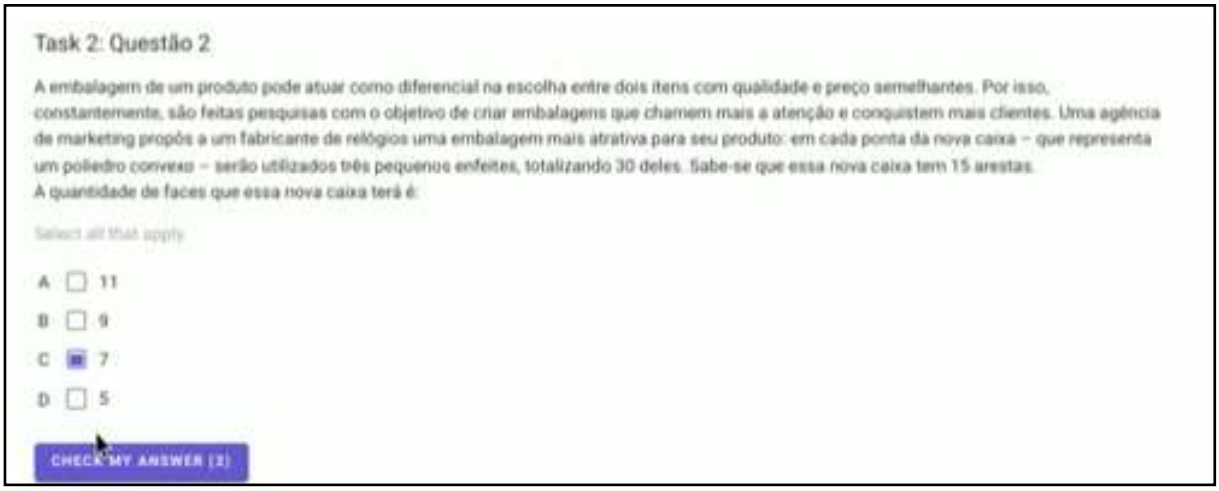
Há que se contextualizar a relevância desses episódios: as quatro interações selecionadas correspondem a uma pequena fração do total de 371 atividades realizadas e observadas ao longo da Sequência Didática (considerando as 53 atividades propostas para os sete alunos). Por esse viés, os episódios de passividade ocorreram em apenas quatro momentos específicos. As causas desses fenômenos de desengajamento podem ser multifatoriais, incluindo, entre outros, dificuldades na execução das tarefas ou cansaço decorrente do número de atividades propostas.

Este excerto, extraído das atividades de A3, serve para exemplificar e aprofundar a discussão desta categoria.

O aluno A3 manifestou uma postura de aparente passividade durante a execução da atividade. Essa conduta ficou evidenciada pela tendência a aguardar a intervenção direta da professora antes de se comprometer com uma resposta. Em vez de buscar uma solução de forma

autônoma, o aluno suspendia sua ação, apenas assinalando a alternativa considerada correta após receber a confirmação. A atividade observada encontra-se na figura abaixo.

Figura 81 - Excerto das interações de A3 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 2



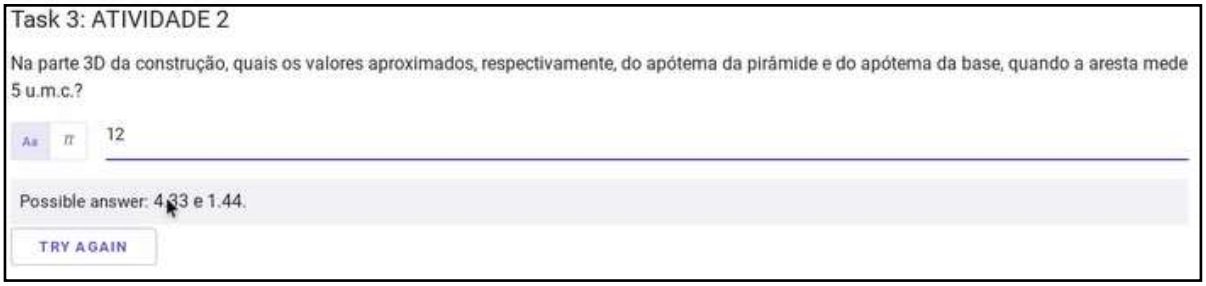
Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

O aluno 3 apresenta uma dependência epistêmica, aguardando a validação docente para progredir na tarefa. Essa postura de passividade revela uma fragilidade na autonomia cognitiva, em que a busca pela resposta correta sobrepõe-se ao processo de investigação, evidenciando que a segurança para o erro é um pré-requisito essencial para que o aluno transite do comportamento reativo para o engajamento proativo.

Para os Alunos 5 e 6, as evidências que se enquadram nesta categoria podem ser elencadas como segue.

A passividade e a abordagem instrumental na resolução de problemas foram claramente observadas, especialmente nos comportamentos de A5 e A6, que manifestaram condutas idênticas em diferentes tarefas. No caso de A5, durante a execução da Tarefa 5 no Encontro 1, a postura de passividade presentificou-se pela ausência de esforço cognitivo autônomo. Em vez de buscar uma solução própria, sua primeira ação foi recorrer diretamente ao ícone de verificação para obter a resposta correta, a qual foi então mecanicamente copiada e transmitida ao colega, como ilustrado na Figura 82.

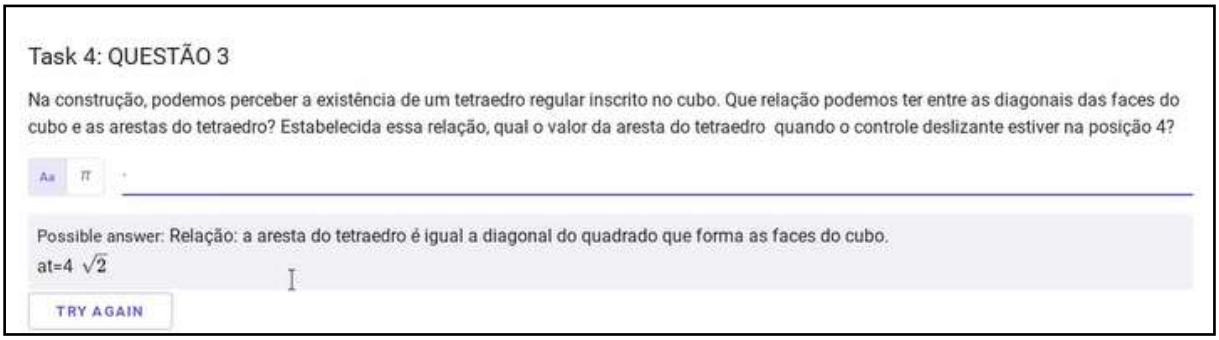
Figura 82 - Excerto das interações de A5 na atividade realizada no Primeiro Encontro – Tarefa 5



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

De forma análoga, A6, durante a Tarefa 6 do Segundo Encontro, apresentou uma conduta marcadamente instrumental: ele contornou completamente o processo de resolução ao acionar o ícone de exibição da resposta correta e, em seguida, transcrevê-la mecanicamente no campo designado. Em ambos os casos, a conduta adotada indica ausência de engajamento cognitivo, na qual o aluno prioriza a finalização da tarefa pelo caminho de menor esforço, em detrimento da compreensão e do desenvolvimento do raciocínio. Ao utilizar o recurso não como ferramenta de verificação, mas como um atalho para a obtenção e transmissão da solução pronta, os alunos desvelaram indiferença e se eximiram da oportunidade de construir conhecimento e participar de uma colaboração genuína. A captura de tela a seguir representa essa atitude de A6.

