



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA
DOUTORADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

AYLLA GABRIELA PAIVA DE ARAÚJO

**A ENGENHARIA DIDÁTICO-INFORMÁTICA NO DESENVOLVIMENTO DE UM
JOGO DIGITAL ACESSÍVEL PARA ESTUDANTES SURDOS: CONTRIBUIÇÕES
DO *GEOMAZE* PARA A APRENDIZAGEM DOS POLÍGONOS**

**CAMPINA GRANDE - PB
2025**

AYLLA GABRIELA PAIVA DE ARAÚJO

A ENGENHARIA DIDÁTICO-INFORMÁTICA NO DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO DIGITAL ACESSÍVEL PARA ESTUDANTES SURDOS: CONTRIBUIÇÕES DO *GEOMAZE* PARA A APRENDIZAGEM DOS POLÍGONOS

Tese apresentada à Coordenação do Curso de Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Linha de Pesquisa: Cultura Científica, Tecnologia, Informação e Comunicação.

Orientador: Prof. Dr. Marcus Bessa de Menezes

Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Tiburcio Dos Santos

**CAMPINA GRANDE - PB
2025**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que, na reprodução, figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

A663e Araújo, Aylla Gabriela Paiva de.

A Engenharia Didático-Informática no desenvolvimento de um jogo digital acessível para estudantes surdos [manuscrito] : contribuições do *Geomaze* para a aprendizagem dos polígonos / Aylla Gabriela Paiva de Araújo. - 2025.

239 f. : il. color.

Digitado.

Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2025.

"Orientação : Prof. Dr. Marcus Bessa de Menezes, Campus I".

1. Jogos Digitais. 2. Surdos. 3. Engenharia Didático-Informática. 4. Ensino de matemática. 5. Acessibilidade. I. Título

21. ed. CDD 327.7

AYLLA GABRIELA PAIVA DE ARAÚJO

A ENGENHARIA DIDÁTICO-INFORMÁTICA NO DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO DIGITAL ACESSÍVEL PARA ESTUDANTES SURDOS: CONTRIBUIÇÕES DO *GEOMAZE* PARA A APRENDIZAGEM DOS POLÍGONOS

Tese apresentada à Coordenação do Curso de Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ensino de Ciências e Educação Matemática

Linha de Pesquisa: Cultura Científica, Tecnologia, Informação e Comunicação.

Aprovada em: 26/06/2025

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado eletronicamente por:

- **Eduardo Gomes Onofre** (***.833.914-**), em 18/07/2025 12:32:23 com chave 66e0038263ec11f0824006adb0a3afce.
- **Franck Gilbert René Bellemain** (***.336.484-**), em 17/07/2025 16:55:44 com chave 06b77584634811f098592618257239a1.
- **William de Souza Santos** (***.525.235-**), em 17/07/2025 10:41:28 com chave bd92a470631311f097d006adb0a3afce.
- **Marcus Bessa de Menezes** (***.027.667-**), em 17/07/2025 10:31:05 com chave 49fddec2631211f0a0d12618257239a1.
- **Anibal de Menezes Maciel** (***.934.694-**), em 17/07/2025 12:11:16 com chave 48fe4f4e632011f0942706adb0a3afce.

Documento emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Folha de Aprovação do Projeto Final

Data da Emissão: 18/07/2025

Código de Autenticação: 8fd1ac



A Deus, meu poderoso Senhor, por toda a força e motivação que me concedeu, **DEDICO**.
O cavalo prepara-se para o dia da batalha; mas do Senhor vem a vitória (Provérbios 21:31).

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de minha força e saúde, agradeço pela presença constante e pela proteção que me sustentou em cada desafio enfrentado nesta jornada.

Ao meu esposo, Cícero Augusto Teixeira Silva, meu companheiro de jornada, agradeço por estar ao meu lado em todos os momentos, oferecendo apoio incondicional e força constante, sempre disposto a enfrentar comigo cada desafio dessa missão.

Aos meus pais, Airton José de Araújo e Maria Helena Paiva de Araújo, agradeço por sempre acreditarem no meu potencial e investirem com amor e dedicação na minha formação — sem vocês, essa jornada jamais teria sido possível.

Aos meus irmãos, sobrinhas, cunhadas e tios, deixo meu afeto e profundo reconhecimento pelo apoio constante, pelas palavras sempre acolhedoras e pelos gestos silenciosos que fortaleceram minha jornada.

Ao meu orientador, professor Dr. Marcus Bessa de Menezes, sou grata pelas valiosas orientações, pela paciência e por confiar no meu potencial desde o início.

Ao meu coorientador, professor Dr. Ricardo Tibúrcio dos Santos, expresso minha sincera gratidão por sua dedicação atenta nas orientações, pelas leituras criteriosas, pelas correções detalhadas e pelas palavras sempre encorajadoras que muito contribuíram para o amadurecimento desta pesquisa.

Aos professores da banca, pelo cuidado na leitura e por todas as contribuições que enriqueceram o presente trabalho.

Aos docentes do Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, agradeço profundamente pela entrega ao ensinar e pela sabedoria compartilhada ao longo das disciplinas.

Aos meus colegas de trabalho e à Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, expresso minha sincera gratidão pelo apoio constante, pelo incentivo ao crescimento acadêmico e pelo investimento que tornaram possível minha qualificação profissional.

Estendo minha gratidão a todos que estiveram ao meu lado, oferecendo incentivo, presença e apoio — cada um contribuiu, de maneira única, para que esta etapa se tornasse realidade.

Divirta-se com a aprendizagem. Que comecem os jogos! (Prensky, 2012, p. 28).

RESUMO

Os jogos, tradicionalmente associados ao entretenimento e ao lazer, têm ganhado espaço também no contexto educacional. Eles vêm sendo utilizados em sala de aula como recursos capazes de motivar os alunos e proporcionar experiências de aprendizagem envolventes e significativas, devido aos seus elementos, características interativas e narrativas. Nessa perspectiva, o objetivo da pesquisa foi desenvolver um jogo digital abordando o conteúdo de polígonos, ancorado no estudo teórico-metodológico da Engenharia Didático-Informática (EDI), considerando a dimensão acessível para contemplar alunos surdos. A natureza da pesquisa foi aplicada e desenvolvida numa perspectiva metodológica de cunho qualitativo. A metodologia da pesquisa baseia-se na Engenharia Didático-Informática, especificamente nos ciclos Analítico-Hipotético e Hipotético-Experimental. No primeiro ciclo, denominado Analítico-Hipotético, foi realizada a fase analítica, iniciada com a aplicação de um questionário com estudantes surdos, a fim de identificar a usabilidade dos jogos digitais e levantar informações sobre suas necessidades, dificuldades e expectativas. Essa etapa também abordou os problemas no ensino e na aprendizagem do conteúdo de polígonos, identificou os potenciais usuários e definiu a equipe de desenvolvimento do jogo. Nessa fase, foram conduzidas análises prévias que resultaram em um levantamento das dimensões didática, epistemológica, cognitiva e informática relacionadas ao conteúdo a ser explorado no jogo, além da proposição da dimensão acessível, voltada à promoção da acessibilidade para alunos surdos em jogos educacionais. No segundo ciclo, Hipotético-Experimental, foram elaboradas as situações de uso, hipóteses de interação e possíveis problemas do jogo digital, culminando no desenvolvimento do protótipo para testes com duas estudantes surdas do CAS – Mossoró. Em seguida, o protótipo foi aprimorado com base nos princípios da Engenharia Didático-Informática. Esse estudo defende a tese de que a criação da dimensão “Acessível” à Engenharia Didático-Informática (EDI) possibilita o desenvolvimento de jogos digitais educacionais com potencial de atender às necessidades específicas de alunos surdos, como demonstrado no processo de concepção e desenvolvimento do jogo *Geomaze*, voltado para o ensino de polígonos. Os resultados da pesquisa evidenciam que a utilização da Engenharia Didático-Informática no desenvolvimento do jogo orientou os elementos necessários para atender aos objetivos educacionais propostos, possibilitando a estruturação de um produto educacional coerente com os princípios pedagógicos e acessível a estudantes surdos e ouvintes.

Palavras-chave: jogos digitais; surdos; engenharia didático-informática; matemática; acessibilidade.

ABSTRACT

Games, traditionally associated with entertainment and leisure, have also gained ground in the educational context. They have been used in classrooms as tools capable of motivating students and providing engaging and meaningful learning experiences due to their elements, interactive features, and narrative structures. From this perspective, the objective of this research was to develop a digital *game* addressing the content of polygons, anchored in the theoretical and methodological framework of Didactic-Informatic Engineering (DIE), and considering the accessible dimension to support deaf students. This is an applied research study conducted from a qualitative methodological perspective. The research methodology is based on Didactic-Informatic Engineering, specifically in the Analytic-Hypothetical and Hypothetical-Experimental cycles. In the first cycle, known as Analytic-Hypothetical, the analytical phase was carried out, starting with the application of a questionnaire to deaf students in order to assess the usability of digital games and gather information about their needs, difficulties, and expectations. This stage also addressed problems in the teaching and learning of polygon content, identified potential users, and defined the *game* development team. In this phase, preliminary analyses were conducted, resulting in the identification of the didactic, epistemological, cognitive, and informatic dimensions related to the content to be explored in the game, in addition to proposing the accessible dimension, aimed at promoting accessibility for deaf students in educational games. In the second cycle, Hypothetical-Experimental, usage scenarios, interaction hypotheses, and possible issues in the digital *game* were developed, culminating in the creation of a prototype tested with two deaf students from CAS – Mossoró. The prototype was subsequently improved based on the principles of Didactic-Informatic Engineering. This study supports the thesis that the creation of the “Accessible” dimension within Didactic-Informatic Engineering enables the development of educational digital games with the potential to meet the specific needs of deaf students, as demonstrated in the *design* and development process of the *Geomaze* game, focused on teaching polygons. The research results highlight that the use of Didactic-Informatic Engineering in *game* development guided the necessary elements to meet the proposed educational objectives, enabling the structuring of an educational product consistent with pedagogical principles and accessible to both deaf and hearing students.

Keywords: digital games; deaf; didactic-informatics engineering; mathematics; accessibility.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Linha do tempo: decretos e leis relativas à educação escolarizada de pessoas surdas no Brasil.	30
Figura 2 – Mapa do Brasil com as pesquisas	37
Figura 3 – Jogo Descobrimo ângulos confeccionados pelos alunos	54
Figura 4 – Tétrade elementar.....	64
Figura 5 – Aplicativo Cálclibras	77
Figura 6 – Jogo MatLibras Racing	77
Figura 7 – LSGames Jogo das quatro operações.....	78
Figura 8 – ForcaBRAS para operações matemáticas	79
Figura 9 – Primeira fase do Libras Game.....	79
Figura 10 – MatLibras Fase “Princesa Prisioneira”	80
Figura 11 – Instrução e primeira fase do Star Fraction Game.....	81
Figura 12 – Protótipo do jogo desenvolvido por P8.....	81
Figura 13 – Jogo Memosign.....	83
Figura 14 – Produções por conteúdo	83
Figura 15 – Engenharia de Requisitos.....	94
Figura 16 – Aportes da EDI.....	97
Figura 17 – Comparativo entre as duas engenharias	98
Figura 18 – Modelo de Processo de software (Engenharia Didático-Informática)	101
Figura 19 – Síntese da Dimensão	107
Figura 20 – Ciclo Analítico-Hipotético.....	113
Figura 21 – Ciclo Hipotético-Experimental	115
Figura 22 – Mapa conceitual envolvendo grandezas e medidas	126
Figura 23 – Linhas poligonais	127
Figura 24 – Polígonos.....	128
Figura 25 – Conceito de polígono	129
Figura 26 – Exemplo de uma questão de polígonos.....	134
Figura 27 – Transformação de polígonos	138
Figura 28 – Construção de um 15-ágono ou pentadecágono	139
Figura 29 – Explicação de linha poligonal com metro de carpinteiro.....	143
Figura 30 – Atividade de Polígonos	143
Figura 31 – Modelos do Wordwall.....	153
Figura 32 – Jogos de correspondência.....	154
Figura 33 – Jogos estourar balões, acertar as toupeiras e a perseguição em labirinto	155
Figura 34 – Enigmas do jogo Caça à Prova de Riemann	156
Figura 35 – Fluxograma do protótipo inicial.....	159
Figura 36 – Algumas questões do protótipo inicial.....	159
Figura 37 – Teclas	161
Figura 38 – Primeira fase do protótipo.....	162
Figura 39 – Dúvida da palavra “octaedro”	162
Figura 40 – Respondendo a primeira questão	163
Figura 41 – Desafio dos pilares	164
Figura 42 – Questão proposta pelo Senhor Caos.....	165
Figura 43 – Primeira questão do labirinto	166
Figura 44 – Professor explicando a questão	166
Figura 45 – Explicação do último desafio	167
Figura 46 – Encontro com professores e diretora do CAS (Mossoró)	169
Figura 47 – Conversa dos professores.....	170

Figura 48 – Fluxograma do protótipo atual do Geomaze.....	171
Figura 49 – Questão 2 do Geomaze	173
Figura 50 – Questão da segunda fase	174
Figura 51 – Enigma do Senhor Caoos.....	174
Figura 52 – Questão de polígono regular	175
Figura 53 – Questão sobre identificação de polígono	175
Figura 54 – Desafio final.....	176

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Dissertações e Teses Capes.....	36
Tabela 2 – Produções de revistas científicas	38
Tabela 3 – Artigos publicados em anais de eventos	40
Tabela 4 – Produções científica do Google Acadêmico.....	75
Tabela 5 – Produções científicas	76
Tabela 6 – Informações dos alunos da pesquisa.....	118
Tabela 7 – Respostas relacionadas à acessibilidade em jogos.....	119
Tabela 8 – Respostas da nona pergunta.....	120
Tabela 9 – Composição da Equipe	123
Tabela 10 – Conteúdos dos jogos digitais do Wordwall	154

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABJD	Aprendizagem Baseada em Jogos Digitais
APADA	Associação de Pais e Amigos dos Surdos
ATAS	Tunisian Association for deaf people
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal
CAS	Centro Estadual de Capacitação de Educadores e Atendimento ao Surdo
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
COREM	Congresso Regional de Ensino de Matemática
DIREC	Diretoria Regional de Educação e Cultura
EDI	Engenharia Didático-Informática
ED	Engenharia Didática
EDAC	Escola de Audiocomunicação
EJA	Educação de Jovens e Adultos
ENEM	Encontro Nacional de Educação Matemática
ENEMI	Encontro Nacional de Educação Matemática Inclusiva
ES	Engenharia de Software
FUNAD	Fundação de Apoio ao Deficiente
GAG	Game Accessibility Guidelines
GDD	Game Design Document
GT	Grupos de trabalho
IDR	L'Ingénierie Didactique pour la Recherche
IDD	L'Ingénierie Didactique pour le Développement et la Formation
IFSertãoPE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano
IFRN	Instituto Federal do Rio Grande do Norte
INES	Instituto Nacional de Educação de Surdos
LAMATEC	Laboratório de Ensino da Matemática e Tecnologia
LDB	Lei de Diretrizes e Base da Educação Nacional
LIBRAS	Língua Brasileira de Sinais
NEE	Necessidade Especial Específica
PIBID	Projeto de Iniciação à Docência
PPP	Projeto Político Pedagógico
REPEMI	Repositório de Pesquisa em Educação Matemática Inclusiva
RPG	Jogo de Representação de papéis
SBEM	Sociedade Brasileira de Educação Matemática
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SIPEM	Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática
SUESP/SEEC	Subcoordenadoria de Educação Especial da Secretaria de Estado da Educação, da Cultura, do Esporte e do Lazer
TDAH	Transtorno de déficit de Aprendizagem e Hiperatividade
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba
UERN	Universidade do Estado do Rio Grande do Norte
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
URCA	Universidade Regional do Cariri

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Característica dos gêneros dos <i>games</i>	62
Quadro 2 – Elementos comuns nos jogos	65
Quadro 3 – Vantagens e desvantagens dos jogos digitais educacionais	74
Quadro 4 – Direcionamento para as análises prévias.....	102
Quadro 5 – Análise a posteriori.....	104
Quadro 6 – Elementos do GDD	109
Quadro 7 – Direcionamento para as análises prévias.....	113
Quadro 8 – Diretrizes de acessibilidade do jogo.....	150
Quadro 9 – Documento de requisitos.....	157

SUMÁRIO

1	TRAJETÓRIA ACADÊMICA	15
2	INTRODUÇÃO	18
2.1	Organização dos capítulos	22
3	EDUCAÇÃO MATEMÁTICA INCLUSIVA E SURDEZ	23
3.1	Aspectos históricos e legais da educação dos surdos	27
3.2	Surdez	32
3.3	Mapeamento da pesquisa educacional: surdez e Geometria	34
3.3.1	<i>Mapeamento horizontal</i>	35
3.3.1.1	<i>Território (1): Teses e Dissertações</i>	35
3.3.1.2	<i>Território (2): Artigos publicados em revistas científicas</i>	37
3.3.1.3	<i>Território (3): Artigos publicados em anais de eventos</i>	38
3.3.2	<i>Mapeamento vertical</i>	41
3.3.2.1	<i>Território (1): Teses e Dissertações</i>	41
3.3.2.2	<i>Território (2): Artigos publicados em revistas científicas</i>	43
3.3.2.3	<i>Território (3): Artigos publicados em anais de eventos</i>	45
3.3.3	Discussões e considerações a partir do mapeamento	50
4	JOGOS DIGITAIS: CONCEITOS E SEUS DESDOBRAMENTOS	58
4.1	Aprendizagem baseada em jogos digitais	68
4.2	Revisão sistemática de Literatura	74
5	A ENGENHARIA DIDÁTICO-INFORMÁTICA COMO SUPORTE PARA A PROTOTIPAÇÃO DE UM JOGO DIGITAL	87
5.1	As Engenharias de Didática e Software	87
5.1.1	<i>Engenharia Didática</i>	87
5.1.1.1	<i>Engenharia Didática de Segunda Geração</i>	91
5.1.2	<i>Engenharia de Software</i>	92
5.1.3	<i>Articulação das Engenharias Didática e de Software</i>	97
5.2	Modelo de processo da Engenharia Didático-Informática	100
5.3	Engenharia Didático-Informática no desenvolvimento de jogos digitais	105
6	PERCURSO METODOLÓGICO	110
6.1	Local da pesquisa	110
6.2	Sujeitos da pesquisa	111
6.3	Procedimentos éticos	111

6.4	Instrumentos para produção e registro dos dados	112
6.5	EDI na pesquisa	112
7	OPERACIONALIZAÇÃO DA ENGENHARIA DIDÁTICO- INFORMÁTICA: CICLO ANALÍTICO HIPOTÉTICO	117
7.1	Especificação	117
7.2	Composição da equipe Transdisciplinar	122
7.3	Análises Prévias	123
7.3.1	<i>Dimensão Didática do conceito de Polígono</i>	123
7.3.2	<i>Dimensão Cognitiva</i>	132
7.3.3	<i>Dimensão Epistemológica</i>	136
7.3.4	<i>Dimensão Informática</i>	144
7.3.5	<i>Dimensão Acessível</i>	148
7.4	Levantamento de Requisitos	151
8	CICLO HIPOTÉTICO-EXPERIMENTAL: PROTÓTIPOS DO JOGO GEOMAZE	158
8.1	Primeira ideia do protótipo do Geomaze	158
8.1.1	<i>Teste do protótipo</i>	160
8.2	Reformulação do protótipo Geomaze desenvolvido à luz da EDI	168
8.2.1	<i>Jogo educacional Geomaze desenvolvido à luz da EDI</i>	172
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	177
	REFERÊNCIAS	183
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO	201
	APÊNDICE B – GAME DESIGN DOCUMENTO (GDD PROTÓTIPO 1 DO GEOMAZE)	202
	APÊNDICE C – NOVO GDD FINALIZADO DO GEOMAZE	220
	ANEXO A – TERMO DO COMITÊ DE ÉTICA	237

1 TRAJETÓRIA ACADÊMICA

Gostaria, inicialmente, de compartilhar com o leitor um vislumbre da minha jornada acadêmica, que resultou na definição do tema desta pesquisa, uma vez que cada experiência e escolha ao longo da minha vida desempenharam um papel importante, desde a formulação do projeto até a construção desta tese.

Meu nome é Aylla Gabriela Paiva de Araújo, sou natural de Campina Grande, na Paraíba. Durante a Educação Básica, uma das matérias de que mais gostava era a disciplina de matemática. Sempre tive também uma paixão por trabalhos manuais. Após concluir o Ensino Médio, iniciei um curso de Desenho Estilístico de Moda na Faculdade Integrada Anglo Americano.

No decorrer das aulas, fui percebendo a relação da Matemática com os desenhos e a moda. Foi a partir desse curso que decidi fazer vestibular para o curso de Licenciatura em Matemática e já imaginava abordar, no Trabalho de Conclusão de Curso, a temática que envolvesse matemática e moda.

Sou graduada em Licenciatura em Matemática pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), campus Campina Grande. Entrei na graduação em 2010 e me formei regularmente no início de 2014. Durante o curso, participei de eventos na área de Matemática e Educação Matemática, ministrei e participei de minicursos. Outro aspecto da minha graduação, imprescindível para minha formação como pesquisadora e educadora na área de Matemática, foi a participação no Projeto de Iniciação à Docência (PIBID), o qual me possibilitou vivenciar a docência por meio de projetos interdisciplinares e desenvolver a produção acadêmica.

No mesmo período da graduação, trabalhei como proprietária e artesã de uma loja na Vila Nova da Rainha – Campina Grande, onde confeccionava bijuterias e outros acessórios em algodão colorido. Em 2010, também participei de um curso de costura, com o objetivo de aprofundar os conhecimentos para o futuro Trabalho de Conclusão de Curso. No final de 2013, defendi a monografia intitulada “*Ensinos Matemáticos no Processo de Modelagem de Roupas*”, orientada pelo professor mestre Fernando Luiz Tavares da Silva.

Realizei meu mestrado também na Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), no Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Ciências e Educação Matemática (PPGECM), iniciado no começo de 2014 e concluído em 2016. A dissertação foi intitulada “*Modelagem e aplicações matemáticas na confecção do molde de vestuário: um caso em estudo*”, sob orientação do professor doutor José Lamartine da Costa Barbosa. A pesquisa foi realizada no Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), unidade de Campina

Grande, nas disciplinas de Matemática Aplicada dos cursos de Modelagem do Vestuário, nos turnos matutino e vespertino.

Minha experiência profissional teve início em 2014, quando fui contratada pelo SENAI para lecionar disciplinas de matemática nos cursos de Segurança do Trabalho e Modelagem de Vestuário.

Em 2015, fui selecionada como professora temporária de Matemática na cidade de Cabaceiras – Paraíba (PB), e comecei a ministrar aulas para turmas do Ensino Fundamental e do Ensino Médio. Foi nesse momento que tive meu primeiro contato, como professora, com um aluno surdo que frequentava o 9º ano do Ensino Fundamental, porém não tinha conhecimento da Língua Brasileira de Sinais (Libras). Nesse ano, enfrentei diversos desafios, uma vez que o aluno não conseguia compreender o conteúdo e, somado a isso, eu não possuía a formação necessária para saber como ensiná-lo.

No período de 2016 a 2018, trabalhei como professora temporária da Universidade Regional do Cariri (URCA), no campus de Campos Sales – Ceará, onde ministrei disciplinas na área de Educação Matemática e coordenei projetos de extensão, pesquisa e monitoria.

Em 2018, fui nomeada pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) para o cargo de professora assistente no Departamento de Matemática e Estatística (DME), função que venho desempenhando até o presente momento. Desde então, tenho participado ativamente de diversas atividades acadêmicas, incluindo projetos de extensão em colaboração com o curso de Pedagogia. No decorrer desse período, também assumi a coordenação do Laboratório de Matemática, do Estágio Supervisionado e da Residência Pedagógica, e organizei o Congresso Regional de Ensino de Matemática (COREM), realizado nos anos de 2019 e 2020.

A partir desse período, como professora universitária, tive a oportunidade de orientar alunos em Trabalhos de Conclusão de Curso, abordando diferentes temáticas na área da Educação Matemática.

No ano de 2020, devido ao isolamento provocado pela pandemia de COVID-19, ocorreram grandes mudanças na Educação Básica e no Ensino Superior, pois as aulas passaram a ser realizadas remotamente. Foi nesse contexto que comecei a estudar mais sobre tecnologias e jogos digitais, com o objetivo de ensinar meus alunos nas disciplinas de Laboratório de Matemática e Estágio Supervisionado. Essa experiência foi decisiva para que eu optasse por desenvolver meu futuro projeto de doutorado na área das tecnologias digitais, com foco específico em jogos digitais.

Em 2021, durante minhas pesquisas sobre programas de doutorado, deparei-me com o edital do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica da Universidade

Federal de Pernambuco (UFPE). Decidi submeter minha candidatura com um projeto voltado à Engenharia Didático-Informática no desenvolvimento de um jogo digital geométrico. Simultaneamente, a Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) lançou o edital do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, instituição da qual eu já era egressa, e optei por participar da seleção. Após ser aprovada em ambos os programas, decidi cursar o doutorado na UEPB.

A partir desse ponto, em uma conversa com meu orientador, decidimos incorporar a temática da Educação Inclusiva ao projeto. Nesse momento, recordei minha experiência de 2015 com um aluno surdo em Cabaceiras, na Paraíba, e, imediatamente, despertou em mim o desejo de desenvolver o trabalho com foco na surdez.

Portanto, cada experiência acadêmica e pessoal contribuiu para que eu chegasse a este momento e, a partir de leituras iniciais, surgiu o tema do projeto da tese, intitulado “*A Engenharia Didático-Informática no desenvolvimento de um jogo digital acessível para estudantes surdos: Contribuições do Geomaze para a aprendizagem dos Polígonos*”, que será apresentado nos capítulos seguintes.

2 INTRODUÇÃO

Com o avanço das tecnologias, surgem oportunidades de utilizá-las na sociedade com o objetivo de ampliar o acesso à informação e ao conhecimento para pessoas com surdez, deficiência visual ou mobilidade reduzida, bem como de promover a inclusão e a acessibilidade em diversas áreas, como educação, saúde, transporte e trabalho.

Além de possibilitar a acessibilidade à comunicação e à informação, a tecnologia digital também pode ser utilizada como uma forma de diversão. Nesse caso, na categoria das tecnologias de entretenimento, os jogos digitais desempenham um papel relevante nas funções de diversão, terapias e aprendizagem, podendo ser desenvolvidos em diferentes plataformas e em diversos tipos de jogos.

Diante desse panorama, estudos realizados em âmbito nacional e internacional têm indicado um aumento significativo tanto no número de jogadores quanto no crescimento do mercado de jogos digitais no Brasil (Newzoo, 2022). Essa tendência é respaldada pelo Relatório Global do Mercado de Jogos, que posiciona o Brasil como o quinto maior mercado global em número de jogadores no ano de 2022. Ainda, o país se destaca como um dos mercados de jogos com crescimento mais acelerado na América Latina. A paixão dos brasileiros por jogos e conteúdos relacionados ao tema alimenta o crescimento contínuo das receitas do setor no país, que ocupa o 10º lugar no mundo (Newzoo, 2022).

A Pesquisa *Game* Brasil (2022) revela que 74,5% dos entrevistados possuem o hábito de jogar jogos digitais no país. Do mesmo modo, houve um aumento na preferência pelos jogos digitais como principal forma de diversão em 2022 (76,5%), enquanto nos anos de 2020 e 2021 os índices foram, respectivamente, 57,1% e 68%. Esse aumento substancial pode ser atribuído ao impacto do isolamento social causado pela pandemia de COVID-19.

Os jogos digitais no contexto educacional também vêm ganhando destaque, como mostra a Pesquisa de Capacidade de Produção da Indústria Brasileira de *Games*. O desenvolvimento de jogos educacionais ocupou o segundo lugar no mercado de jogos digitais do Brasil no biênio 2020-2021: os jogos de entretenimento obtiveram 40,5% das respostas dos participantes, enquanto os educacionais representaram 30,1% (Fortim, 2022). As pesquisas acadêmicas no Brasil também têm demonstrado um aumento significativo no número de produções científicas (teses e dissertações) que envolvem jogos digitais, a partir do ano de 2010 (Santos; Alves, 2018).

Contudo, mesmo com os avanços na produção de jogos digitais educacionais e nas pesquisas acadêmicas sobre essa temática, um dos desafios no desenvolvimento desses *games*

é a ausência de metodologias que integrem a análise das necessidades de conhecimento tanto na área da Computação quanto na da Educação Matemática. De acordo com o I Censo da Indústria Brasileira de Jogos Digitais, 25,6% das empresas que desenvolvem jogos não utilizam nenhuma metodologia. Essa ausência de métodos na elaboração de *softwares* é preocupante e evidencia uma falta de profissionalismo na área (Fleury; Sakuda; Cordeiro, 2014).

No caso dos *softwares* educacionais, surgem outros problemas, como a qualidade do material produzido e seu impacto na efetividade do ensino e da aprendizagem. Benitti, Seara e Schlindwein (2005, p. 2) afirmam que “os *softwares* educacionais existentes – em sua grande maioria – possuem problemas que dificultam a sua utilização, dentre eles a falta de uma base pedagógica que fundamente a sua construção”.

Tiburcio (2020), a partir de uma revisão de literatura realizada em sua tese, identificou que não existia uma engenharia própria para o desenvolvimento de *softwares* educativos, embora muitos produtos digitais colaborassem para o ensino e a aprendizagem, tendo sido elaborados com base em ao menos algum padrão, protocolo ou método. Observando essa lacuna, foi criada a Engenharia Didático-Informática (EDI) (Tiburcio, 2016, 2020; Tiburcio e Bellemain, 2021), uma metodologia voltada para o desenvolvimento de *softwares* educativos, que considera aspectos relacionados ao ensino e à aprendizagem da matemática, bem como às tecnologias digitais atuais.

A Engenharia Didático-Informática constitui-se na articulação dos procedimentos metodológicos de duas engenharias: a Engenharia Didática (clássica ou de primeira geração) e a Engenharia de *Software* (oriunda da Ciência da Computação) (Tiburcio, 2020). O autor complementa que, enquanto a Engenharia Didática se refere à construção de sequências de ensino com base na aplicação de conceitos e resultados de pesquisa, a Engenharia de *Software* coordena os conhecimentos sobre como as tecnologias digitais podem auxiliar atendendo aos requisitos educativos.

Apesar da Engenharia Didático-Informática ter sido desenvolvida para nortear os processos de desenvolvimento de *software*, especialmente para ambientes de simulação e micromundos, é possível aplicá-la na produção de jogos digitais, como demonstram as pesquisas de Neto (2021), Gama (2023), Santos (2023) e Lima (2023), que já utilizaram a EDI nesse contexto. No entanto, após a leitura de dissertações e teses que abordam a Engenharia Didático-Informática (Tiburcio, 2020; Tiburcio, 2016; Silva, 2016; Neto, 2021; Gama, 2023; Santos, 2023; Lima, 2023), não identificamos nenhuma pesquisa com foco no desenvolvimento de *softwares* ou jogos digitais voltados à Educação Matemática Inclusiva, o que nos motivou a investigar as possíveis relações entre a EDI e a inclusão.

Diante disso, compreendemos que há uma necessidade de estudos nessa temática, pois a maioria dos alunos da Educação Básica enfrenta muitas dificuldades em Matemática e considera a disciplina uma das mais complexas. Quando os estudantes possuem alguma Necessidade Educacional Específica (NEE), o desafio torna-se ainda maior. No caso específico do público com surdez, além das dificuldades relacionadas à aprendizagem da Matemática, surgem outras barreiras, como: a falta de sinais específicos para termos matemáticos em Libras; a comunicação limitada em sala de aula com professores e colegas; e o acesso reduzido a materiais pedagógicos bilíngues (Português e Libras).

Observamos também uma carência de dissertações e teses que debatam questões relacionadas ao uso de jogos digitais no ensino de Matemática para o público surdo. Na revisão sistemática da literatura, realizada nesta pesquisa e apresentada no subcapítulo 4.2, identificamos a ausência de artigos sobre jogos digitais voltados a alunos surdos no ensino de Geometria. No mesmo sentido, no mapeamento da pesquisa educacional acerca da surdez e da Geometria, descrito no subcapítulo 3.3, encontramos estudos que utilizaram materiais didáticos e recursos tecnológicos em sala de aula; porém, não localizamos nenhuma pesquisa que tratasse especificamente do uso de jogos digitais.

Com relação aos jogos digitais para o ensino e à aprendizagem da Geometria, a revisão sistemática da literatura realizada por Araújo *et al.* (2024) identificou apenas sete dissertações no Banco de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), no período de 2010 a 2022. Os autores concluíram que ainda há uma escassez de trabalhos que discutam como criar jogos digitais educacionais que sejam divertidos, bem aceitos pelos alunos e, principalmente, que auxiliem na aprendizagem da Geometria. As dissertações analisadas evidenciaram limitações no desenvolvimento dos jogos digitais educacionais, uma vez que os estudos priorizavam excessivamente os aspectos conteudistas, muitas vezes transformando-os em exercícios de fixação e comprometendo sua característica lúdica. Nessa perspectiva, e considerando as lacunas apontadas anteriormente, esta pesquisa fundamenta-se na metodologia da Engenharia Didático-Informática, com o objetivo de desenvolver um jogo digital acessível para alunos surdos no ensino de polígonos.

A presente pesquisa incentiva o reconhecimento das diferenças em sala de aula como forma de valorizar as particularidades e singularidades de cada aluno, rejeitando a ideia de tratá-las como barreiras à aprendizagem da Matemática. Do ponto de vista científico, o estudo amplia as investigações já realizadas sobre a Engenharia Didático-Informática (Tiburcio, 2020; Tiburcio, 2016; Silva, 2016; Neto, 2021; Gama, 2023; Santos, 2023; Lima, 2023), contribuindo para a reflexão sobre o *design* e o desenvolvimento de um jogo digital acessível para alunos

surdos. A pesquisa também fortalece as discussões teóricas sobre a aprendizagem baseada em jogos digitais no ensino de Matemática para esse público.

Assim, é preciso criar jogos digitais educacionais acessíveis que contemplem as especificidades dos alunos, garantindo igualdade de acesso e oportunidades de aprendizagem para todos. Diante disso, surgem as seguintes perguntas:

Quais são os requisitos essenciais para o projeto de jogos, os elementos de interface e o enredo adequados ao público-alvo com surdez?

Como desenvolver um jogo digital, baseado no estudo teórico-metodológico da Engenharia Didático-Informática, acessível a estudantes surdos para a aprendizagem do conteúdo de polígonos?

Com propósito de responder as perguntas acima, temos como objetivo geral: desenvolver um jogo digital abordando o conteúdo de polígonos, ancorado no estudo teórico-metodológico da Engenharia Didático-Informática (EDI), considerando a dimensão acessível para contemplar alunos surdos.

Como objetivos específicos, temos:

- Realizar um levantamento dos aspectos das dimensões Didática, Epistemológica, Cognitiva e Informática do modelo da Engenharia Didático-Informática;
- Propor uma dimensão acessível voltada para promover acessibilidade dos jogos digitais para alunos surdos e ouvintes;
- Prototipar o jogo digital orientado pela EDI, para promover acessibilidade dos alunos surdos na aprendizagem do conteúdo de polígonos;
- Desenvolver o Documento de *Design do Game* (GDD) e orientações pedagógicas para o jogo digital *Geomaze*, destinado à aplicação por professores e interessados.

A hipótese levantada para a investigação é: a utilização de um jogo digital desenvolvido sob a ótica do aporte metodológico da Engenharia Didático-Informática em consonância com a Dimensão Acessível tem potencial para contribuir na promoção da acessibilidade dos estudantes surdos na aprendizagem de polígonos.

Esse estudo defende a tese que a criação da dimensão “Acessível” à Engenharia Didático-Informática (EDI) possibilita o desenvolvimento de jogos digitais educacionais com potencial de atender às necessidades específicas de alunos surdos, como demonstrado no processo de concepção e desenvolvimento do jogo *Geomaze*, voltado para o ensino de polígonos.