Figura 83 - Excerto das interações de A6 na atividade realizada no Segundo Encontro – Tarefa 6



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

Os comportamentos de A5 e A6 exemplificam o engajamento instrumental, em que o uso de atalhos tecnológicos substitui o esforço cognitivo. A busca pela resposta imediata, sem o processo de reflexão, configura um estado de indiferença acadêmica que prioriza o cumprimento burocrático da tarefa, anulando as oportunidades de aprendizagem e de colaboração autêntica proporcionadas pelo ambiente digital.

Esses comportamentos, caracterizados pela passividade e pela busca por soluções rápidas em detrimento do processo cognitivo, podem ser compreendidos sob a ótica dos

fenômenos de desmotivação e indiferença no contexto educacional. Conforme Bzuneck (2009), a ausência de motivação acarreta sérios prejuízos à trajetória acadêmica, resultando em baixo investimento pessoal e, consequentemente, em aprendizado limitado. Em consonância, Ferreira (2010) argumenta que a indiferença transcende a simples ausência de engajamento, manifestando-se por meio de comportamentos e emoções que refletem estados motivacionais mal adaptados. Ela é composta por dois fatores distintos: um comportamental, que se expressa na passividade e no retraimento diante das atividades de aprendizagem, e um emocional, que inclui sentimentos como aborrecimento, ansiedade e frustração no ambiente de sala de aula.

No caso de A7, essa categorização é sustentada por indicadores específicos.

Durante o Terceiro Encontro, ao executar a Tarefa 1, A7 exibiu uma postura de acentuada passividade. Sua interação com a tarefa foi consideravelmente superficial: percorreu a página com o cursor, sem realizar uma leitura atenta do enunciado. Como resultado, o ato de assinalar uma resposta ocorreu de forma dissociada de qualquer processo analítico, sugerindo uma escolha aleatória ou impulsiva. Essa conduta evidencia que o objetivo do aluno não era resolver o desafio proposto, mas sim cumprir mecanicamente a tarefa, contornando o esforço cognitivo exigido, conforme a próxima imagem.

Figura 84 - Excerto das interações de A7 na atividade realizada no Terceiro Encontro – Tarefa 1



Fonte: Elaborada pela autora com base no *GeoGebra*

O Aluno 7 demonstra uma postura de indiferença operacional, na qual a execução da tarefa ocorre de forma dissociada da reflexão. Ao priorizar a rapidez e o preenchimento mecânico em detrimento da análise do problema, o aluno anula o potencial cognitivo da atividade, transformando o ambiente de aprendizagem em um espaço de mera reprodução burocrática e escolha impulsiva.

A categoria “Fenômenos de Passividade e Incomunicabilidade Matemática” emergiu como um ponto central da análise, dedicada a investigar as manifestações de desengajamento dos alunos. Funcionando como contraponto às demais categorias, seu foco recai sobre evidências observáveis de distanciamento e falta de conexão dos estudantes em relação às propostas. A metodologia puramente observacional, via gravações audiovisuais, mostrou-se indispensável, uma vez que os comportamentos de passividade frequentemente não se revelam nas respostas escritas, que podem mascarar a ausência de esforço cognitivo real.

Embora as quatro interações selecionadas representem apenas uma pequena fração do universo de atividades observadas, elas são ilustrativas de um padrão consistente de desengajamento e de contorno do desafio intelectual. As estratégias adotadas pelos alunos variaram: A3 demonstrou dependência da validação do professor, aguardando intervenção direta para se comprometer com uma resposta; A5 e A6 exibiram conduta instrumental, utilizando o recurso de verificação para a cópia mecânica da resposta correta, priorizando o caminho mais rápido e de menor esforço; por fim, A7 manifestou desinteresse em um episódio, assinalando opções sem realizar leitura atenta do enunciado. Em todos esses casos, a interação com a atividade foi notadamente superficial e meramente protocolar, centrada no cumprimento da tarefa em detrimento do engajamento genuíno e da busca pela compreensão.

Essas manifestações de passividade e incomunicabilidade matemática comprometem a construção ativa do conhecimento e o engajamento verdadeiro, alinhando-se à perspectiva de Santos (2023), que sublinha a dificuldade de muitos estudantes em demonstrar interesse e se envolver nas atividades escolares. Marques (2019) complementa essa visão, atribuindo a desmotivação à falta de percepção da relevância dos objetivos propostos, um problema recorrente no ensino tradicional.

Diante desse cenário, torna-se imperativo repensar as práticas pedagógicas, de modo a identificar e confrontar a multifacetada natureza da desmotivação, promovendo abordagens capazes de restaurar a intencionalidade, o engajamento ativo e o protagonismo do aluno no processo de construção de seu saber matemático.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa investigamos o processo de ensino sobre poliedros a partir das respostas, interações e produções dos alunos da turma do 3° Ano B da Escola Estadual Professor João Batista. A metodologia empregada consistiu em uma Sequência Didática em formato de Livro Digital, intitulada "Poliedros Interativos", desenvolvida no ambiente *GeoGebra.org*. A investigação foi orientada pela seguinte questão: De que forma as funcionalidades do ambiente dinâmico *GeoGebra.org* a luz da Teoria dos Registros de Representação Semiótica, podem favorecer o ensino de poliedros, alinhando-se às habilidades da BNCC, bem como despertar o engajamento dos alunos do 3° ano do Ensino Médio? O objetivo geral foi investigar de que maneira o ambiente *GeoGebra.org*, à luz da Teoria dos Registros de Representação Semiótica, pode favorecer o ensino de poliedros, promover o engajamento de alunos do 3° ano do Ensino Médio e alinhar-se às habilidades da BNCC.

Os dados resultantes do *corpus* final da pesquisa foram importados e organizados no *software MaxQDA*, posteriormente categorizados e interpretados com base nas fases da Análise Textual Discursiva (ATD), conforme Moraes e Galliazzi (2016).

Da investigação emergiram seis categorias de análise: (i) Apropriação das Funcionalidades do GeoGebra e a Exploração Visual; (ii) Desafios no uso do Ambiente *GeoGebra* na Exploração de Poliedros; (iii) Transições entre Registros de Representação Semiótica; (iv) Rupturas e Incongruências no Processo de Conversão; (v) Manifestações de Engajamento e Comunicação Matemática; e (vi) Fenômenos de Passividade e Incomunicabilidade Matemática.

A análise da categoria "Apropriação das Funcionalidades do GeoGebra e a Exploração Visual" evidenciou um espectro de engajamento cognitivo que variou da manipulação instrumental à autêntica investigação matemática. Os episódios vivenciados pelos alunos avultaram o *GeoGebra.org* como uma ferramenta poderosa para visualização, interação, simulação e descoberta. A capacidade do *software* de materializar "objetos concreto-abstratos", conforme a concepção de Hebenstreint (1987 apud Gravina, 1998), permitiu que os estudantes manipulassem objetos de forma concreta na tela, enquanto construíam concepções mentais abstratas. O *feedback* visual instantâneo, destacado por Bortolossi (2016), mostrou-se determinante para analisar as interconexões entre elementos e compreender as transformações resultantes.