2.1 Organização dos capítulos

Na organização desta tese, iniciamos com o presente capítulo, a Introdução, no qual evidenciamos os aspectos iniciais da pesquisa, como a apresentação e o panorama do tema, a justificativa, a problemática, a hipótese, os objetivos e a própria estrutura da tese.

No segundo capítulo, apresentamos uma discussão sobre Educação Inclusiva e o ensino de Matemática para surdos, explorando conceitos como inclusão e Educação Matemática Inclusiva. Abordamos, ainda, os aspectos históricos e legais da educação de pessoas surdas, com o intuito de mostrar um panorama sobre os direitos e o desenvolvimento dessa área. Complementarmente, incluímos um subcapítulo dedicado à discussão da pergunta “O que é surdez?”. Por fim, realizamos um mapeamento de pesquisas educacionais que relacionam o tema da Geometria com a surdez, destacando avanços e desafios nesse campo.

No capítulo três, realizamos uma discussão sobre conceitos básicos dos jogos digitais e da aprendizagem baseada em jogos digitais (ABJD). Por fim, desenvolvemos uma revisão sistemática sobre jogos digitais matemáticos voltados a alunos surdos.

No quarto capítulo, intitulado “Engenharia Didático-Informática” como suporte para a prototipação de um jogo digital, exploramos algumas ideias e conceitos da Engenharia Didática e da Engenharia de *Software*. Em um subcapítulo, discutimos também a integração entre essas duas áreas e, por fim, detalhamos as etapas da Engenharia Didático-Informática, evidenciando sua conexão com o desenvolvimento de jogos digitais.

O percurso metodológico, descrito no capítulo cinco, apresenta o local e o público da pesquisa, os procedimentos éticos adotados, os instrumentos utilizados para a produção e o registro dos dados e, por fim, as etapas da Engenharia Didático-Informática no desenvolvimento da pesquisa.

No capítulo seis, iniciamos a aplicação da Engenharia Didático-Informática por meio do ciclo Analítico-Hipotético, realizando a especificação, a composição da equipe, análises prévias e o levantamento de requisitos. No capítulo sete, apresentamos o ciclo Hipotético-Experimental, que evidencia o desenvolvimento e a experimentação dos protótipos do jogo digital intitulado *Geomaze*, além de expor a reformulação do protótipo desenvolvida à luz da Engenharia Didático-Informática (EDI).

3 EDUCAÇÃO MATEMÁTICA INCLUSIVA E SURDEZ

A educação é assegurada como um direito por leis que garantem o acesso de todos à escola e à aprendizagem. No entanto, para que esse direito se concretize, é necessário incluir todas as pessoas em sala de aula, criando condições adequadas para que todos possam, de fato, aprender. Assim, é preciso reconhecer a educação como um direito universal, conforme estabelece o artigo 205 da Constituição Federal, que determina: “A educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho” (Brasil, 1988, n.p.). Já o artigo 206, em seu inciso I, estabelece como um dos princípios do ensino a “igualdade de condições para o acesso e permanência na escola” (Brasil, 1988, n.p.).

A luta por esse direito, no Brasil, impulsionou a criação de leis e fomentou debates teóricos que fundamentaram a Educação Inclusiva. No cenário internacional, dois eventos marcantes da década de 1990 influenciaram significativamente o desenvolvimento dessa modalidade educacional.

A Conferência Mundial de Educação para Todos, realizada na Tailândia em 1990, e a Conferência Mundial de Educação Especial, ocorrida em Salamanca, na Espanha, em 1994, foram dois eventos de grande relevância. Este último resultou em um documento mundialmente reconhecido: a Declaração de Salamanca. No primeiro evento, uma das pautas discutidas abordava a necessidade de desenvolver uma política educacional de qualidade, que garantisse o atendimento efetivo a um maior número de crianças na escola, além de tratar da especificidade dos serviços destinados a alunos com ou sem deficiência (Bueno, 2021).

A Declaração de Salamanca ressalta o compromisso com a Educação Inclusiva ao promover uma educação para todos, independentemente das habilidades e características individuais dos alunos. Nesse sentido, “o princípio de que orienta essa estrutura é de que as escolas deveriam acomodar todas as crianças independentemente de suas condições físicas, intelectuais, sociais, emocionais, linguísticas ou outras” (Brasil, 2006, p. 330). Ainda segundo o documento, “escolas regulares que possuam tal orientação inclusiva constituem os meios mais eficazes de combater atitudes discriminatórias criando-se comunidades acolhedoras” (Brasil, 1997, p. 1).

No Brasil, a Constituição Federal de 1988 e a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), de 1996, foram marcos legais para a garantia do direito à educação para todos. Em 2008, foi aprovada a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação

Inclusiva, que considera o movimento mundial pela inclusão como uma ação política, cultural, social e pedagógica, promovida em defesa do direito de todos os alunos de estarem juntos, aprendendo e participando, sem nenhum tipo de discriminação (Brasil, 2008). Essa perspectiva destaca a importância de reconhecer e respeitar as diferenças presentes em cada sala de aula, uma vez que cada pessoa é única e possui suas próprias características, experiências de vida e modo de aprender.

Nesse contexto, podemos refletir sobre a pergunta “O que é inclusão?”. Mantoan (2015, p. 24) afirma que “a inclusão é uma reação aos valores da sociedade dominante e ao pluralismo, entendido como uma aceitação do outro e incorporação da diferença, sem conflito, sem confronto”. Nogueira (2017, p. 119) destaca que “a inclusão significa o combate a qualquer tipo de exclusão e discriminação e diz respeito a qualquer estudante que encontra barreiras para aprender ou ter acesso ao que a escola oferece – em qualquer momento da escolarização”.

A inclusão não se resume à integração das diferenças, mas implica também a remoção de obstáculos que impedem os alunos de aprender. Sendo assim, as diferenças devem ser acolhidas e incorporadas de forma positiva no ambiente escolar. Por isso, é ideal compreender a inclusão como um princípio que abrange todos os estudantes, não se limitando àqueles que possuem alguma deficiência. Nesse sentido, como aponta Skovsmose (2019), sempre que falarmos em inclusão, devemos nos questionar: “Inclusão em quê?”. Além disso, é necessário refletir sobre “Inclusão de quem?”, lembrando que a inclusão está sempre relacionada a grupos específicos de pessoas que precisam ser acolhidas no contexto educacional e social.

Em meio a esse debate, a busca pela inclusão não se limita ao cumprimento de determinados padrões, pois “só se justifica insistirmos em educação para todos se for possível conseguir, através dela, melhor qualidade de vida e maior dignidade da humanidade como um todo. A dignidade de cada indivíduo se manifesta no encontro de cada indivíduo com outros” (D’Ambrósio, 2005, p. 105).

A partir dessa discussão, Skovsmose (2019, p. 25) conceitua a Educação Inclusiva “como uma educação que tenta ir além das diferenças e não como uma educação que tenta incluir os deficientes na normalidade”. Para o autor, os encontros entre diferenças podem ser compreendidos como uma categoria humana fundamental, o que o leva a interpretar a Educação Inclusiva como uma proposta que busca estabelecer encontros entre diferenças. Nessa perspectiva, Ropoli *et al.* (2010) defendem uma escola que reconheça e atue sobre as diferenças, reunindo, em seus espaços educacionais, os alunos tais quais eles são: únicos e singulares.

Nesse sentido, a Educação Inclusiva deve ser compreendida como um movimento que busca repensar o currículo, promovendo práticas pedagógicas que respeitem as diferenças e

desenvolvam estratégias para garantir a aprendizagem de cada aluno. De acordo com Mantoan (2015, p. 20), “o direito à diferença nas escolas desconstrói, portanto, o sistema atual de significação escolar excludente, normativo, elitista, com suas medidas e seus mecanismos de produção da identidade e da diferença”.

Segundo Ropoli *et al.* (2010), o aluno da escola inclusiva não possui uma identidade fixada em modelos ideais, permanentes e essenciais. Na Educação Inclusiva, a escola é concebida como um espaço para todos, no qual os alunos constroem o conhecimento de acordo com suas capacidades, expressam suas ideias livremente, participam ativamente das atividades de ensino e desenvolvem-se como cidadãos, respeitando suas diferenças. “Nas escolas inclusivas, ninguém se conforma a padrões que identificam os alunos como especiais e normais, comuns. Todos se igualam pelas suas diferenças!” (Ropoli *et al.*, 2010, p. 8).

No entanto, ao utilizarmos a expressão Educação Inclusiva, é importante compreender que ela vai muito além de sua associação com a Educação Especial, pois abrange diversos grupos sociais — afro-brasileiros, camponeses, surdos, pessoas que vivem em comunidades quilombolas, pessoas com deficiência (física, sensorial, intelectual ou múltipla), povos originários, pessoas com doenças crônicas, menores abandonados, órfãos, entre tantos outros — que estão ou estiveram fora da escola, ou que não tiveram (ou não têm) suas necessidades educacionais atendidas (Breitenbach; Honnef; Costas, 2016). A Educação Inclusiva deve ter como propósito o desenvolvimento de um ambiente de aprendizagem que reconheça e valorize a singularidade de cada aluno, respondendo às necessidades educacionais específicas de todos os estudantes. Nogueira (2017, p. 9) considera que:

Atender às necessidades educacionais de **todos os alunos**, segundo o princípio norteador da escola inclusiva é propiciar a mesma educação a todas as crianças. Isto, em primeira instância implica em **legitimar as diferenças** e não fazê-las desaparecer, com a adoção de currículos diferenciados e diferentes práticas pedagógicas em vigor em uma mesma sala de aula para **que todos os alunos possam acessar o objeto de conhecimento**.

É pertinente reconhecer as diferenças para valorizar as particularidades e singularidades de cada aluno, sem tratá-las como obstáculos à aprendizagem de qualquer disciplina nas escolas comuns. Também, é imprescindível aceitar todas as diferenças, sejam elas culturais, sociais, físicas, intelectuais, étnicas, de gênero ou de outra natureza.

No contexto da Matemática, segundo Nogueira (2017), durante muito tempo prevaleceu a crença de que o “talento” para a disciplina era inato e, por isso, o fracasso na aprendizagem era frequentemente aceito como algo natural.

Com o surgimento e o avanço das pesquisas em Educação Matemática, emergiram, no âmbito da Sociedade Brasileira de Educação Matemática, os Grupos de Trabalho (GT), voltados ao aprofundamento de temas específicos, com o objetivo de aprimorar o ensino e a aprendizagem da Matemática. Atualmente, esse cenário abrange quinze grupos distintos, cada um focado em áreas específicas de investigação e desenvolvimento na Educação Matemática. Somente em 2013 foi criado o GT13 – Diferença, Inclusão e Educação Matemática, com o intuito de congrega pesquisadores que buscam caminhos para uma cultura educacional que respeite a diversidade de aprendizes presentes nos diferentes contextos educacionais, formais e não formais (Nogueira *et al.*, 2022).

De acordo com a ementa apresentada no site da Sociedade Brasileira de Educação Matemática (SBEM), as preocupações deste GT incluem:

a discussão das práticas escolares e culturais, políticas educacionais, formação de professores, desempenho acadêmico e experiência com a matemática fora do contexto escolar de pessoas historicamente marginalizadas, em particular pessoas: com deficiências ou/e transtornos; com altas habilidades; com dificuldades específicas de aprendizagem de matemática; em situação de risco ou vulnerabilidade social (Sociedade Brasileira de Educação Matemática, 2012, n.p.).

O campo da Educação Matemática expandiu-se com a criação dos programas de pós-graduação no Brasil. Com isso, foi constituindo sua própria identidade e, atualmente, podemos afirmar que seus objetos de estudo estão diretamente vinculados ao ensino, à aprendizagem e ao conhecimento matemático. Trata-se de uma área que exige posturas investigativas inter, multi e transdisciplinares. Assim, Fiorentini e Lorenzato (2006) afirmam que a Educação Matemática é uma área de conhecimento das ciências sociais ou humanas, voltada ao estudo do ensino e da aprendizagem da matemática.

Com o desenvolvimento da Educação Matemática, surgiram novas pesquisas com enfoque na inclusão de todos os alunos no ambiente escolar. De acordo com Nogueira (2017), o tabu de que a matemática é inacessível para muitos foi derrubado pela Educação Matemática, a partir da compreensão de que, com a mediação adequada, todos podem aprender.

Nogueira (2022) argumenta que, ao refletir sobre o acesso ao conhecimento matemático, é possível construir uma “Matemática Inclusiva” e sugere alguns caminhos para “fazer matemática inclusiva”. A autora também afirma que a Educação Matemática já dispõe de um corpus de conhecimento consolidado, com diferentes tendências teóricas, que possibilita a compreensão dos fenômenos envolvidos nos processos de ensinar e aprender Matemática.

Essas teorias são suficientes para sustentar o potencial inclusivo de atividades planejadas com foco nas diferenças.

Conforme Kranz (2014, p. 84), “a Educação Matemática Inclusiva remete a uma escola que favoreça a aprendizagem matemática de todos os seus alunos”. Nessa perspectiva, Nogueira (2022) afirma que é necessário que o professor compreenda que um ambiente diverso promove uma educação de melhor qualidade, pois permite trazer para a sala de aula “o ambiente heterogêneo, diversificado, com pluralidade de ideias, da vida em sociedade, ou seja, de que vale a pena, para todos os alunos, legitimar as diferenças em sala de aula” (p. 20).

Kranz (2011) destaca a importância de reconhecer as diferenças entre os alunos, as quais são fundamentais para a aprendizagem e o desenvolvimento de todos.

[...] quando tratamos da Educação Matemática Inclusiva, essa heterogeneidade é composta, também, pelos alunos com deficiência, que, com suas diferenças, contribuem com as aprendizagens coletivas. Essas diferenças, entendidas como potencialidades para o sujeito e para o coletivo, também representam limitações que devem ser levadas em consideração no processo pedagógico – não como empecilho, mas como elemento constituinte do sujeito, diferentemente do que aponta a concepção clínico-médica (Kranz, 2011, p.55).

Para Nogueira, Farias e Morás (2020, p. 188), uma maneira de tornar as pesquisas inclusivas, “no que tange aos seus objetos, objetivos e sujeitos é embasá-las nas tendências teóricas da Educação Matemática, particularmente na Didática da Matemática”. Alinhando a essa visão, na presente pesquisa adotamos Engenharia Didático-Informática como metodologia para o desenvolvimento de um jogo digital que seja acessível para alunos surdos, fundamentamos no aporte teórico da Engenharia Didática. Com isso, o jogo digital desenvolvido nesta tese foi concebido como um produto educacional para que professores o utilizem em salas de aula incluindo os alunos surdos e ouvintes.

3.1 Aspectos históricos e legais da educação dos surdos

Historicamente, os surdos enfrentaram muitos preconceitos, foram maltratados e até vítimas de extermínios e segregações. Foi apenas a partir do século XVI que surgiram, na França, Inglaterra e Alemanha, os primeiros educadores de surdos. Dessa forma, o primeiro Instituto Nacional de Surdos, foi criado em Paris e reconhecia o surdo como uma pessoa com língua própria. No século XVIII, várias escolas para surdos foram criadas, e a educação desse público evoluiu por meio da língua de sinais, possibilitando que os surdos aprendessem diferentes conteúdos e se qualificassem para diversas profissões (Sarnik, 2020; Goldfeld, 2002).

No Brasil, “o atual Instituto Nacional de Educação de Surdos foi criado em meados do século XIX por iniciativa do francês Eduard Huet, que era surdo, tendo como primeira denominação Collegio Nacional para Surdos-Mudos, de ambos os sexos” (Brasil, 2021, n.p.). A nova instituição começou a funcionar em 1º de janeiro de 1856, data em que Eduard Huet apresentou a proposta de ensino, com disciplinas como Língua Portuguesa, Aritmética, Geografia, História do Brasil, Escrituração Mercantil, Linguagem Articulada, Doutrina Cristã e Leitura sobre os Lábios (Brasil, 2021).

Segundo Sacks (2010), o Congresso Internacional de Educadores de Surdos, realizado em 1880, na cidade de Milão, excluiu os próprios professores surdos da votação sobre a escolha entre o oralismo e a língua de sinais como prática de escolarização. Como resultado, o oralismo foi declarado vencedor, e o uso da língua de sinais nas escolas foi oficialmente abolido. Dall’Asen e Pieczkowski (2022) afirmam que o evento representou um retrocesso nas conquistas dos surdos, visto que proibiu o uso da língua de sinais. Essa decisão foi baseada na crença de que, ao utilizarem os sinais, as crianças se acomodariam, o que dificultaria o processo de aprendizagem da oralização (Dall’Asen; Pieczkowski, 2022).

O Instituto Nacional de Educação de Surdos (INES), seguindo uma tendência mundial, adotou o oralismo puro em todas as disciplinas a partir de 1911. No entanto, a língua de sinais ainda era utilizada em sala de aula até 1957, quando a diretora Ana Rímola de Farua Doria, com a assessoria da professora Alpia Couto, proibiu oficialmente seu uso em contexto escolar. Mesmo assim, os alunos continuaram a utilizá-la nos pátios e corredores da instituição (Goldfeld, 2002).

“O oralismo ou filosofia oralista visa à integração da criança surda na comunidade de ouvintes, dando-lhes condições de desenvolver a língua oral (no caso do Brasil, o português)” (Goldfeld, 2002, p. 33). Essa concepção limita a pessoa surda a uma dimensão exclusivamente clínica, ao enxergar a surdez como uma deficiência. Dessa forma, no contexto do oralismo, os surdos são vistos como indivíduos que precisam ser reeducados e/ou curados (Skliar, 1998).

Dall’Asen e Pieczkowski (2022, p. 1136) pontuam que,

A filosofia oralista perpetuou-se até 1960, período denominado “Império Oralista”, fase em que todos os sujeitos surdos estiveram submissos às teorias dos ouvintes, “desaprendendo” as línguas de sinais, subjetivando a própria identidade surda e o histórico de sua cultura, visto que as conquistas estavam à mercê dos interesses políticos e religiosos (Dall’Asen; Pieczkowski, 2022, p. 1136).