A apropriação do *GeoGebra.org* ocorreu em dois níveis complementares: o representacional, que superou as limitações do ensino estático ao transformar figuras em objetos interativos e perceptivamente concretos; e o investigativo, no qual os alunos assumiram o protagonismo, testando hipóteses, explorando correlações e formulando conjecturas e deduções informais. Em suma, o *GeoGebra.org* consolidou-se como um ambiente dinâmico medular para a construção ativa e significativa do conhecimento matemático, promovendo uma postura de curiosidade intelectual e protagonismo discente.

A categoria **"**Desafios no uso do Ambiente *GeoGebra* na Exploração de Poliedros**"** revelou algumas dificuldades na interação dos alunos com o ambiente digital. Esses desafios foram categorizados em dificuldades técnicas, como travamentos e erros de *software*, e de usabilidade, principalmente a barreira do idioma. Enquanto alguns alunos demonstraram notável autonomia para superar esses obstáculos, outros enfrentaram dificuldades que aumentaram sua carga cognitiva.

A análise da categoria "Transições entre Registros de Representação Semiótica" evidenciou padrões significativos nas transições entre diferentes registros de representação semiótica, segundo Raymond Duval (2009). A investigação aprofundou dois processos cognitivos centrais: o tratamento, que envolve manipulações dentro de um mesmo registro, como a rotação de uma figura tridimensional, e a conversão, cognitivamente mais complexa, que implica a translação de informações de um registro para outro (como descrever uma figura geométrica em palavras). A geometria, em particular, destaca-se por sua complexidade intrínseca que, segundo Duval (2022), "solicita o gesto, a linguagem e o olhar", exigindo uma sinergia contínua entre visualização e linguagem para a efetiva construção dos conceitos.

Exemplos observados em alunos como A6 e A2 ilustram de forma exemplar a aplicação prática dessa teoria, demonstrando como as ações dos estudantes transcendem a mera execução de tarefas. A coordenação funcional entre registros, como a transição de A6 do registro figural (exploração visual de uma planificação) para o linguístico (explicação a um colega), e a conversão de A2 do registro da língua natural para o algébrico (aplicação da Relação de Euler), são evidências concretas de uma atividade mental sofisticada. A capacidade de construir significado ao transitar entre diferentes sistemas semióticos, convertendo ideias verbais em cálculos algébricos ou imagens visuais em descrições orais, valida, sob o referencial de Duval (2009), a ocorrência de uma compreensão matemática autêntica, confirmando que o pensamento matemático é um processo dinâmico de tradução e coordenação entre linguagens.

A quarta categoria de análise, "Rupturas e Incongruências no Processo de Conversão",

evidenciou que a conversão de representações semióticas é, de fato, um obstáculo central à compreensão matemática, como apontado por Duval (2018). As rupturas e incongruências identificadas demonstraram que o domínio do processo de conversão é pilar fundamental para a construção do pensamento matemático. A insegurança manifestada pelos alunos, como a dupla marcação de respostas, revela que eles percebem suas próprias dificuldades, mas muitas vezes carecem de estratégias cognitivas ou pedagógicas específicas para superá-las. Isso sobreleva a importância de abordagens de ensino focadas explicitamente na superação dessas barreiras de tradução entre as diversas representações semióticas, conforme a recomendação de Duval (2016), para que sejam disponibilizadas atividades que demandem a mobilização sinérgica de múltiplos registros.

A categoria "Manifestações de Engajamento e Comunicação Matemática" mostrou que o engajamento dos alunos transcendeu a mera participação. Foram evidenciadas autonomia intelectual, resiliência acadêmica e postura proativa na construção do conhecimento, como exemplificado por A6 ao simplificar elementos para um colega, A7 ao buscar auxílio e A2 ao aplicar e verificar seus conhecimentos prévios. Esses comportamnetos corroboram a perspectiva de Lima (2020) sobre alunos motivados, e de Marzano (2007) sobre a importância de expectativas claras e metas desafiadoras.

As ações dos alunos, ao persistirem diante de adversidades e gerenciarem, ativamente, o próprio tempo e aprendizado, demonstram um profundo investimento emocional e cognitivo. Ao assumirem o protagonismo de sua trajetória educacional, afirmaram-se como agentes de sua própria formação, desenvolvendo autonomia intelectual e resiliência acadêmica por meio da iniciativa de construir, de maniera independente, o entendimento.

A análise da categoria "Fenômenos de Passividade e Incomunicabilidade Matemática" atuou como um contraponto, descortinando manifestações de desengajamento. A passividade e o retraimento, a busca por soluções rápidas em detrimento do esforço cognitivo e a interação superficial, alinham-se à concepção de indiferença de Ferreira (2010). Essas ocorrências, embora em menor número, reforçam que a ausência de motivação acarreta sérios prejuízos à trajetória acadêmica (Bzuneck, 2009) e corroboram a necessidade de abordagens pedagógicas que restaurem o sentido e a motivação do aluno, confrontando a falta de percepção da relevância dos objetivos propostos, problema recorrente no ensino tradicional (Marques, 2019).

Diante dos resultados, acreditamos que o objetivo da pesquisa foi plenamente atingido. O estudo valida o uso da Sequência Didática no *GeoGebra.org* como oportunidade valiosa para que o aluno explore representações de um objeto matemático em diferentes registros no mesmo ambiente, conforme sugerido por Duval (2016). O *GeoGebra.org* estabelece-se como um

recurso valioso para potencializar o ensino da Geometria, cuja eficácia depende de intervenção pedagógica consciente, que explore as funcionalidades do *software*, enfrente barreiras de conversão semiótica e promova o engajamento discente. A análise dos registros audiovisuais revelou um cenário dinâmico e multifacetado, com manifestações emocionais indicando profundo envolvimento cognitivo e afetivo, bem como fluidez na transição entre registros semióticos, refletindo compreensão conceitual flexível.

Esta pesquisa, imbricada em minha trajetória profissional, ofereceu aprendizados que moldarão significativamente minha prática docente. Ela revelou que a integração de tecnologias digitais, como o ambiente *GeoGebra.org*, exige revisão metodológica que transcende o simples uso da ferramenta, demandando uma compreensão mais aprofundada. O principal aprendizado valida a Teoria dos Registros de Representações Semióticas de Raymond Duval como vital para a compreensão cognitiva do aluno, redefinindo a forma como os processos de ensino devem ser planejados e executados.

O cerne de minha prática será a imperatividade de planejar intencionalmente atividades que promovam as conversões entre registros de representação semiótica. Compreendi que não basta expor os alunos a diferentes representações, é preciso criar situações onde eles sejam compelidos a transitar ativamente entre a língua natural, representações figurais e simbólicas, a justificar suas escolhas e a coordenar essas informações. Isso implica suplantar o "ver" e "manipular", estimulando ativamente o "explicar" e o "relacionar". Nesse bojo, o ambiente *GeoGebra.org* pode ser explorado como um verdadeiro laboratório de "objetos concreto-abstratos", não apenas como um visualizador, estando sua eficácia condicionada à mediação pedagógica e ao planejamento metodológico.

Por fim, a pesquisa destacou a importância de combater a passividade, pois a simples entrega da tarefa não garante engajamento cognitivo nem a construção ativa do conhecimento. É essencial, portanto, restaurar o sentido e o protagonismo do aluno em seu próprio processo de aprendizagem, transformando a dinâmica da sala de aula. Levo, assim, da pesquisa, a convicção de que, a tecnologia é um motor potente e a alfabetização semiótica e a gestão do engajamento são os pilares para o sucesso do ensino de Matemática.

Em suma, finalizamos esta pesquisa com a satisfação de contribuir com o meio acadêmico, disponibilizando, de forma organizada, o produto final, o Livro Digital Poliedros Interativos, disponível em https://www.geogebra.org/m/azkcamza, para uso de todos os interessados.

Outrossim, levantamos questões que fomentam novos estudos, tais como: (1) de que forma a utilização do ambiente *GeoGebra.org,* mediado por uma Sequência Didática adaptada,

pode influenciar o aprendizado e a transição entre registros de representação semiótica de conceitos de geometria, ou de outras áreas da matemática, em diferentes faixas etárias, como o Ensino Fundamental II e o Ensino Superior? (2) de que modo o ambiente *GeoGebra.org*, em contextos de aprendizagem colaborativa, influencia a comunicação matemática entre os alunos, especialmente na negociação de significados e na resolução de desafios cognitivos?

REFERÊNCIAS

BALANCHO, M. J. S.; COELHO, F. M. **Motivar os alunos, criatividade na relação pedagógica: conceitos e práticas**. 2. ed. Porto, Portugal: Texto, 1996.

BORBA, Marcelo de Carvalho; ARAÚJO, Jussara de Loiola. **Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2012.

BORBA, Marcelo de Carvalho; MALHEIROS, Ana Paula dos Santos; AMARAL, Rúbia Barcelos. **Educação a distância online.** 3 ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2011.

BORTOLOSSI, Humberto José. **O Uso do Software gratuito GeoGebra no Ensino e na Aprendizagem de Estatística e Probabilidade.** VIDYA, v. 36, n. 2, p. 429-440, 2016. Disponível em: https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/vidya/article/view/1804 .Acesso em 02 jul. 2025.

BRAGAGNOLLO, Karina Fonseca. **Discussões e produções dos participantes da 12ª edição do curso de GeoGebra relacionadas ao Teorema de Pitágoras**. Monografia (Licenciatura em Matemática) - Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado. Barra do Bugres, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BUSSOLOTTO, Débora. **Gênese instrumental do GeoGebra 3D: um estudo no ensino médio normal/magistério**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de matemática)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Matemática e Estatística. 2019. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/198560 Acesso em 02 jul. 2025.

BZUNECK, José Aloyeso. **A motivação do aluno: aspectos introdutórios**. In: BORUCHOVITH, Evely.; BZUNECK, José Aloyeso (Orgs.), A Motivação do Aluno: Contribuições da Psicologia Contemporânea (pp. 9-36). Petrópolis: Vozes. 2009

CELESTINO, Joseilma Ramalho. **Orientações motivacionais de alunos do ensino fundamental e médio**. Dissertação de mestrado. Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias – Programa de Pós-Graduação em Ciências da Educação. Lisboa. Portugal. 2011. Disponível em: https://recil.ulusofona.pt/items/f5bddb2a-a4a3-43aa-bb4d-80250805b3a1 Acesso em: 21 jul. 2025

CHIAVENATO, Idalberto. **Administração nos novos tempos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1999

CRESWELL, John Ward. **Projeto de pesquisa: método qualitativo, quantitativo e misto**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

DANTE, Luiz Roberto, VIANA Fernando. **Matemática em contextos**: geometria plana e geometria espacial. 1. ed. São Paulo: Ática, 2020.
DOI: http://doi.org/105007/1981-1322.2018v13n2p01

DECI, E. L., KOESTNER, R., & RYAN, R. M. **A meta-analytic review of experiments examining the effects of extrinsic rewards on intrinsic motivation**. Psychological ulletin, 125(6), 627-668, 1999.

DUVAL, Raymond. **Abordagem cognitiva de problemas de geometria em termos de congruência** (M. T. Moretti, Trad.) Revista Eletrônica de Educação Matemática, ISSN 1981-1322. v. 07, n. 1, p.118-138, 2012a.

DUVAL, Raymond. **As condições cognitivas da aprendizagem da geometria: desenvolvimento da visualização, diferenciação dos raciocínios e coordenação de seus funcionamentos.** Revista Eletrônica de Educação Matemática - REVEMAT, Florianópolis, v. 17, p. 01-52, jan./dez., 2022. Universidade Federal de Santa Catarina. ISSN 1981-1322. DOI: https://doi.org/10.5007/1981-1322.2020.e85937

DUVAL, Raymond. **Como analisar a questão crucial da compreensão em Matemática?** Revista Eletrônica de Educação Matemática - REVEMAT, Florianópolis, v.13, n.2, p.1-27, 2018. Universidade Federal de Santa Catarina. ISSN 1981-1322
DOI: http://doi.org/105007/1981-1322.2018v13n2p01

DUVAL, Raymond. **Questões epistemológicas e cognitivas para pensar antes de começar uma aula de matemática**. Revista Eletrônica de Educação Matemática - REVEMAT, Florianópolis, v. 11, n. 2, p. 1-78, jan./dez., 2016. Universidade Federal de Santa Catarina. DOI: https://doi.org/10.5007/1981-1322.2016v11n2p1

DUVAL, Raymond. **Registros de representação semiótica e funcionamento cognitivo do pensamento** (M. T. Moretti, Trad.) Revista Eletrônica de Educação Matemática, 2012b DOI: https://doi.org/10.5007/1981-1322.2012v7n2p266

DUVAL, Raymond. **Registros de representações semióticas e funcionamento cognitivo da compreensão em Matemática**. In: MACHADO, S. D. A. (Org.). **Aprendizagem em Matemática: registros de representação semiótica**. Campinas, SP: Papirus, 2003.

DUVAL, Raymond. **Semiosis e pensamento humano:** registros semióticos e aprendizagens intelectuais. Tradução: Lênio Fernandes Levy e Marisa Rosani Abreu da Silveira – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2009.

DUVAL, Raymond. **Sémiosis et pensée humaine**: registres sémiotiques et apprentissages intellectuels.Berne: Peter Lang. 1995.

DUVAL, Raymond. **Semiosis y Pensamiento Humano: Registros Semióticos y Aprendizajes Intelectuales.** Tradução em casteliano de Myriam Veja Reestrepo. Universidade Del Valle: Peter Lang, 2004.

DUVAL, Raymond. **Ver e ensinar a matemática de outra forma: entrar no modo matemático de pensar: os registros de representações semióticas**. In: CAMPOS T. M. M. (org). São Paulo: PROEM, 2011.

FLICK, Uwe. **Qualidade na pesquisa qualitativa: coleção pesquisa qualitativa**. Bookman editora, 2009.

FLORES, Claudia Regina. **Olhar, saber, representar: ensaios sobre a representação em perspectiva**. Tese (Doutorado em Educação) - Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/203040 Acesso em: 06 jul. 2025.

FREDRICKS, Jennifer A.; BLUMENFELD, Phyllis. C.; PARIS, Alison. H. **School engagement: Potential of the concept, state of the evidence.** Review of Educational Research, v. 74, n. 1, p. 59–109, 2004. Disponível em: https://www.isbe.net/documents/engagement-concept.pdf Acesso em: 25 jun. 2025

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4 ed. São Paulo, Atlas, 2002.

GONÇALVES, William. Vieira. **O transitar entre a Matemática do matemático, a Matemática da escola e a Matemática do GeoGebra: um estudo de como professores de Matemática lidam com as possibilidades e limitações do GeoGebra**. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, Bauru, 2016.