Conforme Goldfeld (2002), no fim da década de 1970, após a visita de Ivete Vasconcelos, educadora de surdos da Universidade Gallaudet, a Comunicação Total chega ao Brasil. “A Comunicação Total, como o próprio nome diz, privilegia a comunicação e a

interação, e não apenas a língua (ou línguas). [...] Acredita que somente o aprendizado da língua oralizável não assegura o pleno desenvolvimento da criança surda” (Goldfeld, 2002, p. 39–40).

Na década seguinte, inicia-se no país o movimento pelo bilinguismo, fundamentado nas pesquisas da linguista Lucinda Ferreira Brito sobre a Língua Brasileira de Sinais (Goldfeld, 2002). De acordo com a autora, “o bilinguismo tem como pressuposto básico que o surdo deve ser bilíngue, ou seja, deve adquirir como língua materna a língua de sinais, que é considerada a língua natural dos surdos e, como segunda língua, a língua oficial de seu país” (Goldfeld, 2002, p. 42).

No final dos anos 1980, os sujeitos surdos lideraram o movimento de oficialização da Língua Brasileira de Sinais – Libras (Brasil, 2021). A partir da década de 1990, grandes mudanças marcaram o contexto da educação de surdos, com reivindicações pela garantia da comunicação e do acesso ao conhecimento por meio da língua de sinais, nos diferentes segmentos sociais, como um dos direitos ao reconhecimento de sua cidadania bilíngue.

Tal como indica Skliar (1998), a educação bilíngue desempenhou um papel imprescindível ao introduzir a questão da aquisição da língua de sinais na educação de surdos, destacando os vínculos léxicos, semânticos e sintáticos entre essa língua e outras modalidades linguísticas. O autor evidencia que “a aplicação do termo bilinguismo na área da educação dos surdos deveria aludir à sua acepção pedagógica, isto é, à ideia de educação bilíngue, ao direito dos sujeitos que possuem uma língua minoritária de serem educados nessa língua” (Skliar, 1998, p. 54).

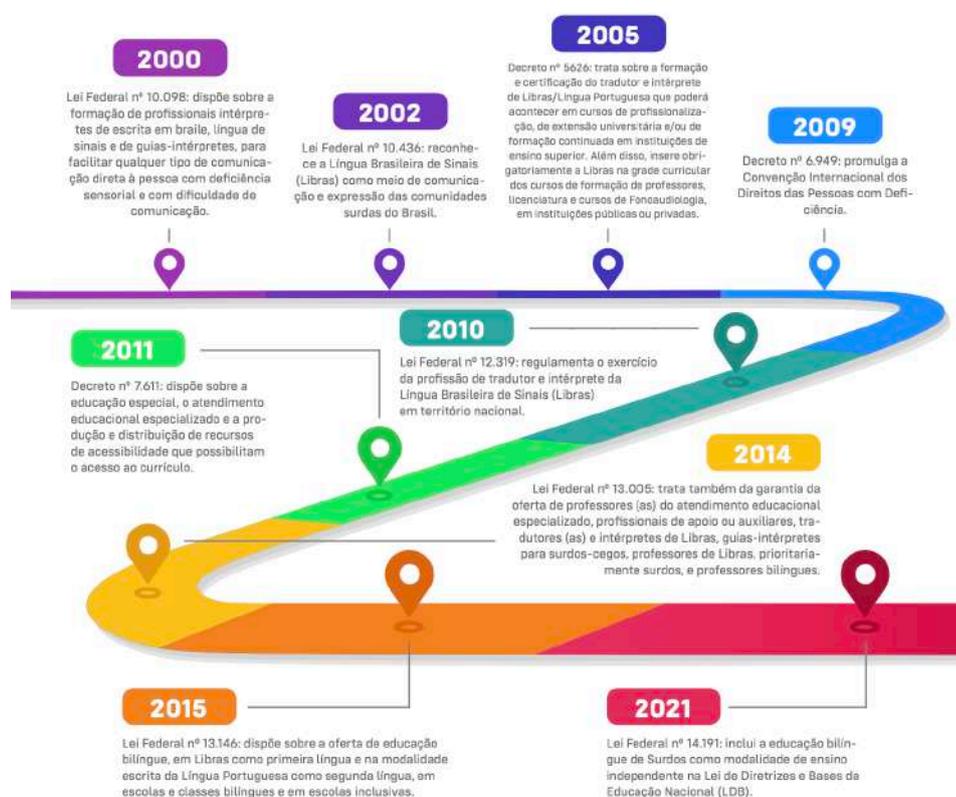
Com a luta pelos seus direitos, os surdos conquistaram, por meio da legislação, “a oficialização da Língua Brasileira de Sinais (Libras), as discussões sobre a educação bilíngue, a valorização de educadores surdos nas escolas e a presença de intérpretes em vários segmentos sociais [como] marcos das conquistas dos surdos brasileiros” (Fernandes, 2012, p. 11). Segundo Quadros (2003), “as línguas de sinais, dentre elas, a língua de sinais brasileira, são línguas de fato e representam uma forma completa de comunicação das histórias surdas”.

A Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000, estabeleceu normas gerais e critérios básicos para a acessibilidade nos sistemas de comunicação e sinalização, prevendo a formação de profissionais intérpretes de escrita em braile, língua de sinais e guias-intérpretes. Um grande marco para a comunidade surda ocorreu em 2002, com a promulgação da Lei nº 10.436, que reconheceu a Língua Brasileira de Sinais (Libras) como língua natural da comunidade surda. Em 2005, o Decreto nº 5.626 regulamentou a Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002, bem como o art. 18 da Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000.

De acordo com o Decreto nº 5.626, de 5 de dezembro de 2005, considera-se “pessoa surda aquela que, por ter perda auditiva, compreende e interage com o mundo por meio de experiências visuais, manifestando sua cultura principalmente pelo uso da Língua Brasileira de Sinais – Libras” (Brasil, 2005). Esse decreto trata especificamente, em cada capítulo, da inclusão da Libras como disciplina curricular; da formação do professor e do instrutor de Libras; do uso e da difusão da Libras e da língua portuguesa para o acesso das pessoas surdas à educação; da formação do tradutor e intérprete de Libras–língua portuguesa; da garantia do direito à educação e à saúde das pessoas surdas ou com deficiência auditiva; e do papel do poder público e das empresas concessionárias ou permissionárias de serviços públicos no apoio ao uso e à difusão da Libras.

Com o passar dos anos, outras leis e decretos relacionados à educação de surdos e à Libras foram sendo discutidos e criados, como apresentamos na Figura 1.

Figura 1 – Linha do tempo: decretos e leis relativas à educação escolarizada de pessoas surdas no Brasil.



Fonte: Serra e Sena (2022, p.5).

Uma importante conquista na luta pelos direitos das pessoas surdas foi a aprovação da Lei nº 14.191/2021, que alterou a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) para

incluir a educação bilíngue de surdos como uma modalidade de ensino. O Art. 60-A da referida lei estabelece:

Entende-se por educação bilíngue de surdos, para os efeitos desta Lei, a modalidade de educação escolar oferecida em Língua Brasileira de Sinais (Libras), como primeira língua, e em português escrito, como segunda língua, em escolas bilíngues de surdos, classes bilíngues de surdos, escolas comuns ou em polos de educação bilíngue de surdos, para educandos surdos, surdo-cegos, com deficiência auditiva sinalizantes, surdos com altas habilidades ou superdotação ou com outras deficiências associadas, optantes pela modalidade de educação bilíngue de surdos (Brasil, 2021, n.p).

Segundo Lacerda, Santos e Martins (2019), é possível que alguém questione qual é a relação dessas leis com as questões sobre a educação de pessoas surdas. Como resposta, os autores afirmam: tudo! Uma vez que as leis são resultado das transformações escolares contemporâneas e das pesquisas que visam a uma educação bilíngue para surdos. Complementarmente, essas legislações também possibilitam refletir e repensar as políticas voltadas às pessoas surdas e à sua acessibilidade linguística.

No entanto, na prática das escolas, ainda não se alcançou a plena implementação do que está previsto nas leis e decretos. Persistem problemas na educação de surdos, como a ausência de tradutores e intérpretes de Libras nas escolas, a falta de unidades com educação bilíngue em todos os municípios, além do preconceito em relação ao desenvolvimento cognitivo dos alunos surdos.

Por isso, concordamos com o que defende Skliar (1998): a educação de surdos não pode mais ser descrita apenas por meio das abordagens oralistas, da comunicação total ou do bilinguismo. Para o autor, a educação bilíngue é uma proposta que valoriza a identidade dos surdos como eixo fundamental na construção de um modelo pedagógico significativo. Para isso, é necessário criar condições linguísticas e educacionais apropriadas, que promovam o desenvolvimento bilíngue e bicultural dos surdos, proporcionando uma mudança de status e de valores no conhecimento e no uso das línguas envolvidas no processo educacional. Esse modelo deve promover a língua de sinais como primeira língua em todos os níveis escolares, definindo o papel da segunda língua de forma significativa na educação dos surdos.

Nesse contexto, a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva defende que, para a inclusão de alunos surdos nas escolas comuns, é preciso desenvolver o ensino escolar em língua portuguesa e em língua de sinais, considerando a língua portuguesa, na modalidade escrita, como segunda língua. Ademais, é necessário oferecer os serviços de tradutor/intérprete de Libras e língua portuguesa, bem como promover o ensino de Libras aos demais alunos da escola (Brasil, 2008). Skliar (1998) afirma que é necessário

divulgar a língua de sinais, a comunidade e a cultura surda para além das fronteiras escolares, incorporando conteúdos e temas culturais que garantam o acesso pleno à informação para os surdos.

3.2 Surdez

Neste subcapítulo, iniciamos com uma discussão apresentada no livro *Libras: Que língua é essa?*, de Gesser (2009). A autora afirma que, para muitos ouvintes alheios ao tema da surdez, o uso da palavra “surdo” pode parecer carregado de preconceito, enquanto o termo “deficiente auditivo” é frequentemente considerado mais politicamente correto. No entanto, ocorre o contrário: a própria comunidade surda prefere a denominação “surdo”.

Gesser (2009, p. 45) apresenta a fala de um professor universitário que levanta questões terminológicas discutidas em um curso de Libras para ouvintes, afirmando:

Essa história de dizer que surdo não fala, que é mudo, está errada. Eu sou contra o termo surdo-mudo e deficiente auditivo porque tem preconceito... Vocês sabem quem inventou o termo deficiente auditivo? Os médicos! Eu não estou aqui só para vocês aprenderem a LIBRAS, eu estou aqui também para explicar como é a vida do surdo, da cultura, da nossa identidade... (professora surda, 2002).
O termo surdo-mudo não é correto porque o surdo tem aparelho fonador, e se for treinado ele pode falar. Eu sou surdo, fui oralizado e não ouço nada, mas a minha língua é a de sinais... (professor surdo, 2003) (Gesser, 2009, p. 45).

A partir do discurso do professor, é possível inferir que ele compreende a surdez como uma diferença, e não como uma deficiência. Nessa perspectiva, Skliar (1997; 2016) destaca a diferença básica entre entender a surdez como deficiência e reconhecê-la como diferença. A visão da surdez como deficiência adota uma abordagem clínica, enquanto a perspectiva que a considera como diferença está alinhada a uma concepção socioantropológica.

Ribetto e Cardoso (2022, p. 22) acrescentam que “a surdez é compreendida como uma experiência visual entendida fora do campo da medicalização, e os surdos como um grupo múltiplo e multifacetado”. Nesse sentido, os surdos possuem uma identidade própria e vivências como qualquer outra pessoa, e lutam para romper estereótipos de deficiência e conquistar seu espaço na sociedade.

O surdo se vê como uma diferença (como um sujeito que reivindica seus espaços, os quais existem independentemente de autorização ou aceitação por quem quer que seja), uma diferença entre tantas outras diferenças como, por exemplo, o “ser ouvinte” — que, na perspectiva do surdo, na sua tradução mais radical das formas de representação, significa ser incapaz de compreender o seu mundo — o mundo visual (Quadros, 2003, p. 94).

Borges e Nogueira (2013, p. 44) afirmam que “sem desprezar o fato da dificuldade de audição, atualmente, a surdez é entendida muito mais como uma diferença do que uma deficiência”. Sob esse ponto de vista, consideramos indispensável um ensino inclusivo que valorize as capacidades dos alunos surdos e incentive o uso da língua de sinais em sala de aula. Conforme Lacerda (1998), a língua de sinais é a mais adequada para a pessoa surda, pois preserva a integridade do canal viso-gestual.

Como afirma Goldfeld (2002, p. 81), muitas vezes, “[...] as crianças surdas não têm contato com a língua, e como não podem adquirir a língua de um ritmo semelhante ao das crianças ouvintes, elas, na esmagadora maioria das vezes (se é que não podemos afirmar sempre), sofrem atraso de linguagem”.

Lacerda (1998) defende que a criança surda, quando exposta o mais cedo possível à língua de sinais, aprende a sinalizar tão rapidamente quanto as crianças ouvintes aprendem a falar. Ao sinalizar, a criança desenvolve sua capacidade e competência linguística em uma língua que, posteriormente, lhe servirá de base para aprender a língua falada como segunda língua, tornando-se bilíngue.

Quando se comparam alunos surdos e ouvintes em relação às dificuldades de aprendizagem, observa-se que, muitas vezes, essas dificuldades são resultado, principalmente, da barreira de comunicação, e não de limitações cognitivas. Gesser (2009, p. 76) defende que “não é a surdez que compromete o desenvolvimento do surdo, e sim a falta de acesso a uma língua”. De acordo com a autora, a surdez não prejudica o desenvolvimento cognitivo-linguístico do indivíduo quando é assegurado o uso da língua de sinais em todos os âmbitos sociais em que ele participa. Dessa forma, segundo Skliar (1998), a língua de sinais deveria estar ao alcance de todos os surdos e, a partir disso, seria possível conceber um projeto educacional mais amplo.

Por isso, concordamos com Machado (2002, *apud* Bueno, 2021, p. 37), ao expor que “[...] por meio da língua de sinais o surdo é capaz de produzir conhecimentos tão organizados quanto os ouvintes, não podendo ser considerado incapaz em decorrência do puro dado orgânico que implica a incapacidade de ouvir”.

Nogueira, Borges e Frizzarini (2013, p.164) apresentaram pesquisas cujos resultados “[...] apontam que não existem comprometimentos significativos no desenvolvimento cognitivo dos surdos, causados pela surdez”. Corroborando os autores, Quadros (2003) mostra que os contextos educacionais precisam valorizar alguns aspectos fundamentais para o desenvolvimento das crianças surdas, tais como:

- a) a questão da língua ao analisar-se o processo educacional mediante a proposta de inclusão;
- b) a interação com outros surdos que compartilham uma língua com uma mesma história é fundamental para o desenvolvimento da cultura, da identidade surda e da própria construção do conhecimento;
- c) a aquisição da linguagem e a interação com outros surdos podem garantir às crianças o acesso aos instrumentos que sua cultura oferece para pensar, aprender e manipular com o conhecimento, tornando-as capazes de ser sujeitos de um grupo com identidade cultural (Quadros, 2003, p. 103).

Em suma, é necessário repensar a surdez no contexto escolar, assegurando a acessibilidade linguística da pessoa surda, valorizando a singularidade de cada aluno em sua experiência, e reconhecendo, como afirmam Quadros (2003), Skliar (1998) e Borges e Nogueira (2013), a surdez como uma diferença, e não como uma deficiência. Assim, esta tese adota a surdez como uma diferença, sob a concepção socioantropológica, e enfatiza a importância do uso da Libras em sala de aula, reconhecendo a educação bilíngue como fundamental para o desenvolvimento cognitivo e linguístico dos surdos. Destaca-se, ainda, a relevância da interação entre surdos para sua integração em uma comunidade com identidade e cultura próprias.

3.3 Mapeamento da pesquisa educacional: surdez e Geometria

No presente tópico, apresentamos um mapeamento da pesquisa educacional, fundamentado nos estudos de Biembengut (2008), com adaptações discutidas por Cavalcante (2015). Para Biembengut (2008, p. 51), “[...] o mapeamento permite-nos formar imagens da realidade e dar sentido às muitas informações, captando traços e características relevantes, representando-as e explicitando-as para quem tal construção possa interessar, ou ainda agir e intervir sobre a realidade”.

O mapeamento da pesquisa educacional, conforme Biembengut (2008), pode ser abordado sob dois enfoques, a saber:

O primeiro enfoque consiste em mapear, ou seja, organizar os dados de forma harmônica de maneira a oferecer um quadro completo deles, uma representação, um mapa onde conste o que for significativo e relevante. O segundo enfoque, mais completo, além da organização dos dados ou entes da pesquisa, consiste em compreendê-los em sua estrutura e em seus traços. Trata-se de um conjunto de ações que começa com a identificação dos entes ou dados envolvidos com o problema a ser pesquisado, para, a seguir, levantar, classificar e organizar tais dados de forma a tornarem mais aparentes as questões a serem avaliadas; reconhecer padrões, evidências, traços comuns ou peculiares, ou ainda características indicadoras de relações genéricas, tendo como referência o espaço geográfico, o tempo, a história, a cultura, os valores, as crenças e as ideias dos entes envolvidos – a análise (Biembengut, 2008, p. 74).

Cavalcanti (2015) nomeia e diferencia o mapeamento em dois tipos: horizontal e vertical. O mapeamento horizontal é descritivo, pois possibilita uma visualização geral da produção científica em diferentes territórios, como teses, dissertações, artigos publicados em periódicos e comunicações científicas em eventos (Bastos; Cavalcanti, 2018). Nesse momento, é feita uma análise quantitativa das obras, ou seja, são apresentados os títulos, autores, orientadores, locais e programas em que os trabalhos foram produzidos. Por outro lado, segundo o autor, o mapeamento vertical é de natureza analítica e pode ser compreendido por meio de revisões sistemáticas, estudos de revisão da literatura e estados do conhecimento/da arte.

Realizamos os mapeamentos horizontal e vertical no período dos últimos dez anos, de janeiro de 2014 a junho de 2024. Como fonte de dados, utilizamos o Banco de Teses e Dissertações e o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Para a busca dos trabalhos, os descritores utilizados foram: “Geometria” AND “surdos”. Também consultamos os anais dos três principais eventos da área de Educação Matemática, no intervalo de 1987 a 2023, conforme detalhado nos próximos tópicos. Pontuamos, no entanto, que os artigos encontrados abrangem apenas o período de 2010 a 2023.