GRAVINA, Maria Alice. et al. (Org.) **Matemática, Mídias Digitais e Didáticas: tripé para a formação do professor de matemática.** Porto Alegre: Evangraf, 2012.

GRAVINA, Maria Alice. **Geometria Dinâmica: uma nova abordagem para o aprendizado da Geometria**. In: Anais do VII Congresso Brasileiro de Informática na Educação, Belo Horizonte, MG, 1996. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/EDUCACAO_E_TECNOLOGIA/GEODINAMICA.PDF. Acesso em: 15 jul. 2024

GUIMARÃES, Sueli Edi. Rufini. **Motivação intrínseca, extrínseca e o uso de recompensas em sala de aula.** In: Boruchovitch, E., & Bzuneck, J. A. (Orgs), *Motivação do Aluno: Contribuições da Psicologia Contemporânea*. Petrópolis (RJ): Vozes. 2004

LIMA, Antonio Jose Araujo et al.. **A relevância da motivação discente no processo de ensino e aprendizagem escolar**. Anais VII CONEDU - Edição Online... Campina Grande: Realize Editora, 2020. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/67833>. Acesso em: 31/10/2025

LIMA, Jeferson Moizes; SIPLE, Ivanete Zuchi. **GeoGebra Classroom: uma plataforma virtual com ferramentas matemáticas interativas**. Revista Paranaense de Educação Matemática, *[S. l.]*, v. 10, n. 22, p. 493–515, 2021. DOI: 10.33871/22385800.2021.10.22.493-515.

MARCONI. Marina de Andrade; LAKATOS. Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica.** 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MARQUES, Aline Rosa Lopes. **Motivação para aprender: como a motivação afeta a aprendizagem na escola.** Monografia - Licenciatura em Ciências Biológicas) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Avaré, Avaré, 2019

MARZANO, R. J. **The Art and Science of Teaching: A Comprehensive Framework for Effective Instruction.** Alexandria, VA: ASCD, 2007.

MAXIMIANO, Antonio Cesar Amaru. **Introdução à administração**. São Paulo: Editora Atlas 2004.

MORAES**,** Roque, GALIAZZI, Maria do Carmo**. Análise textual discursiva.** 3. ed. rev. e ampl. Ijuí: Editora Unijuí, 2016.

OLIVEIRA, Ana Paula Quadros de. **Estudo das produções sobre física mecânica no curso de geogebra.** Dissertação (mestrado) Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências e Matemática, Campus Universitário de Barra do Bugres?MT, 2024

OLIVEIRA, Maria Marli de. **Como fazer pesquisa qualitativa**. 7. ed. Petrópolis: Vozes, 2016.

OLIVEIRA, Ricardo Augusto de. **Produções sobre derivadas de funções reais com GeoGebra em um Curso de extensão online para professores de matemática.** Dissertação (mestrado) Universidade do Estado de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências e Matemática, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas Barra do Bugres/MT, 2020.

PAIS, Luiz Carlos. **Didática da Matemática. Uma análise da influência francesa**. 2. ed., Belo Horizonte: Autêntica, 2002.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani. Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico** - 2ª Edição. Editora Feevale, 2013. Disponível em: https://www.feevale.br/Comum/midias/0163c988-1f5d-496f-b118-a6e009a7a2f9/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf Acesso em 09 abr 2025

REIS, Ilda Marisa de Sá; SANTOS, José Mamuel dos. **GeoGebra Classroom, em período de confinamento, no ensino e aprendizagem das propriedades dos quadriláteros** . Revista Do Instituto GeoGebra Internacional De São Paulo, 11(1), 118–136. 2002. https://doi.org/10.23925/2237-9657.2022.v11i1p118-136

RYAN, Richard M.; DECI, Edward L. **Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions**. Contemporary educational psychology, v. 25, n. 1, p. 54-67, 2000. Disponível em: https://www.selfdeterminationtheory.org/SDT/documents/2000_RyanDeci_IntExtDefs.pdf Acesso em: 21 jul. 2025

SANTOS, Givanildo Melo Dos. **Engajando estudantes nas atividades escolares: estratégias eficazes para promover a participação e o interesse dos alunos**. Anais IX CONEDU. Campina Grande: Realize Editora, 2023. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/96669>. Acesso em: 31/10/2025

SCALDELAI, Dirceu. **O GeoGebra e a Matemática da Educação Básica frações, estatística, círculo e circunferência.** BASNIAK, M. I. & ESTEVAM E. J. G. (Orgs), (pp. 13-23) Curitiba: Ithala, 2014. Disponível em: https://pibid.unespar.edu.br/sobre/livros-pibid/geogebra-livro-do-professor.pdf/@@download/file/Geogebra%20Livro%20do%20Professor.pdf Acesso em: 04 ago. 2024

SERFATI, Miche. **La constitution de l'écriture symbolique mathematique**. 432 p. Thèse (Doctorat en Philosophie) - l'Université Paris I, 1997. Disponível em: https://theses.hal.science/tel-01252590v1 Acesso em 04 abr 2025

SILVA. Edna Lúcia da.; MENEZES. Estera Muszkat. **Metodologia da Pesquisa e elaboração de dissertação.** 3. ed. Rev. Atual. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001. Disponível em: https://cursos.unipampa.edu.br/cursos/ppgcb/files/2011/03/Metodologia-da-Pesquisa-3a-edicao.pdf Acesso em 04 abr 2025

WILWERT, Maria Lucia. **Estrutura midiática de ensino e sua relação com o engajamento escolar.** Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/219300 Acesso em: 21 jul. 2025

ZABALA, Antoni. **A prática educativa**: como ensinar. Tradução de Ernani F. da Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ANEXO A

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: O AMBIENTE GEOGEBRA.ORG E AS CONTRIBUIÇÕES DA TEORIA DE REGISTROS DE REPRESENTAÇÕES SEMIÓTICAS PARA O ENSINO DE POLIEDROS

Pesquisador: KARINI VOLKMER DOS SANTOS

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 84212624.8.0000.5166

Instituição Proponente: Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.504.251

Apresentação do Projeto:

Trata-se de Projeto de Pesquisa vinculado ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) - Campus de Barra do Bugres/MT, que pretende investigar de que maneira o ambiente GeoGebra.org e suas funcionalidades, como a manipulação direta e o registro automático, podem favorecer o ensino de poliedros, alinhados às habilidades de BNCC e promover o engajamento dos alunos do 3° ano do Ensino Médio, utilizando a Teoria dos Registros de Representação Semiótica de Raymond Duval (2009) para promover a transição entre diferentes registros de representações semióticas proporcionadas pelo software.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo geral desta pesquisa consiste em investigar de que maneira o ambiente GeoGebra.org e suas funcionalidades, como a manipulação direta e o registro automático, podem favorecer o ensino de poliedros, alinhados às habilidades de BNCC e promover o engajamento dos alunos do 3° ano do Ensino Médio. Para tanto, a Teoria dos Registros de Representação Semiótica de

Raymond Duval (2009), será utilizada como lente teórica, para promover a transição entre diferentes registros de representações semióticas proporcionadas pelo software.
Os objetivos específicos são os seguintes:

Analisar como a visualização, simulação e interação no ambiente GeoGebra.org podem despertar o engajamento dos alunos no ensino dos conceitos de poliedros, explorando diferentes representações semióticas.
Examinar como diferentes registros de representações semióticas de ideias matemáticas auxiliam a estabelecer a comunicação e discussão dos conceitos sobre poliedros.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

- A pesquisa apresenta garantia de que danos previsíveis serão evitados, como preconiza a resolução 466/2012.

Fazendo a ponderação, como preconiza a resolução 466/2012, entre riscos e benefícios, tanto conhecidos como potenciais, individuais ou coletivos, comprometendo-se com o máximo de benefícios e o mínimo de danos e riscos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa apresenta:

Respeito aos participantes da pesquisa em sua dignidade e autonomia, reconhecendo sua vulnerabilidade, assegurando sua vontade de contribuir e permanecer, ou não, na pesquisa, por intermédio de manifestação expressa, livre e esclarecida;
Ponderação entre riscos e benefícios, tanto conhecidos como potenciais, individuais ou coletivos, comprometendo-se com o máximo de benefícios e o mínimo de danos e riscos;
Garantia de que danos previsíveis serão evitados; e
Relevância social da pesquisa, o que garante a igual consideração dos interesses envolvidos, não perdendo o sentido de sua destinação sócio-humanitária.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos foram apresentados de acordo com as exigências da resolução 466/2012 e a Norma Operacional 001/2013 do CNS-Conselho Nacional de Saúde.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Estado de Mato Grosso CEP/UNEMAT após análise do protocolo em comento, de acordo com a resolução 466/2012 e a Norma Operacional 001/2013 do CNS, é de parecer que não há restrição ética para o desenvolvimento da pesquisa.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Recurso do Parecer	recurso.pdf	25/03/2025 22:59:58		Aceito
Recurso Anexado pelo Pesquisador	folhaDeRostoCorrigido_assinado.pdf	25/03/2025 22:59:52	KARINI VOLKMER DOS SANTOS	Aceito
Outros	folhaDeRostoCorrigido_assinado.pdf	25/03/2025 22:58:51	KARINI VOLKMER DOS SANTOS	Aceito
Outros	folhaDeRostoCorrigido_assinado.pdf	25/03/2025 22:55:34	KARINI VOLKMER DOS SANTOS	Aceito
Outros	folhaDeRostoCorrigido_assinado_assinado.pdf	25/03/2025 22:54:53	KARINI VOLKMER DOS SANTOS	Aceito
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2428082.pdf	02/03/2025 17:39:26		Aceito
Outros	Oficio_pendencias_assinado.pdf	02/03/2025 17:36:36	KARINI VOLKMER DOS SANTOS	Aceito
Outros	William_Vieira_Curriculo_Lattes.pdf	02/03/2025 17:35:23	KARINI VOLKMER DOS SANTOS	Aceito
Outros	QUESTIONARIO.pdf	02/03/2025 17:34:11	KARINI VOLKMER DOS SANTOS	Aceito
Outros	Declaracao_Pesquisador_Responsavel_Karini_assinado.pdf	02/03/2025 17:31:18	KARINI VOLKMER DOS SANTOS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_DE_PESQUISA_KARINI.pdf	04/10/2024 17:21:17	KARINI VOLKMER DOS SANTOS	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto_assinado_assinado.pdf	04/10/2024 17:18:11	KARINI VOLKMER DOS SANTOS	Aceito
Outros	Termo_de_Cessao_de_uso_de_imagem_ou_voz_assinado.pdf	01/10/2024 10:13:37	KARINI VOLKMER DOS SANTOS	Aceito
Outros	Declaracao_do_Pesquisador_Responsavel_de_que_a_coleta_dos_dados_nao_foi_iniciada_assinado.pdf	01/10/2024 10:03:50	KARINI VOLKMER DOS SANTOS	Aceito
Outros	Instrumento_de_coleta_assinado.pdf	01/10/2024 10:02:05	KARINI VOLKMER DOS SANTOS	Aceito

Outros	Termo_de_Assentimento_Alunos_assinado_assinado.pdf	01/10/2024 10:00:32	KARINI VOLKMER DOS SANTOS	Aceito
Solicitação registrada pelo CEP	Oficio_de_encaminhamento_a_Coordenacao_assinado.pdf	01/10/2024 09:59:02	KARINI VOLKMER DOS SANTOS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_Consentimento_Livre_e_Esclarecido_Pais_assinado_assinado.pdf	01/10/2024 09:58:20	KARINI VOLKMER DOS SANTOS	Aceito
Orçamento	Orcamento_detalhado_assinado.pdf	01/10/2024 09:57:38	KARINI VOLKMER DOS SANTOS	Aceito
Declaração de concordância	Termo_de_compromisso_de_todas_as_instituicoes_envolvidas_no_estu	01/10/2024 09:57:15	KARINI VOLKMER DOS SANTOS	Aceito

ntinuação do Parecer: 7.504.251

Declaração de concordância	do_assinado_assinado_assinado_assinado.pdf	01/10/2024 09:57:15	KARINI VOLKMER DOS SANTOS	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Declaracao_assinada_pelo_Pesquisador_Responsavel_assinado.pdf	01/10/2024 09:55:47	KARINI VOLKMER DOS SANTOS	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_de_Infraestrutura_assinado. pdf	01/10/2024 09:55:08	KARINI VOLKMER DOS SANTOS	Aceito
Cronograma	Cronograma_assinado.pdf	01/10/2024 09:54:44	KARINI VOLKMER DOS SANTOS	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

CACERES, 14 de Abril de 2025

Assinado por:

Endereço: Av. Tancredo Neves, 1095
Bairro: Cavalhada III **CEP:** 78.200-000
UF: MT **Município:** CACERES
Telefone: (65)98120-0113 **Fax:** (65)99989-7459 **E-mail:** cep@unemat.br

Raul Angel Carlos Olivera (Coordenador(a)

ANEXO B

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO – TALE

Olá! Você está sendo convidado para participar de uma pesquisa, sob a responsabilidade da pesquisadora, Karini Volkmer dos Santos, mestranda do PPGECM da UNEMAT.

O título da pesquisa é **"O AMBIENTE GEOGEBRA.ORG E AS CONTRIBUIÇÕES DA TEORIA DE REGISTROS DE REPRESENTAÇÕES SEMIÓTICAS PARA O ENSINO DE POLIEDROS"** e ela tem por objetivo investigar de que maneira o ambiente Ge*oGebra.org* e suas funcionalidades, como a manipulação direta e o registro automático, podem favorecer o ensino de poliedros, alinhados às habilidades de BNCC e promover o engajamento dos alunos do 3° ano do Ensino Médio, utilizando a Teoria dos Registros de Representação Semiótica de Raymond Duval (2009) para promover a transição entre diferentes registros de representações semióticas proporcionadas pelo *software.* Sua participação é voluntária e sem qualquer identificação. As atividades da sequência didática acontecerão nas aulas regulares da disciplina de Trilhas de Aprofundamento em Matemática.

Sua participação é essencial para a pesquisa, pois pode viabilizar novos estudos a serem conduzidos na área de matemática e contribuir de maneira qualitativa para a aprendizagem do conteúdo de poliedros regulares, utilizando o *software Geogebra* e sua interface *Classrom,* possibilitando a interação, movimentação e simulações do objeto matemático, bem como seu registro nas representações semióticas, segundo Raymond Duval.