3.3.1 Mapeamento horizontal

No mapeamento horizontal, apresentamos o título, o autor, a instituição e o ano das publicações que investigaram o ensino e a aprendizagem da Geometria voltados para o público com surdez.

O mapeamento foi organizado por territórios: o primeiro dedicado a teses e dissertações; o segundo, a artigos publicados em revistas científicas; e o terceiro, a artigos publicados em anais de eventos.

3.3.1.1 Território (1): Teses e Dissertações

No Banco de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), obtivemos 18 resultados. Como critério de exclusão, foram removidos os trabalhos que não estavam diretamente relacionados aos descritores “geometria” e “surdos”, bem como aqueles que não se enquadravam no período de análise (2014 a 2024). Após a leitura dos títulos e resumos das produções, foram selecionadas sete dissertações e uma tese.

Tabela 1 – Dissertações e Teses Capes

Teses e Dissertações	Título	Autor	Orientador	Instituição	Categoria	Ano
D1	Ensino de Geometria para alunos surdos: Um estudo com apoio digital ao analógico e o ciclo da experiência Kellyana	Verônica Lima de Almeida Caldeira	Dra. Filomena Maria Gonçalves da Silva Cordeiro Moita	UEPB	Dissertação	2014
D2	(Des)Construção do Pensamento Geométrico: Uma experiência compartilhada entre professores e uma aluna surda	Thamires Belo de Jesus	Dr. Edmar Reis Thiengo	IFES	Dissertação	2014
D3	Terminologias matemáticas na tradução para Libras: Um instrumento mediador do processo de ensino de Geometria Plana e Espacial	Luciana Carlize Juliani Smolski	Dra. Rozelaine de Fátima Franzin Coorientador: Dra. Estela Maris Giordani	URI	Dissertação	2016
D4	Matemática e Surdos: O <i>Software Geogebra</i> como recurso para auxiliar o ensino de Geometria	Maria De Fátima Nunes Antunes	Dra. Miriam Ines Marchi	UNIVAT ES	Dissertação	2020
D5	Práticas educativas inclusivas com os surdos: O uso de sinalário para compreensão do vocabulário relativo à Geometria	Daniela Maria da Silva	Dra. Elizabete Cristina Costa Renders	USCS	Dissertação	2020
D6	Figuras Geométricas planas como contribuição na aprendizagem de uma aluna Surda: Um estudo de caso	Ludimila Alves Nunes	Dr. Jocitiel Dias da Silva	FVC	Dissertação	2020
D7	O Ensino de Geometria Plana: uma análise do desenvolvimento do pensamento teórico de surdos em situações desencadeadoras de aprendizagem	Welbert Vinícius de Souza Sansão	Dra. Francine de Paulo Martins Lima Coordenador: Dr. José Antônio Araújo Andrade	UFLA	Dissertação	2020
T1	Desenvolvimento de uma ferramenta computacional com recursos de realidade aumentada e acessibilidade para surdos aplicada ao ensino da Geometria Espacial	Francisco César de Oliveira	Dr. Robson Rodrigues da Silva	UMC	Tese	2022

Observação: Chamamos de D para dissertação e T para Tese, seguido de uma numeração

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Com base nos dados do quadro acima, observa-se que a maioria das pesquisas (uma tese e sete dissertações) está concentrada nas regiões Sul e Sudeste, enquanto apenas uma foi realizada no Nordeste. A seguir, exibimos, na Figura 2, a quantidade de pesquisas por estado.

Figura 2 – Mapa do Brasil com as pesquisas



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Ao analisar a figura, nota-se que o número de pesquisas realizadas em nível de dissertação e tese é reduzido, considerando-se as dimensões e a diversidade do Brasil.

3.3.1.2 Território (2): Artigos publicados em revistas científicas

Na pesquisa realizada no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), foram encontradas 16 produções com os descritores “Geometria” e “surdos”. A busca com os descritores “Libras” e “Geometria” resultou em 11 artigos. Após a leitura dos títulos e resumos, foram selecionadas 7 (sete) publicações científicas. Na tabela a seguir, apresentamos o título, os autores, a revista científica, o Qualis e o ano.

O critério de inclusão adotado foi selecionar as produções que continham os descritores mencionados anteriormente, bem como aquelas publicadas dentro do período de análise dos últimos dez anos (2014 a 2024).

Tabela 2 – Produções de revistas científicas

Nº	Título	Autoria	Revista científica	Qualis	Ano
R1	A negociação de sinais em Libras como Possibilidade de ensino e de aprendizagem de Geometria	Elielson Ribeiro de Sales; Miriam Godoy Penteado; Amanda Queiroz Moura	Bolema	A1	2015
R2	Reflexões acerca do ensino de geometria para alunos surdos incluídos em escolas comuns	Walber Christiano Lima da Costa; Fábio Alexandre Borges; Marisa Rosâni Abreu da Silveira	Revista BoEM	B1	2019
R3	Terminologias matemáticas em Libras: a Geometria Plana e Espacial	Luciana Carlize Juliani Smolski; Rozelaine de Fatima Franzin; Antonio Vanderlei dos Santos; Marcelo Paulo Stracke.	Revista Insignare Scientia	A4	2020
R4	Projeto de extensão “ <i>Mathlibras</i> – ano I”: um relato sobre a oficina de <i>origami</i>	Thaís Philipsen Grützmann; Patrícia Michie Umetsubo; Marcos Aurélio da Silva Martins; Tatiana Bolivar Lebedeff; Thaiana Neuenfeld Philipsen	Expressa Extensão	B3	2020
R5	O uso do jogo tangram como material pedagógico matemático para alunos com surdez	Francisca Aglaiza Romão Sedrim Gonçalves	Boletim Cearense de Educação e História da Matemática	B1	2021
R6	Geometria em aulas de matemática com surdos: estratégias de ensino inclusivo	Samara Maria Sousa Melo; Zélia Maria de Arruda Santiago	Brazilian Journal of Development	C	2022
R7	Apreensões e desafios na educação inclusiva: discussões a partir de atividades propostas em aulas de Geometria Analítica	Luana Henrichsen; Viviane Roncaglio; Analice Marchezan	REMAT: Revista Eletrônica da Matemática	B1	2023

Observação: Chamamos de R o artigo publicado em revista, seguido de uma numeração

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Ao observarmos o Tabela 2, concluímos que os trabalhos foram publicados em diferentes revistas. Para a avaliação do Qualis, utilizamos a classificação dos periódicos referente ao quadriênio 2017–2020.

3.3.1.3 Território (3): Artigos publicados em anais de eventos

Decidimos incorporar o território três, composto por artigos publicados em anais de eventos, após o processo de seleção e análise dos textos das revistas científicas. Um dos artigos que não foi inserido no território dois, devido aos critérios de exclusão, foi o trabalho intitulado “O repositório de pesquisas em Educação Matemática Inclusiva: um olhar para estudos sobre surdez”, de Jesus e Rodrigues (2022). Esse artigo apresentou a criação do Repositório de

Pesquisa em Educação Matemática Inclusiva (REPEMI), no âmbito de um projeto de Iniciação Tecnológica. O percurso metodológico adotado consistiu no mapeamento de trabalhos publicados em todas as edições de três importantes eventos: Encontro Nacional de Educação Matemática (ENEM), Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática e Encontro Nacional de Educação Matemática Inclusiva, compreendendo o período de 1987 a 2020. Os descritores utilizados na pesquisa foram: “surdez”, “surdo”, “surda”, “deficiência auditiva”, “intérprete”, “língua” e “Libras”. Como resultado, foram mapeados 124 textos nas modalidades de relato de experiência e comunicação científica, envolvendo estudos práticos e teóricos (Jesus; Rodrigues, 2022).

A partir da leitura do texto de Jesus e Rodrigues (2022), analisamos o site do REPEMI e selecionamos os artigos que contemplavam o campo de pesquisa relacionado à Geometria. Os trabalhos que não abordavam esse conteúdo foram excluídos da análise. Como resultado, identificamos 16 (dezesesseis) produções, que foram incluídas em nosso mapeamento. Cabe uma observação: o I Encontro Nacional de Educação Matemática Inclusiva contou com quatorze publicações apresentadas no repositório REPEMI, mas nenhuma delas abordou conteúdos de Geometria.

Para tornar nossa pesquisa mais completa, também analisamos os anais dos três eventos realizados até 2023. Assim, acrescentamos à nossa busca o XIV Encontro Nacional de Educação Matemática (ENEM), ocorrido em 2022; o III Encontro Nacional de Educação Matemática Inclusiva, realizado em 2023; e o VIII Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática (SIPEM), ocorrido em 2021.

No VIII SIPEM, tivemos o resultado de três artigos que envolviam surdos, e no XIV ENEM foram publicados quatro trabalhos direcionados a esse público. No entanto, nenhuma dessas publicações incluía conteúdos de Geometria. No III ENEMI, encontramos 14 (quatorze) artigos para a comunidade surda, porém apenas 1 (um) trabalho abordava o conteúdo da Geometria, especificamente, área de figuras. Dos três eventos, a partir da observação dos critérios de inclusão e exclusão, apenas 1 (um) foi inserido na Tabela 3 para análise.

A seguir, mostramos as 16 (dezesesseis) produções selecionadas no REPEMI e 1 (uma) do III ENEMI.

Tabela 3 – Artigos publicados em anais de eventos

Nº	Título	Autoria	Local da publicação	Ano
PE1	O ensino da matemática e o aluno surdo - um cidadão bilíngue	Maria Cristina Polito de Castro	X ENEM	2010
PE2	O ensino de geometria utilizando <i>origami</i> : uma experiência no ensino médio com inclusão de alunos portadores de deficiência auditiva	Lilian Milena Ramos Carvalho; Edson Rodrigues Carvalho; Ana Paula de Oliveira Guilherme; Natália Taíse de Souza; Samara dos Santos Duarte Cremolich	X ENEM	2010
PE3	A visualização no ensino de matemática: uma experiência com estudantes surdos	Elielson Ribeiro de Sales	XI ENEM	2013
PE4	Geometria e a teoria dos construtos: uma investigação com alunos surdos	Verônica Lima de Almeida Caldeira; Filomena Maria G. S. Cordeiro Moita	XI ENEM	2013
PE5	Abordagem de polígonos mediada pelo uso do tangram: relato de uma experiência com alunos surdos	Thamires Belo de Jesus; Edmar Reis Thiengo	XI ENEM	2013
PE6	Do giro ao ângulo: uma experiência com alunos surdos bilíngues	Verônica Lima de Almeida Caldeira; Danielly Barbosa de Sousa; Eliane Farias Ananias	XI ENEM	2013
PE7	Geometria e Libras: uma comunicação mediada pela lógica matemática	Maria Cristina do Nascimento Braga; Luiza Santos Pontello	XI ENEM	2013
PE8	Desenvolvimento de conceitos da geometria espacial com alunas surdas à luz da teoria histórico-cultural	Fernanda Bittencourt Menezes Rocha; Teresinha Fumi Kawasaki	XII ENEM	2016
PE9	Teorema de pitágoras e as etapas das ações mentais de galperin: uma proposta para alunos surdos e ouvintes	Débora Karyna dos Santos Araújo Bernardino da Silva; Lidiane Pereira de Carvalho; José Jefferson da Silva	XII ENEM	2016
PE10	A educação de surdos e o contexto tecnológico: uma experiência com a lousa digital	Rozelaine de Fátima Franzin; Liciara Daiane Zwan; Ana Maria Rosiski;	XII ENEM	2016
PE11	Aprendendo geometria através do uso do tangram: um relato de experiência em uma sala especializada com alunos surdos	Cristina Maria da Silva Lima; Marcelo Marques de Araújo; Elielson Ribeiro de Sales	XII ENEM	2016
PE12	Trabalhando o conceito de área com alunos surdos e alunos com deficiência visual por meio de material acessível	Claudia Segadas Vianna; Esthela de O. S. Godoi; Mayara Pinheiro Gomes; Vinícius Berbat Paula	XIII ENEM	2019
PE13	Ressignificação do conceito de diagonais de um polígono convexo por estudantes surdos à luz dos mecanismos compensatórios	Thamires Belo de Jesus; Edmar Reis Thiengo	VII SIPEM	2018
PE14	O ensino de geometria para alunos surdos nos anos iniciais do ensino fundamental – relato de experiência	Douglas Carvalho de Menezes; Camila Rezende Oliveira	II ENEMI	2020
PE15	Reflexões sobre uma prática com abordagem baseada em inquérito em aulas de matemática com alunos surdos	Amanda Vieira Mendes; Nara de Freitas Simões	II ENEMI	2020
PE16	Quantos cabem? Uma proposta de atividade para introdução do conceito de Área para Alunos com Deficiência Visual e Alunos surdos	Júlio César dos Santos Moreira; Rodrigo Cardoso dos Santos; Claudia Segadas-Vianna; Edney Dantas de Oliveira; Amanda dos Santos da Silva	III ENEMI	2023

Observação: Chamamos de PE o artigo “publicado em evento”, seguido de uma numeração.

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

A partir da Tabela 3, observa-se um total de sete eventos com publicações na temática da surdez abordando conteúdos de Geometria. Os eventos com maior número de produções são: o XI ENEM (2013), com 5 trabalhos; o XII ENEM (2016), com 4 artigos; e o X ENEM (2010), com 2 publicações. O II ENEMI (2020) também contou com 2 publicações. Já o XIII ENEM (2019), o VII SIPEM (2018) e o III ENEMI (2023) tiveram apenas 1 artigo publicado em cada um deles.

Há vários autores que participaram de múltiplas publicações ao longo dos diferentes eventos. Analisando os nomes dos autores das produções, observamos que: Verônica Lima de Almeida Caldeira foi autora em PE4 e PE6 (XI ENEM 2013); Elielson Ribeiro de Sales foi autor em PE3 (XI ENEM 2013) e coautor em PE11 (XII ENEM 2016); Thamires Belo de Jesus foi autora em PE5 (XI ENEM 2013) e em PE13 (VII SIPEM 2018); Edmar Reis Thiengo foi coautor em PE5 (XI ENEM 2013) e em PE13 (VII SIPEM 2018); e Claudia Segadas Vianna foi autora em PE12 (XIII ENEM 2019) e coautora em PE16 (III ENEMI 2023). Esses dados indicam o envolvimento contínuo desses pesquisadores com a temática da surdez e do ensino da Geometria.

3.3.2 Mapeamento vertical

A seguir, exibimos os resultados do mapeamento vertical, que consistiu em uma análise mais detalhada dos artigos. Para sistematizar nosso mapeamento, dividimos a análise por territórios: (1) teses e dissertações; (2) artigos publicados em revistas científicas; e (3) artigos publicados em anais de eventos. Nas leituras, foram observados os objetivos das pesquisas, aspectos metodológicos e pontos que se inter-relacionam, de modo a contribuir com o avanço do ensino e da aprendizagem da Geometria voltada a alunos surdos.

3.3.2.1 Território (1): Teses e Dissertações

Dentre os elementos identificados a partir deste mapeamento, das oito produções analisadas, uma das dissertações realizou um estudo de caso: “*Figuras geométricas planas como contribuição na aprendizagem de uma aluna surda: um estudo de caso*”, escrito por Ludimila Alves Nunes. A pesquisa de Nunes (2020) teve como objetivo compreender a importância das figuras geométricas planas por meio da utilização do tangram e de materiais manipuláveis, no contexto do ensino e da aprendizagem do cálculo de área para uma aluna surda.

Apenas uma pesquisa realizou um estudo bibliográfico de natureza qualitativa, intitulado: “*Terminologias matemáticas na tradução para Libras: um instrumento mediador do processo de ensino de Geometria Plana e Espacial*”, dissertação de mestrado escrita por Luciana Carlize Juliani Smolski. A pesquisa de Smolski (2016) teve como objetivo mapear os sinais em Libras e os classificadores utilizados entre educadores e alunos surdos, nos conteúdos de Geometria Plana e Espacial, em três escolas de Ensino Médio com educação especial para alunos surdos (Associação de Pais e Amigos dos Surdos – APADA), no Rio Grande do Sul. A autora desenvolveu como produto um website com o propósito de auxiliar professores de Matemática, tradutores e intérpretes de Libras, oferecendo sinais relacionados aos conteúdos de Geometria Plana e Espacial.

As outras seis produções utilizaram uma abordagem qualitativa, fundamentada em pesquisas de campo com distintos objetivos, enfocando o desenvolvimento de tecnologias e/ou a investigação da prática educativa inclusiva mediada por materiais didáticos. A dissertação de Jesus (2014) teve como objetivo analisar a (des)construção do pensamento geométrico de uma aluna surda do 7º ano do Ensino Fundamental, por meio do uso de materiais pedagógicos, em uma escola municipal localizada no município de Vitória – ES. Os materiais utilizados para abordar os conteúdos de figuras planas, polígonos, perímetro, ângulos e divisão incluíram: tangram, geoplano, azulejos, sólidos geométricos, folhas de papel sulfite, barbante, formas geométricas planas, polígonos confeccionados em papel-cartão e régua algébrica.

A pesquisa de Sansão (2020) propôs analisar indícios do desenvolvimento do pensamento teórico de estudantes surdos em um processo de significação e produção de sentidos em relação a conceitos da geometria plana mediados por tecnologias digitais. Já Caldeira (2014) teve como objetivo investigar o alcance e as contribuições de recursos digitais e analógicos no ensino de Geometria, especificamente no conteúdo de polígonos regulares convexos, para alunos do 8º ano do Ensino Fundamental.

Oliveira (2022) e Silva (2020) desenvolveram aplicativos com objetivos e propostas distintas para o ensino de Geometria. A dissertação escrita por Silva (2020) apresentou uma investigação com o intuito de analisar as contribuições do desenvolvimento de um aplicativo chamado *Sinalário Bilingue*, fundamentado nos princípios do *Design Universal para Aprendizagem*, com a finalidade de facilitar o aprendizado do vocabulário utilizado em Geometria.