A fim de preservar cada momento e informação relevante, serão realizadas gravações de áudio e vídeo. Ressalto que esses registros destinam-se exclusivamente à pesquisa, e o anonimato será rigorosamente mantido, ou seja, seu nome e imagem não serão divulgados. Na versão escrita da pesquisa, serão utilizados pseudônimos (nomes fictícios).

Fica claramente estabelecido que esta pesquisa não resultará em qualquer compensação financeira para nenhum dos participantes, ou seja, não haverá custos nem benefícios financeiros. Dessa forma, os sujeitos participantes comprometem-se a estar cientes de que os dados produzidos serão publicados, garantindo-lhes o caráter confidencial da pesquisa, o anonimato das informações e a confidencialidade de sua participação, conforme preconizado pela legislação.

Entretanto, de acordo com as diretrizes estabelecidas pela Resolução 466/2012, é essencial reconhecer que os participantes podem estar suscetíveis a diversos riscos durante a condução da

pesquisa. Nesse sentido, é imperativo destacar os procedimentos delineados para mitigar esses potenciais riscos, sendo eles:

Desconforto ao Expor Ideias e se Identificar pelo Nome:

Medidas Mitigadoras: Garantir a opção de participação anônima, promover um ambiente de respeito e aceitação, e esclarecer desde o início que a privacidade dos participantes será respeitada.

Constrangimento ao Participar de Atividades em Dupla:

Medidas Mitigadoras: Estabelecer diretrizes claras para a formação de duplas, criar um ambiente colaborativo e inclusivo, e proporcionar apoio técnico para reduzir a sensação de constrangimento.

Divulgação de Dados Confidenciais:

Medidas Mitigadoras: Implementar protocolos de segurança e obter consentimento informado dos participantes para o uso de informações sensíveis.

Constrangimento ao Discutir Estratégias Utilizadas:

Medidas Mitigadoras: Estimular uma cultura de aprendizado sem julgamentos, fornecer orientações claras sobre a natureza colaborativa da pesquisa, e incentivar a troca aberta de ideias.

Interferência na Vida e Rotina como Participante:

Medidas Mitigadoras: Os horários das atividades serão durante as aulas regulares, possibilitando a participação de todos os envolvidos, fornecer suporte psicológico quando necessário, e manter uma comunicação transparente sobre os compromissos.

Riscos Relacionados ao Uso de Computadores Chromebook

Medidas Mitigadoras: Garantir que os dispositivos estejam em conformidade com padrões de segurança elétrica, promover treinamentos sobre o manuseio seguro dos mesmo bem como o Ambiente *Geogebra.org*.

Estresse e Perda de Autoestima nas Atividades Práticas da Sequência Didática envolvendo Poliedros utilizando o Ambiente *Geogebra.org*.

Medidas Mitigadoras: Oferecer suporte pedagógico, estabelecer metas realistas, criar um ambiente de aprendizado positivo, e proporcionar feedback construtivo para fortalecer a confiança dos participantes.

Além disso, como parte integrante do compromisso ético da pesquisa, será garantido o acesso dos participantes aos resultados do estudo. Esse acesso será viabilizado por meio da divulgação pública dos resultados, após homologação pelo órgão responsável. Essa prática está alinhada com a resolução ética, reforçando o compromisso de seguir todas as normas e regras

recomendadas pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP). Dessa forma, além de mitigar os riscos durante as atividades práticas, a pesquisa busca assegurar transparência e participação ativa dos envolvidos em todas as fases do processo, promovendo um ambiente ético e colaborativo.

Para participar, solicito que preencha e assine este termo de consentimento.

Ao término da pesquisa, se desejar, terá acesso livre ao conteúdo da mesma.

Na necessidade de falar com os pesquisadores, poderá fazê-lo a qualquer momento com a Mestranda Karini Volkmer dos Santos, telefone (65) 99638-5366, e-mail karini.volkmer@unemat.br e com professor Dr. William Vieira Gonçalves pelo telefone (65) 98111-9904 e e-mail williamvieira@unemat.br, ou diretamente com o Programa de Pós-Graduação da UNEMAT em Barra do Bugres-MT, pelo telefone (65) 3361- 1413 ou pelo e-mail ppgecm@unemat.br.

Desde já agradecemos pela sua participação.

Consentimento: Ao considerar as informações e todas as garantias acima mencionadas, eu _____ CPF/ou RG__, declaro para os devidos fins que cedo os direitos de minha participação nas narrativas feitas através dos meus diálogos e entrevista, para serem utilizados integralmente ou em partes, sem restrições de citações, podendo inclusive torná-las pública para o projeto acima descrito.

Assim sendo, declaro o meu consentimento em particular como sujeito desta pesquisa.

_____

Participante (Responsável) CPF

gov.br Documento assinado digitalmente
KARINI VOLKMER DOS SANTOS
Data: 26/09/2024 21:34:45-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____

Karini Volkmer dos Santos CPF 897.564.101-59

Pesquisadora Responsável

gov.br Documento assinado digitalmente
WILLIAM VIEIRA GONCALVES
Data: 01/10/2024 09:22:15-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____

William Vieira Gonçalves CPF 631.401.871-49

Professor Orientador

Barra do Bugres - MT, _____/_____/2024.

ANEXO C

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO – TCLE

Seu filho está sendo convidado para participar da pesquisa, sob a responsabilidade da pesquisadora, Karini Volkmer dos Santos, mestranda do Programa de Pós- Graduação *Stricto Senso* em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECM), da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT C*ampus* Deputado Estadual Renê Barbour - Barra do Bugres, sou a responsável pelo projeto intitulado **"O AMBIENTE GEOGEBRA.ORG E AS CONTRIBUIÇÕES DA TEORIA DE REGISTROS DE REPRESENTAÇÕES SEMIÓTICAS PARA O ENSINO DE POLIEDROS".** Essa pesquisa tem por objetivo investigar de que maneira o ambiente Ge*oGebra.org* e suas funcionalidades, como a manipulação direta e o registro automático, podem favorecer o ensino de poliedros, alinhados às habilidades de BNCC e promover o engajamento dos alunos do 3° ano do Ensino Médio, utilizando a Teoria dos Registros de Representação Semiótica de Raymond Duval (2009) para promover a transição entre diferentes registros de representações semióticas proporcionadas pelo *software.* Sua participação é voluntária e sem qualquer identificação. A sequência didática elaborada será implementada na disciplina de Trilhas de Aprofundamento em Matemática, com encontros semanais. Serão utilizadas 5 aulas geminadas, totalizando 10 períodos de 45 minutos cada, o que corresponde a 90 minutos por sessão. Inicialmente, haverá uma apresentação do projeto aos participantes, seguida pelo convite para participação na pesquisa. As atividades ocorrerão em sala de aula, utilizando o ambiente *GeoGebra.org* e os equipamentos *chromebooks* com acesso à *internet*. O livro digital, que organiza os temas sobre Poliedros, servirá de suporte para as explicações e atividades propostas.

As atividades são projetadas para incitar a interação e a troca de ideias entre os estudantes, promovendo a construção do conhecimento por meio da exploração do ambiente *GeoGebra.org* e dos registros de representações semióticas.

Destaco que esses momentos serão registrados em um caderno de campo e poderão ser gravados, permitindo ao pesquisador revisitar as interações para garantir que nenhum momento de aprendizagem seja perdido. Saliento também que o *GeoGebra Classroom*, é uma ferramenta *online* que possibilita o monitoramento constante do progresso dos alunos, oferecendo ao professor um *feedback* imediato e personalizado, o que contribui para um aprendizado mais dinâmico e engajador. A participação dos sujeitos pesquisados é fundamental, considerando que esta é a última etapa da Educação Básica e que o conteúdo de Poliedros não foi contemplado nesta etapa no material estruturado de ensino disponibilizado pela Secretaria de Educação de

Mato Grosso e se faz presente na Base Nacional Comum Curricular. Nesta perspectiva, utilizaremos o ambiente *GeoGebra.org,* em associação com a Plataforma Plurall, para desenvolver uma sequência didática que complemente o material didático existente, aplicando diferentes registros de representação do objeto matemático, consoante Raymond Duval, tencionando contextualizar os conceitos relacionados a poliedros, perscrutando seus elementos, áreas e volumes. Com o auxílio dessa ferramenta, o professor-pesquisador poderá atribuir atividades por meio de *links* e acompanhar em tempo real a execução pelos alunos (sujeitos da pesquisa). Os alunos terão a facilidade de acessar e resolver as tarefas sem a necessidade de criar um perfil no *GeoGebra*. Essa praticidade permitirá ao professor maximizar o tempo em sala de aula, focando na discussão e análise das atividades de forma instantânea, otimizando a entrega do material, o registro e a compreensão dos alunos. Fica claramente estabelecido que esta pesquisa não resultará em qualquer compensação financeira para nenhum dos participantes, ou seja, não haverá custosnem benefícios financeiros. Dessa forma, os sujeitos participantes comprometem-se a estar cientes de que os dados e a confidencialidade de sua participação, conforme preconizado pela legislação.

Entretanto, de acordo com as diretrizes estabelecidas pela Resolução 466/2012, é crucial reconhecer que os participantes podem estar suscetíveis a diversos riscos durante a condução da pesquisa. Nesse sentido, é imperativo destacar os procedimentos delineados para mitigar esses potenciais riscos, sendo eles:

Desconforto ao Expor Ideias e se Identificar pelo Nome:

Medidas Mitigadoras: Garantir a opção de participação anônima, promover um ambiente de respeito e aceitação, e esclarecer desde o início que a privacidade dos participantes será respeitada.

Constrangimento ao Participar de Atividades em Dupla:

Medidas Mitigadoras: Estabelecer diretrizes claras para a formação de duplas, criar um ambiente colaborativo e inclusivo, e proporcionar apoio técnico para reduzir a sensação de constrangimento.

Divulgação de Dados Confidenciais:

Medidas Mitigadoras: Implementar protocolos de segurança e obter consentimento informado dos participantes para o uso de informações sensíveis.

Constrangimento ao Discutir Estratégias Utilizadas:

Medidas Mitigadoras: Estimular uma cultura de aprendizado sem julgamentos, fornecer orientações claras sobre a natureza colaborativa da pesquisa, e incentivar a troca aberta de ideias.

Interferência na Vida e Rotina como Participante:

Medidas Mitigadoras: Os horários das atividades serão durante as aulas regulares, possibilitando a participação de todos os envolvidos, fornecer suporte sicológico quando necessário, e manter uma comunicação transparente sobre os compromissos.

Riscos Relacionados ao Uso de Computadores *Chromebooks:*

Medidas Mitigadoras: Garantir que os dispositivos estejam em conformidade com padrões de segurança elétrica, promover treinamentos sobre o manuseio seguro dos mesmo bem como o Ambiente *Geogebra.org*.

Estresse e Perda de Autoestima nas Atividades Práticas da Sequência Didática envolvendo Poliedros utilizando o Ambiente *Geogebra.org*.

Medidas Mitigadoras: Oferecer suporte pedagógico, estabelecer metas realistas, criar um ambiente de aprendizado positivo, e proporcionar feedback construtivo para fortalecer a confiança dos participantes.

Além disso, como parte integrante do compromisso ético da pesquisa, será garantido o acesso dos participantes aos resultados do estudo. Esse acesso será viabilizado por meio da divulgação pública dos resultados, após homologação pelo órgão responsável. Essa prática está alinhada com a resolução ética, reforçando o compromisso de seguir todas as normas e regras recomendadas pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP). Dessa forma, além de mitigar os riscos durante as atividades práticas, a pesquisa busca assegurar transparência e participação ativa dos envolvidos em todas as fases do processo, promovendo um ambiente ético e colaborativo.

Por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), comprometo-me a preservar a imagem de todos os participantes, respeitando suas posições em relação à pesquisa e garantindo confidencialidade e anonimato no processo de coleta e divulgação de dados.

Destaco a relevância dos participantes como integrantes ativos na construção do conhecimento, uma vez que suas percepções, conhecimentos, experiências e manifestações contribuirão para aprimorar as discussões e desenvolver um trabalho com potencial impacto nos processos de aprendizagem de matemática em outras pesquisas e/ou salas de aula.

É fundamental salientar que os riscos para os participantes nesta pesquisa serão evitados ou minimizados, de modo a não ferir ou denegrir seus direitos, condições sociais, culturais, concepções e opiniões, entre outras características. Além disso, comprometemo-nos a manter contato constante com os participantes, oferecendo aconselhamento para qualquer dúvida ou manifestação que desejem expressar. As decisões serão tomadas de forma coletiva, visando o melhor desenvolvimento do trabalho.

Diante das situações apresentadas, é importante ressaltar que você, como participante, tem total liberdade para decidir sobre sua participação voluntária na atividade proposta. Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mantendo sua identidade em sigilo, a menos que haja autorização expressa por parte do Sr. (a); caso contrário, todas as informações serão mantidas de forma confidencial. Se optar por participar, solicitamos que preencha e assine este termo de consentimento.

Ao término da pesquisa, caso tenha interesse, você terá livre acesso ao conteúdo da mesma e poderá discutir os resultados com os pesquisadores. Para entrar em contato com a equipe de pesquisa, você pode fazê-lo a qualquer momento, sendo a Mestranda Karini Volkmer dos Santos disponível pelo telefone (65) 99638-5366 e e-mail karini.volkmer@unemat.br, o professor Dr. William Vieira Gonçalves pelo telefone (65) 98111-9904 e e-mail williamvieira@unemat.br, ou diretamente com o Programa de Pós-Graduação da UNEMAT em Barra do Bugres-MT, pelo telefone (65) 3361-1413 ou pelo e-mail ppgecm@unemat.br.

Desde já agradecemos pela sua participação.

Consentimento:

Ao considerar as informações e todas as garantias acima mencionadas, eu _____ _____ CPF/ou RG _____, declaro para os devidos fins que cedo os direitos de minha participação nas narrativas feitas através dos meus diálogos e entrevista, para serem utilizados integralmente ou em partes, sem restrições de citações, podendo inclusive torná-las pública para o projeto acima descrito.

Assim sendo, declaro o meu consentimento em particular como sujeito desta pesquisa.

_____

Participante (Responsável) CPF

gov.br Documento assinado digitalmente
KARINI VOLKMER DOS SANTOS
Data: 26/09/2024 21:34:45-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____

Karini Volkmer dos Santos CPF 897.564.101-59

Pesquisadora Responsável

Documento assinado digitalmente
gov.br
WILLIAM VIEIRA GONCALVES
Data: 01/10/2024 09:22:15-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

William Vieira Gonçalves CPF 631.401.871-49

Professor Orientador

Barra do Bugres - MT, _____/_____/2024.