Na tese de Oliveira (2022), intitulada “*Desenvolvimento de uma ferramenta computacional com recursos de realidade aumentada e acessibilidade para surdos aplicada ao ensino da Geometria Espacial*”, foi desenvolvido o aplicativo *SpaceGeo_AR* para

dispositivos móveis, com conteúdo de Geometria Espacial em Realidade Aumentada, voltado a alunos com e sem deficiência auditiva do Ensino Médio. Para a validação do *software*, este foi testado e avaliado por dezesseis especialistas das áreas de Matemática, Computação, Realidade Aumentada e Libras, com o objetivo de verificar se a ferramenta tecnológica é capaz de auxiliar o processo de ensino e aprendizagem do conteúdo proposto. Como resultado do estudo, os especialistas demonstraram apreço pela proposta do aplicativo, embora tenham indicado que o sistema necessitava de ajustes devido a algumas falhas na utilização. Além disso, os resultados do escore SUS foram de 83,75%, o que levou o autor a concluir que o aplicativo pode auxiliar estudantes surdos e ouvintes na aprendizagem da Geometria Espacial. Um recurso interessante implementado nas telas do aplicativo foi o acesso ao *VLibras*, que realiza a tradução de todos os textos para a Língua Brasileira de Sinais.

Na pesquisa intitulada “*Matemática e surdos: o software GeoGebra como recurso para auxiliar o ensino de Geometria*”, realizada em 2020 por Maria de Fátima Nunes Antunes, foi utilizada a tecnologia com o objetivo de investigar as percepções de professores de Matemática que atuam com estudantes surdos, por meio de uma proposta de formação continuada, tendo o *GeoGebra* como recurso didático (Antunes, 2020).

A partir da leitura dessas produções, identificamos a predominância de metodologias qualitativas e um crescente foco no uso da tecnologia para promover a acessibilidade e a melhoria no ensino da Geometria. Estudos como os de Smolski (2016) e Silva (2020) evidenciam esforços significativos para criar e testar *websites* e sinalários bilíngues com o objetivo de apoiar a aprendizagem da Geometria. Da mesma forma, destaca-se a pesquisa de Oliveira (2022), que desenvolveu um aplicativo de Geometria Espacial com recursos de realidade aumentada, testado com professores e intérpretes.

Para concluir, a partir da análise realizada, observamos que, embora 75% das produções (seis de oito) abordem o uso de tecnologias em suas pesquisas, nenhuma delas aplicou ou desenvolveu jogos digitais. Outro aspecto identificado é a possibilidade de que futuras pesquisas deem continuidade ao estudo de Oliveira (2022), aplicando e explorando o aplicativo *SpaceGeo_AR* diretamente com alunos surdos.

3.3.2.2 *Território (2): Artigos publicados em revistas científicas*

Considerando o território dos artigos publicados em revistas científicas, identificamos um total de sete publicações. Inicialmente, classificamos a natureza metodológica dessas

pesquisas: das sete produções analisadas, 14,3% (um artigo) são de natureza teórica, enquanto 85,7% (seis artigos) correspondem a pesquisas de campo.

Os sujeitos das pesquisas foram diversificados, incluindo: uma aluna no Atendimento Educacional Especializado (AEE) (um artigo); alunos dos anos iniciais do Ensino Fundamental (um artigo); discentes da Licenciatura em Matemática (um artigo); alunos dos anos finais do Ensino Fundamental (um artigo); e professores de Matemática (dois artigos).

Estudos como os de Gonçalves (2021) e Grützmänn *et al.* (2020) propõem a utilização de materiais didáticos para o ensino de Geometria de forma lúdica a alunos surdos. Gonçalves (2021) apresenta um relato de experiência que utilizou o tangram com o intuito de demonstrar a eficácia desse material didático no ensino da área de figuras planas para uma aluna surda no Atendimento Educacional Especializado (AEE). Já Grützmänn *et al.* (2020) relatam uma oficina do projeto de extensão *MathLibras*, que abordou o tema “*Origami*”, trabalhando conceitos e sinais geométricos em Libras com três turmas do 1º ano do Ensino Médio.

As discussões apresentadas nos artigos de Henrichsen, Roncaglio e Marchezan (2023) e de Melo e Santiago (2022) ressaltam a necessidade da formação inicial e continuada de professores de Matemática para atender às demandas específicas de alunos surdos. Essas pesquisas destacam que tais formações podem contribuir para a inclusão do ensino da Matemática.

Henrichsen, Roncaglio e Marchezan (2023) analisaram as apreensões de licenciandos em Matemática ao serem desafiados a planejar atividades na disciplina de Geometria, considerando as especificidades de alunos cegos e surdos incluídos em salas de aula regulares. Para isso, foi realizada uma pesquisa exploratória, de natureza qualitativa, na qual se propôs aos discentes do curso de Licenciatura em Matemática que desenvolvessem uma atividade para o ensino ou revisão de conceitos de Geometria Analítica, contemplando a inclusão de um aluno surdo ou cego. A turma foi dividida em quatro equipes: duas ficaram responsáveis por criar atividades para alunos cegos e duas, para alunos surdos. As atividades elaboradas para trabalhar com alunos surdos incluídos em salas de aula regulares consistiram, na primeira, em uma revisão de pontos, retas e cônicas utilizando um jogo de boliche; e, na segunda, em lançamentos de foguetes.

A pesquisa qualitativa de Melo e Santiago (2022) teve como objetivo investigar experiências metodológicas inclusivas empregadas por professores de Matemática no ensino de Geometria para alunos surdos em aulas presenciais. Na leitura do texto, não foram identificadas as metodologias utilizadas pelos docentes. Nos resultados do artigo, os autores destacam a

ausência de formação inicial em Educação Inclusiva com foco nos alunos surdos, além das dificuldades de comunicação entre professores e estudantes.

As produções de Sales, Penteado e Moura (2015) e de Smolski *et al.* (2020) investigaram os sinais em Libras e os classificadores utilizados no contexto educacional. A primeira pesquisa concentrou-se nos sinais empregados pelos alunos, enquanto a segunda explorou aqueles utilizados por professores de três escolas distintas.

Sales, Penteado e Moura (2015) realizaram um processo de negociação de sinais em uma turma do 5º ano do Ensino Fundamental, com o objetivo de possibilitar uma conversa sobre Geometria. Foi aplicado um conjunto de tarefas com a intuito de analisar as habilidades e os conhecimentos do grupo de alunos surdos sobre Geometria e de trabalhar, por meio da Língua de Sinais, as noções de ponto, reta, plano, ângulo, figuras planas, bem como a classificação dessas figuras (quadrado, triângulo, círculo e outros polígonos).

O estudo de Smolski *et al.* (2020), apresentado no formato de artigo científico, abordou a interpretação para Libras de terminologias matemáticas utilizadas na Geometria Plana e Espacial, atuando como um instrumento facilitador tanto para intérpretes de sinais quanto para professores de Matemática que trabalham com alunos surdos. Observa-se que esse artigo mostra um recorte da dissertação de Smolski (2016), selecionada no território (1) — teses e dissertações.

Dos sete artigos selecionados, apenas um apresenta um ensaio teórico, trazendo reflexões sobre o ensino de Geometria para alunos surdos incluídos em escolas regulares. Para isso, Costa, Borges e Silveira (2019) discutem aspectos relacionados ao ensino de Geometria, à educação de surdos e ao ensino de Geometria para surdos. Como resultado, os autores evidenciam que os conteúdos geométricos oferecem ricas contribuições para a aprendizagem dos surdos e que a omissão desse ensino pode acarretar prejuízos, especialmente em seu desenvolvimento intelectual.

3.3.2.3 Território (3): Artigos publicados em anais de eventos

Com base na análise dos 16 artigos selecionados, publicados nos anais de eventos, identificou-se uma diversidade de públicos nas pesquisas, abrangendo alunos dos anos iniciais e finais do Ensino Fundamental, além do Ensino Médio. Dentre esses estudos, Castro (2010), Carvalho *et al.* (2010) e Franzin, Zwan e Rosiski (2016) realizaram suas investigações com alunos do Ensino Médio.

O estudo de Castro (2010), intitulado “*O ensino da matemática e o aluno surdo: um cidadão bilíngue*”, foi conduzido com alunos surdos de duas turmas do 2º ano do Ensino Médio, no Instituto Nacional de Educação de Surdos. A pesquisa, de natureza empírica, teve como objetivo abordar o significado da inclusão educacional e refletir sobre o processo de ensino e aprendizagem da Matemática para alunos surdos e professores ouvintes. Nas intervenções, foram propostas atividades como a confecção do tangram por meio de dobraduras e a utilização de sólidos geométricos em acrílico.

As atividades realizadas incluíram a comparação das peças do tangram, com o estabelecimento de equivalências entre áreas, a formação de quadrados com diferentes números de peças e a discussão das justificativas apresentadas pelos alunos. Ademais, foram utilizadas as planificações dos sólidos de Platão para a identificação e classificação de vértices, arestas e faces. Os resultados do artigo indicam que os alunos demonstraram interesse em aprender a confecção do tangram (Castro, 2010).

Carvalho *et al.* (2010), no artigo “*O ensino de Geometria utilizando origami: uma experiência no Ensino Médio com inclusão de alunos portadores de deficiência auditiva*”, relatam uma experiência em sala de aula com 20 alunos do 3º ano do Ensino Médio de uma escola estadual, no âmbito do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), do curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

A pesquisa de campo desenvolvida por Carvalho *et al.* (2010) teve como objetivo estimular a interação de alunos surdos com os demais alunos ouvintes, especialmente no ensino de Geometria, utilizando a arte do *origami*. O procedimento metodológico envolveu o ensino de Geometria Plana e Espacial por meio do *origami*, abordando também a inclusão social no contexto do ensino regular. Com a utilização dessa técnica, todos os alunos foram capazes de identificar o significado das linhas, formas e do espaço, o que favoreceu a compreensão e assimilação dos conteúdos geométricos, além do desenvolvimento de habilidades como a coordenação motora, comprovando a eficácia do *origami* no ensino de Geometria Plana e Espacial.

Franzin, Zwan e Rosiski (2016) propuseram a inserção de estudantes do Ensino Médio, bolsistas de iniciação científica, em atividades voltadas à elaboração e organização de materiais didáticos de Matemática direcionados a alunos surdos. Para isso, foi desenvolvido um material utilizando a lousa digital e outras tecnologias, com o objetivo de explicar o Teorema de Pitágoras. O produto foi testado com um dos bolsistas surdos participantes do projeto, que afirmou ter considerado o material adequado e que conseguiu compreender o conteúdo.

Os estudos de Menezes e Oliveira (2020), Lima, Araújo e Sales (2016) e Sales (2013) foram desenvolvidas com alunos dos anos iniciais do Ensino Fundamental. Menezes e Oliveira (2020) realizaram uma pesquisa bibliográfica e qualitativa, iniciando com um diagnóstico para sondar os conhecimentos de Geometria dos alunos do 2º ano do Ensino Fundamental, em uma escola da cidade de Uberlândia. Posteriormente, o artigo mencionou de forma superficial os procedimentos metodológicos adotados, relatando apenas a realização de uma contação de histórias com temática geométrica, sem especificar os conteúdos abordados, além da proposta de elaboração de um desenho como atividade avaliativa final.

Lima, Araújo e Sales (2016) realizaram uma pesquisa qualitativa com uma turma do 4º ano do Ensino Fundamental, composta por cinco alunos surdos, em uma unidade de educação especial para surdos, localizada em Belém, no estado do Pará. O objetivo do estudo foi ensinar Geometria Plana por meio de atividades lúdicas, utilizando o tangram. Os resultados da pesquisa indicam que as atividades com o tangram proporcionaram o desenvolvimento da criatividade, incentivaram o trabalho em grupo e promoveram a participação ativa no processo de aprendizagem.

Sales (2013) realizou uma pesquisa exploratória e descritiva com alunos do 5º ano do Ensino Fundamental. O estudo teve como foco o desenvolvimento de atividades que evidenciassem aspectos visuais dos conceitos matemáticos. Uma das atividades realizadas envolveu o uso do tangram para o ensino de noções de Geometria e identificação de figuras. A coleta de dados incluiu registros em caderno de campo, filmagens, entrevistas e documentos escritos.

O tangram foi utilizado em pesquisas que abrangem desde os anos iniciais e finais do Ensino Fundamental até o Ensino Médio, evidenciando, nos estudos de Sales (2013) e Jesus e Thiengo (2013), a importância dos recursos didáticos em atividades de Matemática, especificamente com o uso do tangram. Jesus e Thiengo (2013) apresentou uma experiência com alunos surdos e ouvintes, realizada em uma escola estadual oral e auditiva de Vitória (ES), com a participação de 20 estudantes, sendo 6 surdos e 14 ouvintes, todos do 8º ano do Ensino Fundamental. O objetivo do estudo foi relatar e propor reflexões sobre uma sequência didática que abordou o conteúdo de polígonos por meio do uso do tangram.

Rocha e Kawasaki (2016), Caldeira e Moita (2013), Silva, Carvalho e Silva (2016) e Mendes e Simões (2020) desenvolveram suas pesquisas com alunos do 9º ano do Ensino Fundamental. Os conteúdos abordados nos estudos foram diversos, contemplando cálculo de área, Geometria Espacial, triângulo retângulo, Teorema de Pitágoras e polígonos semelhantes.

Caldeira e Moita (2013) desenvolveram um estudo de cunho qualitativo com alunos surdos, com idades entre 15 e 28 anos, do 9º ano do Ensino Fundamental da Escola Estadual de Audiocomunicação de Campina Grande (EDAC). As atividades envolveram o ensino de Geometria, com foco no conteúdo de cálculo de área de superfícies poligonais regulares, utilizando recursos visuais. A proposta metodológica foi fundamentada na Teoria dos Construtos Pessoais de George Kelly, especialmente por meio do Corolário da Experiência e do Ciclo da Experiência Kellyana (CEK).

O objetivo do artigo foi “traçar caminhos voltados para a aprendizagem da Geometria, levando em consideração os construtos pessoais de cada indivíduo e como elaboram suas hipóteses, na tentativa de superar os obstáculos epistemológicos que fazem parte do processo” (Caldeira; Moita, 2013, p. 2).

Rocha e Kawasaki (2016) realizaram uma pesquisa de cunho qualitativo em uma escola pública de Belo Horizonte, com turmas exclusivas de alunos surdos e uma equipe composta por monitores surdos, intérpretes e professores fluentes em Libras. A turma participante era formada por quatro alunas surdas do 9º ano do Ensino Fundamental, com idades entre quatorze e dezoito anos. O conteúdo abordado em sala de aula incluiu tópicos de Geometria Espacial, como os conceitos de poliedros e não poliedros, a classificação dos poliedros em prismas e pirâmides, suas planificações e os conceitos de face, vértice e aresta.

Silva, Carvalho e Silva (2016) aplicaram três atividades de reconhecimento dos triângulos retângulos e do Teorema de Pitágoras com uma turma do 9º ano do Ensino Fundamental, composta por alunos surdos e ouvintes, utilizando a Teoria das Ações Mentais. A primeira atividade teve como intuito reconhecer os triângulos retângulos e seus elementos, verificando se eram polígonos com três lados e se possuíam um ângulo reto, ou seja, um ângulo de 90°. Também foram identificados os lados adjacentes ao ângulo reto como catetos, e o lado oposto, como hipotenusa. A segunda atividade consistiu na verificação da existência do ângulo reto, na identificação dos catetos e na construção de quadrados com peças de quebra-cabeça adjacentes a cada cateto. Por fim, na terceira atividade, foi proposta a generalização do Teorema de Pitágoras a partir da resolução de questões de vestibulares e do Enem.

As atividades foram realizadas com o uso de quebra-cabeças e de figuras planas confeccionadas com materiais manipuláveis coloridos, além da aplicação de questões relacionadas ao Teorema de Pitágoras. Logo, foi concluído “que o uso da Teoria das Ações Mentais proposta por Galperin pode contribuir para o aprendizado de surdos e ouvintes, tendo em vista que as etapas promovem atividades concretas e a materialização utiliza recursos visuais” (Silva; Carvalho; Silva, 2016, p. 8).

O texto de Mendes e Simões (2020, p. 1) teve como objetivo analisar se “uma atividade proposta com a abordagem por inquérito contribuiria para que estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental, de forma autônoma, conjecturassem sobre as características de polígonos semelhantes, bem como as interações desses alunos e os desafios enfrentados em sala”. Conforme Cavadas e Mestrinho (2018 *apud* Mendes; Simões, 2020, p. 3), o objetivo da aprendizagem baseada em inquérito “é permitir que os estudantes, por meio da atividade investigativa, desenvolvam reflexões, questionem a realidade, sejam criativos, elaborem hipóteses, definam procedimentos, façam análises e registros, e desenvolvam a capacidade de argumentar cientificamente”.

No artigo de Braga e Pontello (2013), não foi especificado o ano escolar da pesquisa, mas foi descrita uma experiência realizada em uma escola para pessoas surdas, localizada em Fortaleza (CE). O projeto interdisciplinar desenvolvido teve como tema a preservação ambiental e a sustentabilidade. Uma das atividades realizadas foi a construção de sólidos geométricos com recipientes reciclados, utilizando conhecimentos sobre área, volume e proporcionalidade.

Vianna *et al.* (2019) e Moreira *et al.* (2023) realizaram suas pesquisas com alunos dos anos iniciais e finais do Ensino Fundamental. Ambos os estudos utilizaram o mesmo material manipulável: um tabuleiro quadrado contendo 12 figuras geométricas, sendo elas: quatro triângulos pequenos, dois triângulos grandes, quatro quadrados pequenos, um quadrado médio e um quadrado grande. O objetivo do material foi possibilitar que o estudante surdo comparasse as áreas das figuras planas por meio da sobreposição.

O que diferenciou as duas pesquisas acima citadas foram os anos escolares das turmas participantes. Vianna *et al.* (2019) aplicaram uma atividade sobre figuras planas, especificamente o conceito de área de forma intuitiva, em turmas do 4º e do 6º ano no Instituto Benjamin Constant (IBC), com alunos cegos, e em turmas do 6º ano do Instituto Nacional de Educação de Surdos (INES), com alunos surdos. Os resultados mostraram que a dificuldade de conhecimento linguístico interferiu no desempenho dos alunos surdos, indicando que as atividades precisam ser adaptadas conforme o público-alvo. Já Moreira *et al.* (2023) aplicaram a pesquisa em três momentos: em 2018, em turmas do 3º e do 6º ano do Ensino Fundamental no INES; e, em 2019, no Instituto Benjamin Constant (IBC), com uma turma do 8º ano.

Em contrapartida, dando continuidade à discussão do mapeamento, os estudos de Caldeira, Sousa e Ananias (2013) e de Jesus e Thiengo (2018) tiveram como público-alvo alunos surdos dos anos finais do Ensino Fundamental, com a utilização de materiais concretos e jogos.

O artigo intitulado “*Do giro ao ângulo: uma experiência com alunos surdos bilíngues*”, escrito por Caldeira, Sousa e Ananias (2013), apresenta uma proposta metodológica que utilizou materiais concretos e jogos na aprendizagem do conceito de ângulo, com a participação de 12 alunos do 7º ano da Escola de Audiocomunicação (EDAC), da rede pública de ensino específica para surdos, localizada em Campina Grande.

Jesus e Thiengo (2018) propuseram analisar os novos significados atribuídos ao conceito de diagonais de um polígono convexo, sob a perspectiva dos mecanismos compensatórios de Vigotski, utilizando o geoplano. A pesquisa foi realizada com uma estudante surda do 8º ano do Ensino Fundamental. Nos resultados, constatou-se que “por meio de mecanismos compensatórios, tais como os elementos visuais, táteis, registros gráficos e orientação dialogada, a estudante surda conseguiu atribuir significado à fórmula para determinação do número de diagonais de um polígono convexo” (Jesus; Thiengo, 2018, p. 1).

Em síntese, dos 16 artigos analisados, um não apresentou o público da pesquisa e outro foi aplicado tanto nos anos iniciais quanto nos anos finais do Ensino Fundamental. Entre os demais, três pesquisas (18,75%) foram realizadas nos anos iniciais do Ensino Fundamental, oito (50%) nos anos finais do Ensino Fundamental e três (18,75%) no Ensino Médio.

Os estudos de Castro (2010) e Braga e Pontello (2013) utilizaram sólidos geométricos com alunos surdos, mas com abordagens distintas. Castro (2010) empregou sólidos geométricos em acrílico para planificar os sólidos de Platão, com o objetivo de identificar e classificar vértices, arestas e faces. Em contrapartida, Braga e Pontello (2013) desenvolveram a construção de sólidos geométricos com materiais recicláveis, possibilitando a aprendizagem de conceitos como área, volume e proporcionalidade.

Portanto, as dezesseis produções analisadas contribuem para o avanço dos estudos e pesquisas sobre o ensino e a aprendizagem da Geometria para alunos surdos. Identificamos a importância do uso de atividades lúdicas e visuais como estratégias para promover um ambiente educacional inclusivo e acessível a esses estudantes.

3.3.3 Discussões e considerações a partir do mapeamento

Das 31 publicações selecionadas, que incluem uma tese, sete dissertações, sete artigos em periódicos e dezesseis artigos apresentados em eventos, discutimos os principais aspectos evidenciados nessas pesquisas, contrastando-os com trabalhos de outros autores que investigam a surdez no contexto do ensino e da aprendizagem da Matemática.

No ensino de Matemática, “uma das maiores dificuldades que o docente encontra está na comunicação em sala de aula com os alunos, em virtude da ampla utilização de simbologia, seja ela própria da Matemática, seja própria da língua de sinais” (Miranda; Miranda, 2011, p. 32). Produções resultantes do mapeamento aqui discutido (Smolski, 2016; Melo; Santiago, 2022; Sales; Penteadó; Moura, 2015) confirmam essa dificuldade apontada por Miranda e Miranda (2011). Segundo Smolski (2016, p. 64), “[...] a falta de sinais na área de Exatas, como Matemática, Física e Química, faz com que os intérpretes e educadores utilizem classificadores ou a datilologia”.

No estudo de Melo e Santiago (2022), foi observado que os alunos surdos enfrentaram dificuldades no desenvolvimento das atividades propostas, devido à ausência de sinais específicos para determinados termos geométricos. Os autores afirmam que o desenvolvimento de metodologias, bem como o uso de glossários e aplicativos sinalizados, é de grande importância para que o estudante surdo se aproprie da Matemática. Outro problema apontado pelos autores refere-se à dificuldade de comunicação com os alunos em sala de aula. Nesse sentido, Melo e Santiago (2022, p. 53058) evidenciam a fala de um professor quanto à comunicação: “*Um desafio [...] Comunicação é a principal delas. E pensar em que tipos de matemática eles processam*”.

Os resultados da pesquisa de Sales, Penteadó e Moura (2015) também indicam a dificuldade de localizar sinais em Libras para determinados conceitos matemáticos. Os autores consultaram dois dicionários da língua de sinais e relataram que, em vários casos, não conseguiram encontrar um sinal adequado para nomear os conceitos abordados. No decorrer da pesquisa, foi identificado que “a ausência de sinais específicos, em Libras, para representar alguns elementos de Geometria, poderia ser um obstáculo para o processo de comunicação em sala de aula. No entanto, tal fato pareceu contribuir para o envolvimento dos alunos com a atividade proposta” (Sales; Penteadó; Moura, 2015, p. 1281).

Rocha e Kawasaki (2016), durante a realização de atividades de Geometria Espacial com alunas surdas do 9º ano do Ensino Fundamental, identificaram a ausência de sinais previamente estabelecidos em Libras. Diante disso, nos grupos compostos pelas alunas surdas, a professora e a intérprete passaram a estabelecer novos sinais. Um aspecto interessante observado foi que os sinais desenvolvidos em Libras precisavam refletir as características físicas dos objetos geométricos e suas propriedades.

Dialogando com as produções mencionadas, Bueno (2021, p. 55) afirma que, ao nos referirmos à linguagem matemática, “ainda há muitos termos que não possuem um sinal em Libras, situações que exigem, muitas vezes, que o intérprete negocie um novo sinal com os

surdos ou utilize datilografia para traduzir um determinado conceito que está sendo usado pelo professor”. Por isso, concordamos com Santos e Menezes (2023), quando afirmam que, na perspectiva inclusiva, o papel do intérprete de Libras é de suma importância, uma vez que esse profissional é valioso para intermediar a comunicação entre ouvintes e surdos.

Gonçalves (2021) relata a situação de uma aluna surda que, durante as aulas de Matemática, muitas vezes precisava escolher entre visualizar o que o professor fazia na lousa ou prestar atenção à tradução da intérprete. A experiência desenvolvida na pesquisa da autora possibilitou a atuação de um único profissional com conhecimentos em Libras e Matemática, o que, segundo a aluna, facilitou sua aprendizagem. A autora também afirmou que uma estudante surda do 1º ano do Ensino Médio, atendida no Atendimento Educacional Especializado (AEE), apresentava dificuldades para compreender o conceito e a aplicabilidade da área de figuras planas.

O fato de que a matemática possui uma linguagem própria, com termos que não estão consolidados em sinais específicos na Libras como logaritmo, matrizes, funções, particularmente porque a Libras ainda é uma língua que em construção, aliado ao conhecimento matemático superficial da maioria dos Intérpretes de Língua de Sinais, dificulta sobre maneira o ensino de matemática para surdos (Borges; Nogueira, 2013, p. 45).

Braga e Pontello (2013) apresentam outra dificuldade diagnosticada pela escola: a falta de concentração dos estudantes surdos. Toda comunicação exige deles uma atenção específica e o direcionamento do olhar; caso isso não ocorra, podem ocorrer episódios frequentes de desatenção e dispersão.

De modo geral, os alunos surdos enfrentam muitos desafios no espaço escolar. Zwan *et al.* (2016) apresentam o depoimento de um bolsista surdo participante de um projeto da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (campus de Santo Ângelo), o qual evidencia a dificuldade de comunicação com pais, professores e colegas de sala de aula.

Criança surdo, pai e mãe ouvir, comunicação dificuldade, não ter inclusão, família precisar aprender Libras, boa comunicação.

Surdo entrar escola, muita dificuldade, porque colegas, professora, não saber nada como comunicação, não sabe Libras. Professores falar e surdo não entender, professor não entender surdo, porque surdo usar Libras comunicação, e professor usar português, professor não entender surdo, por isso não ter comunicação, surdo não entender. Escola importante, vida surdo, porque surdo estudar, aprender, comunicar, contato pessoas ouvintes, ter inclusão.

[...] Surdo triste, não entender conteúdo, precisar pedir ajudar amiga, porque importante amigo saber Libras.

Hoje, importante surdo aprender significado palavra, mas ouvinte também precisar aprender Libras, poder ter comunicação, certo.

Surdo, ir faculdade, porque ter intérprete Libras, direito lei de inclusão depois, futuro formatura, começar trabalhar, ter salário certo (Zwan *et al.*, 2016, p. 3).

Gonçalves (2021), Braga e Pontello (2013) e Zwan *et al.* (2016) destacaram que a comunicação é uma das principais dificuldades enfrentadas pelos alunos surdos na aprendizagem de Matemática ou de qualquer outro conteúdo. Jesus e Thiengo (2018) propõem o planejamento em conjunto entre professor e intérprete como forma de melhorar a comunicação com o estudante surdo. Conforme os autores, é indispensável o planejamento compartilhado entre o professor de Matemática e o intérprete de Libras, pois esse trabalho em parceria pode facilitar a descoberta de mecanismos compensatórios que estimulem os surdos a construir significado para conceitos matemáticos.

É igualmente importante, para a construção do conhecimento dos alunos surdos, incentivá-los a expressar, por meio de sinais ou da linguagem escrita, o que sabem sobre o conteúdo ensinado, promovendo o diálogo. Do mesmo modo, recomenda-se o uso de materiais concretos como uma forma de reduzir a barreira comunicativa presente na sala de aula.

As produções selecionadas no mapeamento, aqui discutidas, evidenciam intervenções que podem ser realizadas para adaptar o saber geométrico ao saber a ser ensinado aos alunos surdos. Considerando as leituras, algumas dessas intervenções envolvem o uso de materiais didáticos, como tangram, *origamis*, compasso, transferidor, jogos, entre outros. Além disso, outras produções utilizaram recursos tecnológicos, como *softwares* e aplicativos educacionais, com o objetivo de favorecer o aprendizado do vocabulário utilizado na Geometria em Libras.

Por exemplo, a pesquisa de Caldeira, Sousa e Ananias (2013) foi organizada em cinco etapas. Inicialmente, os pesquisadores iniciaram a atividade apresentando aos alunos ilustrações de diferentes profissões cotidianas, a fim de que compreendessem as aplicações práticas do estudo de ângulos. No segundo momento, os alunos realizaram movimentos com um dos braços estendidos ao redor do tronco, seguindo comandos que indicavam números inteiros e fracionários; os alunos surdos representavam esses movimentos. No terceiro momento, foi solicitado que representassem os movimentos corporais em papel, utilizando o compasso; em seguida, receberam figuras poligonais para a leitura de ângulos com o transferidor. No quarto momento, foram abordados os tipos de ângulos por meio de dobraduras. Por fim, no quinto momento, foi proposto que os alunos construíssem o jogo denominado *Descobrendo Ângulos*, conforme ilustrado na Figura 3 (Caldeira; Sousa; Ananias, 2013).

Figura 3 – Jogo Descobrimdo ângulos confeccionados pelos alunos



Fonte: Caldeira, Sousa e Ananias (2013, p. 8).

A partir da intervenção discutida, observa-se o uso de atividades interativas com os alunos surdos, utilizando materiais didáticos no ensino de ângulos. Em cada etapa da aplicação das atividades, nota-se uma construção gradual do conceito, iniciando-se com o reconhecimento de representações no cotidiano e culminando na apresentação dos diferentes tipos de ângulos. Após a aquisição do conhecimento teórico, os alunos tiveram a oportunidade de aplicar o que aprenderam por meio da construção de um jogo, reforçando, assim, a compreensão prática dos conceitos estudados.

Os artigos de Braga e Pontello (2013) e Rocha e Kawasaki (2016) mostraram intervenções realizadas para o ensino do conteúdo de sólidos geométricos por meio de diferentes abordagens. Na pesquisa de Braga e Pontello (2013), a primeira atividade foi organizada em três etapas. Inicialmente, os alunos foram apresentados a sólidos geométricos de acrílico, com o objetivo de reconhecer seus nomes e identificar seus elementos, visando à familiarização com as formas espaciais. Em seguida, a turma foi dividida em equipes, sendo solicitado que escolhessem três sólidos para estudar suas propriedades, como faces, arestas e vértices, e as relações entre elas. Por fim, os alunos encenaram uma apresentação teatral, expondo os sólidos geométricos que haviam estudado. Após a apresentação, foi realizado um debate para esclarecer dúvidas e curiosidades.

Rocha e Kawasaki (2016) propõem uma sequência de atividades envolvendo a construção de materiais e a realização de tarefas no papel.

- (i) Construção de sólidos geométricos utilizando massinha de modelar;
- (ii) Fazendo o contorno das faces dos sólidos no papel;
- (iii) Atividade impressa: Sistematização dos conceitos de poliedros e não poliedros, relacionar cada sólido à sua planificação, distinguir prismas e pirâmides;
- (iv) Nomenclaturas e classificações dos sólidos;
- (v) Reprodução da planificação do tetraedro utilizando régua e compasso;
- (vi) Representação bidimensional dos sólidos geométricos no papel;
- (vii) Atividade impressa: reconhecer faces, arestas e vértices nas representações 2D dos sólidos;
- (viii)

Atividade impressa: conceitos e nomes em jogo de palavras cruzadas; (ix) Atividade virtual: explorando sólidos em um aplicativo da internet; (x) Construindo esqueletos dos poliedros; (xi) Construção de uma tabela com figuras dos sólidos, nomenclaturas e suas características (Rocha; Kawasaki, 2016, p. 5).

Já em Braga e Pontello (2013), a primeira intervenção concentrou-se no reconhecimento dos sólidos geométricos, propondo que os alunos pesquisassem os conceitos fundamentais de cada objeto e os apresentassem em sala de aula. Em contraste, a intervenção de Rocha e Kawasaki (2016) teve início com a construção dos sólidos geométricos, sendo posteriormente desenvolvidas atividades no papel, como desenho e escrita, com o objetivo de favorecer o reconhecimento dos conceitos e a identificação dos nomes das figuras espaciais.

Ao observar os aspectos da Geometria que podem facilitar a aprendizagem de alunos surdos, com base nas produções selecionadas no mapeamento e nas leituras que discutem essa temática, identificamos o uso de diversos materiais didáticos e recursos tecnológicos no ensino da Geometria, destacando-se o elemento visual como um dos principais facilitadores do desenvolvimento da aprendizagem dos alunos surdos.

Os resultados das entrevistas realizadas com professores, na pesquisa de Smolski (2016), destacam a importância do uso intensivo de recursos visuais, como materiais didáticos concretos, no apoio à aprendizagem de alunos surdos. Um dos professores entrevistados observa que os materiais didáticos disponíveis são, em sua maioria, elaborados para estudantes ouvintes, o que exige adaptações para atender às necessidades dos estudantes surdos. Tal constatação revela a dificuldade em encontrar materiais específicos para esse público, ainda que não se afirme a inexistência total desses recursos.

Os resultados de Nunes (2020) e Jesus (2014) também evidenciam que as suas alunas surdas conseguiram aprender os conteúdos propostos da Geometria com mais facilidade, por meio de atividades lúdicas e materiais didáticos. De forma complementar, Nunes (2020) reitera a importância da utilização de materiais manipuláveis e do ensino simultâneo de Libras, para facilitar a interação entre alunos ouvintes e surdos.

Como orientam Sales, Penteado e Moura (2015), é de grande importância, para o aprendizado dos alunos surdos, a utilização de atividades pedagógicas que combinem ilustrações, diagramas e informações escritas. Por isso, os autores utilizaram propostas de tarefas que privilegiam os aspectos visuais do conteúdo a ser ensinado.

De acordo com Melo e Santiago (2022, p. 7), “a visualização e interação com materiais manipuláveis pode potencializar uma transição do informal para o formal, e por isso é essencial partir do concreto para o abstrato e, do abstrato para o concreto, enriquecendo assim o processo da aprendizagem a partir desta experiência tátil”. Os autores afirmam que “para o aluno surdo

é de extrema importância o uso de recursos visuais para a promoção da aprendizagem de matemática” (Melo; Santiago, 2022, p. 2).

Smolski *et al.* (2020) realizaram uma entrevista estruturada com professores de matemática, sendo quatro ouvintes e uma surda oralizada. Todos os entrevistados relataram que utilizam recursos visuais e concretos, partindo de situações em que o aspecto visual é o principal meio de aprendizagem, levando em consideração a falta de audição dos alunos.

Sales (2013) constatou a importância da utilização dos recursos visuais nas atividades de matemática, para que os estudantes surdos possam visualizar, discutir e compreender os conceitos dos sinais específicos da matemática em Libras. Braga e Pontello (2013, p. 5) afirmam que “[...] para que possa ser construída uma metodologia eficaz, é necessária a utilização de recursos visuais e manipuláveis, correlacionando-os com a realidade do grupo envolvido”. Já Caldeira (2013) observou, em sua pesquisa, que, além do uso de materiais manipuláveis, é preciso empregar, sempre que possível, a Libras, materiais visuais, mímicas e outros recursos conectados a situações reais do cotidiano.

As pesquisas discutidas acima mostram que o uso de materiais didáticos e a visualização são importantes para facilitar a aprendizagem dos alunos surdos. De acordo com Sales (2004), o elemento visual é um dos principais facilitadores da aprendizagem para alunos surdos. Assim, estratégias metodológicas na educação devem priorizar recursos visuais, que promovem o pensamento, a criatividade e a língua visoespacial.

As tecnologias também foram utilizadas com o intuito de proporcionar uma experiência visual para os alunos surdos. Antunes (2020), ao implementar e aplicar uma formação continuada com a utilização do *software GeoGebra* para professores de matemática que trabalham com estudantes surdos do Ensino Médio, apresentou resultados positivos. Os participantes reconheceram o potencial da visualização proporcionada pelo *GeoGebra* e expressaram motivação para implementar essa tecnologia no ensino da Geometria, tanto para estudantes surdos quanto para ouvintes, em suas aulas.

Silva (2020), a partir da criação de um aplicativo chamado “Sinalário Bilíngue” para o conteúdo de Geometria em Libras, afirma que a experiência visual da pessoa surda, com o uso de formas geométricas no cotidiano, pode ajudar a superar o medo tradicionalmente relacionado ao aprendizado da matemática por esses alunos.

Outro fator relevante que identificamos na literatura acadêmica foi que os alunos surdos demonstram maiores facilidades ao serem avaliados em Geometria, em virtude de suas particularidades visuais, do que em relação aos assuntos algébricos (Kritzer; Pagliaro, 2013; Costa; Borges; Silveira, 2019). Dessa forma, consideramos que nossa proposta, na tese, de

desenvolvimento de um jogo digital focado no conteúdo geométrico poderá auxiliar na compreensão de outros temas matemáticos, especialmente por meio da visualização. Conforme salientado por Costa, Borges e Silveira (2019, p. 141), “os conhecimentos geométricos abrem portas para que os alunos surdos possam compreender outros assuntos matemáticos considerados mais abstratos, como, por exemplo, a Álgebra”.

Algumas discussões que tiveram destaque no decorrer das pesquisas aqui discutidas foram a utilização da ludicidade, por meio de jogos, *origamis* e materiais concretos e manipuláveis, além das tecnologias digitais. Segundo Braga e Pontello (2013, p. 12), “ensinar matemática de forma lúdica e contextualizada facilita o processo de aprendizagem e, conseqüentemente, a formação de uma mente crítica, politizada e ativa”.

A partir da discussão anterior, conseguimos concluir que os estudos investigados mostram que os alunos surdos aprendem os conteúdos da Geometria com mais facilidade quando há o uso de materiais didáticos, *softwares* e atividades que enfatizam a visualização e a manipulação de objetos geométricos. “Um fator preponderante na aprendizagem dos alunos surdos é que o professor seja proficiente na Libras, domine os conteúdos matemáticos e a língua portuguesa, para que possa fazer uso deles como facilitador da aprendizagem” (Caldeira; Sousa; Ananias, 2013, p. 9).

Conforme a leitura das trinta e uma produções selecionadas no mapeamento, identificamos que existe uma carência na formação inicial e continuada de professores para trabalhar Geometria com alunos surdos. Henrichsen, Roncaglio e Marchezan (2023) verificaram, por meio dos *feedbacks* dos futuros professores, que há indícios de insegurança e medo de ensinar para alunos cegos e surdos, em virtude da falta de preparação durante a trajetória acadêmica. Melo e Santiago (2022), a partir da aplicação de um questionário com cinco professores de matemática que ensinam alunos surdos no Instituto Federal, evidenciam a necessidade de uma formação continuada diferenciada no ambiente educacional e a ampliação das reflexões teórico-metodológicas sobre Educação Inclusiva na escola e na sociedade. Portanto, ressaltamos que as formações iniciais e continuadas são essenciais para que os professores estejam preparados para ensinar alunos surdos, utilizando metodologias adequadas a esse público.

Concluimos o subcapítulo destacando a carência de pesquisas sobre o uso de jogos digitais no ensino e na aprendizagem de Geometria para alunos surdos, evidenciada pelo fato de que nenhuma das 31 publicações revisadas tratou desse tema.

4 JOGOS DIGITAIS: CONCEITOS E SEUS DESDOBRAMENTOS

Iniciamos o capítulo conhecendo a história por trás dos videogames, mostrando, assim, as raízes que deram início à abordagem educacional da aprendizagem baseada em jogos digitais, desenvolvida por Prensky (2012). Realizamos um breve resumo do contexto histórico do livro “*O Desenvolvimento de Games*”, do autor Novak (2010), com o intuito de expor ao leitor um pouco da história e das transformações tecnológicas que moldaram a indústria de jogos digitais.

O setor de *games* começou a se desenvolver em dois segmentos paralelos a partir da década de 1950. Inicialmente, os jogos eletrônicos eram acessados principalmente por pesquisadores vinculados a universidades, laboratórios, instalações militares e empresas fornecedoras de tecnologia para a defesa. Eles eram utilizados em bases militares para que os recrutas se distraíssem do rigor do treinamento. Em 1951, Marty Bromley, responsável por cuidar das salas de jogos em bases militares no Havaí, comprou máquinas eletromecânicas e lançou a SEGA (uma abreviação de *SErvice GAmes*, que, em português, traduzimos como “Jogos de Serviço”), transformando-se no setor de máquinas de jogos operadas por moedas, que teve grande crescimento na década de 1970 (Novak, 2010).

Novak (2010) afirma que o segundo segmento surgiu a partir de estudantes, professores, programadores e pesquisadores de instituições acadêmicas e governamentais, que, devido ao excesso de trabalho noturno, transformavam seus computadores *mainframe* em máquinas de jogos para relaxamento das tarefas de pesquisa. Esse ramo específico da indústria de jogos eletrônicos recebeu um impulso significativo durante a revolução dos computadores pessoais. Foi nesse período que a indústria de jogos para computador deu seus primeiros passos, marcando o início de uma nova era no cenário dos jogos digitais.

Os jogos digitais passaram a se tornar acessíveis ao público por meio das casas de fliperama, com máquinas de pinball eletromecânicas. Esse setor, nos Estados Unidos, atingiu seu auge em 1981, com uma receita de 5 bilhões de dólares e mais de 75 mil horas gastas pelos norte-americanos jogando videogames. No entanto, no ano seguinte, o segmento sofreu uma queda da qual nunca se recuperou. No final da década de 1970, o setor de consoles domésticos começou a se consolidar por meio da venda direta ao consumidor, o que levou os videogames comerciais a migrarem para as residências na forma de consoles acessíveis. Esses sistemas utilizavam o aparelho de televisão como monitor e competiam no mercado de maneira semelhante à observada atualmente, com empresas como *Sony (PlayStation)*, *Microsoft (Xbox)* e *Nintendo (GameCube)* (Novak, 2010).

Nesse mesmo período, os computadores pessoais passaram a integrar os lares, e os jogos antes desenvolvidos como passatempo por estudantes universitários foram adaptados e inseridos nesses dispositivos (Novak, 2010). Segundo o autor, no início da década de 1980, houve um declínio no setor de videogames. Esse mercado, no entanto, se recuperou e, por volta dos anos 2000, iniciou-se uma disputa entre as desenvolvedoras *Sony*, *Microsoft* e *Nintendo* pelo domínio do mercado de consoles.

Atualmente, com o avanço da *internet* e dos celulares, os jogos digitais vêm ganhando cada vez mais espaço na vida das pessoas, por meio do acesso a plataformas como a *Steam* e lojas de aplicativos. Os jogadores, além de terem a facilidade de acessar os jogos na palma da mão, contam com plataformas que oferecem uma diversidade de opções, com diferentes objetivos e temas, adaptadas às preferências dos usuários e aos seus dispositivos. Por exemplo, a *Steam* é uma plataforma utilizada para comprar, baixar e acessar jogos de computador. Já as lojas de aplicativos em dispositivos móveis, como a *App Store*, para *iOS*, e a *Google Play Store*, para *Android*, são utilizadas para a aquisição de jogos digitais em *smartphones* e *tablets*. Com isso, compreendemos que os videogames já fazem parte do entretenimento cotidiano das pessoas, seja por meio de consoles, computadores ou celulares. É por isso que “[...] a indústria de jogos digitais ocupa, hoje, o segundo lugar entre os negócios de entretenimento no mundo, perdendo apenas para a TV e ultrapassando, em muito, o cinema e o editorial” (Statista, 2022, *apud* Fortim, 2022, p. 13).

Historicamente, os jogos têm sido empregados como fonte de entretenimento, escape e diversão. No entanto, sua percepção na sociedade divide opiniões quanto ao seu uso e potencial: muitas pessoas os consideram como algo positivo, enquanto outras os veem de forma negativa. Por um lado, pesquisas discutem os jogos como uma maneira saudável de relaxar e exercitar habilidades cognitivas (Van Eck, 2006, 2015; McGonigal, 2012). Por outro, também existem preocupações quanto ao excesso de tempo dedicado aos jogos, ao potencial vício em tecnologias e às críticas relacionadas aos jogos violentos e sua possível influência no comportamento agressivo de jovens (Boyle; Connolly; Hainey, 2011).

Contudo, algumas pesquisas, como a de Alves (2009, n.p.), ressaltam que “[...] a interação com cenas e imagens promotoras de tais sentimentos não resulta, necessariamente, na repetição mecânica destes afetos no cenário social, mas na ressignificação destas emoções em um espaço previamente definido, sem atingir os semelhantes”. Petry (2017) faz um apontamento semelhante,

Nesse sentido, tanto a academia como a indústria têm a tarefa de compreender o mais profundamente possível esse objeto digital e delinear os seus contornos progressivos e mutantes. Mas como entender a sua relevância no panorama da sociedade pós-moderna? Do ponto de vista do sujeito consumidor (aquele que utiliza jogos, dispendendo ou não dinheiro comprando um jogo), um jogo tem muitos aspectos, desde a oportunidade de entretenimento, de lazer, que tem por finalidade o escoamento de tensões e a suspensão provisória da realidade fática, como outro lazer qualquer, até uma associação emocional e cultural com a temática ou o conteúdo do jogo, uma oportunidade de autodescoberta e de aprimoramento de habilidades (Petry, 2017, p. 33).

A seguir, apresentamos uma discussão sobre as potencialidades dos jogos sob uma perspectiva digital. Assim, abordamos a compreensão das perguntas: “O que é um jogo digital?” e “Quais são suas características?”. Para isso, foi necessário, primeiramente, explorar o significado da palavra “jogo” e, em seguida, relacioná-la ao ambiente em que o jogo se desenvolve. Contudo, definir “jogo” é uma tarefa filosófica. De fato, quando nos perguntamos “O que é um jogo?”, na maioria das vezes paramos para refletir e, em vez de chegarmos a uma definição única e objetiva, apresentamos ideias baseadas em nossas experiências sociais, psicológicas e culturais, bem como nas características e elementos que reconhecemos nos jogos.

Segundo Petry (2017), é necessário compreendermos o conceito de jogo em si, uma vez que o jogo digital é um caso particular desse conceito, e pode ser reduzido a ele. O objeto “jogo digital” está incluído em um conceito que o precede, tanto histórica quanto tematicamente, cuja origem remonta formalmente às discussões dos filósofos pré-socráticos.

Por isso, Boller e Kapp (2018) afirmam que definir o que é um jogo não é uma tarefa simples e sugerem, em seu livro *“Jogar para aprender: tudo que você precisa saber sobre o design de jogos de aprendizagem eficazes”*, um espaço para que o leitor reflita e construa sua própria definição. Em seguida, os autores apresentam suas concepções sobre o que caracteriza um jogo, definindo-o como uma atividade que possui alguns elementos em comum: um objetivo a ser alcançado, desafios a serem superados, regras que orientam o caminho para atingir esse objetivo, interatividade com outros jogadores ou com o ambiente virtual, além de mecanismos de *feedback* que possibilitam uma avaliação clara do desempenho do jogador, culminando em resultados mensuráveis capazes de evocar respostas emocionais.

Em uma discussão filosófica, Huizinga (2019, p. 8–9), autor de *Homo Ludens*, cujo título pode ser traduzido como “Homem Lúdico”, apresenta o jogo como “[...] uma função do ser vivo, mas não é passível de definição exata em termos lógicos, biológicos ou estéticos”. De acordo com o autor, o jogo desempenha um papel primordial no desenvolvimento da cultura humana, indo além do mero entretenimento e permeando diversas esferas da vida, como a arte,

a religião e a linguagem. A capacidade de se engajar em atividades lúdicas e simbólicas favorece o progresso cultural e está intrinsecamente ligada ao desenvolvimento da sociedade.

Segundo Huizinga (2019) jogo é

[...] uma atividade ou ocupação voluntária, exercida dentro de certos e determinados limites de tempo e espaço, segundo regras livremente concedidas, mas absolutamente obrigatórias, dotado de um fim em si mesmo, acompanhado de um sistema de tensão e de alegria e de uma consciência de ser diferente da “vida cotidiana” (Huizinga, 2019, p. 35–36).

Nessa perspectiva, ao tratarmos da definição de *games* e seus sinônimos, como jogos digitais e jogos eletrônicos, observamos muitos elementos em comum com a definição supracitada. O que realmente diferencia uma nomenclatura da outra é a compreensão de que estamos nos referindo a jogos que envolvem a interação do jogador com um sistema de computador ou dispositivo eletrônico. Segundo Coutinho (2017), a imersão no mundo da ficção e a interação são duas características fundamentais em qualquer jogo, sendo ainda mais predominantes nos jogos digitais.

Schuyttema (2008, p. 7) mostra uma definição sobre jogo eletrônico interativo (*game*), a saber:

As regras e o universo do *game* existem para proporcionar uma estrutura e um contexto para as ações de um jogador. As regras também existem para criar situações interessantes com o objetivo de desafiar e se contrapor ao jogador. As ações do jogador, suas decisões, escolhas e oportunidades, na verdade, sua jornada, tudo isso compõem a “alma do game. A riqueza do contexto, o desafio, a emoção e a diversão da jornada de um jogador, e não simplesmente a obtenção da condição final, é que determinam o sucesso do *game*.

Nesse contexto, observamos que as regras são elementos fundamentais nas definições de jogo apresentadas por todos os autores supracitados. Segundo Huizinga (2019), as regras desempenham um papel de suma importância no contexto do jogo, uma vez que cada jogo depende intrinsecamente de suas próprias regras. São justamente essas diretrizes que delimitam o que é permitido no âmbito do jogo, estabelecendo os limites e as possibilidades dentro desse universo.

Os jogos digitais são variados em termos de gênero, estilo e mecânicas de jogabilidade. De acordo com Novak (2010, p. 96), “[...] os gêneros dos games são categorias baseadas em uma combinação de tema, ambiente, apresentação/formato na tela, perspectiva do jogador e estratégia de jogo”. Os gêneros dos jogos podem ser: ação, simulação, aventura, ação-aventura, cassino, quebra-cabeça, *games* de representação de papéis (RPG), simulação, estratégia, jogos online multijogador massivos, entre outros. Por exemplo, o gênero de ação tem como objetivo

destruir rapidamente o inimigo e proteger-se para não “perder a vida” no jogo. Dentro dessa categoria, existem subgêneros, como os *games* de plataforma (primeiros *games* de fliperama e consoles mais recentes), *games* de tiro, de corrida e de luta (Novak, 2010). No quadro a seguir, exibimos algumas características dos gêneros dos *games* segundo Novak (2010).

Quadro 1 – Característica dos gêneros dos *games*

Gêneros	Características
Aventura	As características dos <i>games</i> de aventura incluem exploração, coleta de itens, solução de quebra-cabeças, orientação em labirintos e decodificação de mensagem.
Ação-aventura	Um gênero híbrido que requer do jogador reflexos rápidos para movimentar seu personagem para desviar de inimigos e combatê-los, já o componente de aventura adiciona ao jogo quebra-cabeças conceituais e elementos de narrativa ao <i>game</i> .
Cassino	Possui características de jogos de azar em versões eletrônicas como roleta, dados e máquinas caça-níqueis.
Quebra-cabeça	Possui narrativa mínima e na maioria dos <i>games</i> é um jogo para um jogador e é jogado em tempo real com o objetivo de solucionar um problema ou uma série de problemas sem ser preciso controlar um personagem.
<i>Games</i> de Representação de Papéis (<i>RPG</i>)	Sua narrativa é fundamental nesse jogo. Os temas dos <i>RPGs</i> normalmente são baseados em “salvar o mundo”.
Simulação	Possui três tipos subgênero que são: simulação de veículos; simulação de processos (construção e administração); e simulação esportivas e participativas. Esses jogos tentam reproduzir sistemas, máquinas e experiências usando regras do mundo real.
Estratégia	Os <i>games</i> de estratégia originaram-se dos jogos clássicos de tabuleiro, como xadrez e tem o objetivo de apresentar ao jogador um conjunto limitado de recursos para atingir uma meta específica.
<i>Games online</i> multijogadores massivos	Possui uma grande interação social na imersão do jogo, criando-se uma grande comunidade com um mundo virtual disponível 24 horas e não termina a jogada quando um jogador se desconecta do <i>game</i> . A produção de conteúdo deve ser contínua e que haja mudança periodicamente para manter o interesse dos jogadores nesse ambiente.

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Logo, cada jogo, de acordo com o seu gênero, possui um público-alvo específico, e essa variedade possibilita uma experiência diversificada e personalizada para os jogadores. A segmentação em gêneros permite que os desenvolvedores atendam a diferentes preferências e estilos de jogo, criando uma ampla gama de opções de entretenimento digital.

De modo geral, ao desconsiderar as diferenças de gênero e as complexidades tecnológicas, McGonigal (2012) destaca quatro características que definem um jogo: a presença de metas, regras, um sistema de *feedback* e a participação voluntária. O autor ressalta, ainda, que elementos como interatividade, gráficos, narrativa, recompensas, competitividade e ambientes virtuais são comuns em muitos jogos atuais, mas não são suficientes para defini-los.

Com base nas perspectivas dos autores citados, desenvolvemos nossa própria definição de jogo digital. Nossa concepção compreende o jogo digital a partir de cinco características fundamentais: objetivo, regras, *feedback*, participação voluntária, narrativa e desafio. Assim, definimos o jogo digital como uma atividade lúdica que se desenvolve em ambientes digitais, como dispositivos móveis, consoles e computadores. Esses jogos são caracterizados pela incorporação de regras estruturadas, narrativa, *feedback*, objetivos e desafios cativantes. Por meio dessa interseção de elementos, os jogadores são conduzidos a participar voluntariamente de experiências emocionais diversificadas.

Inserimos a narrativa e os desafios como características fundamentais porque são alguns dos critérios que motivam as pessoas a participar e se envolver com o jogo. Santos (2018) apresenta esses elementos da seguinte forma: a narrativa ocorre quando o jogo possui um enredo atrativo que desperta e engaja o desejo do jogador em interagir com ele. Já os desafios podem ser apresentados em uma escala gradativa de dificuldade: fácil, intermediária e difícil.

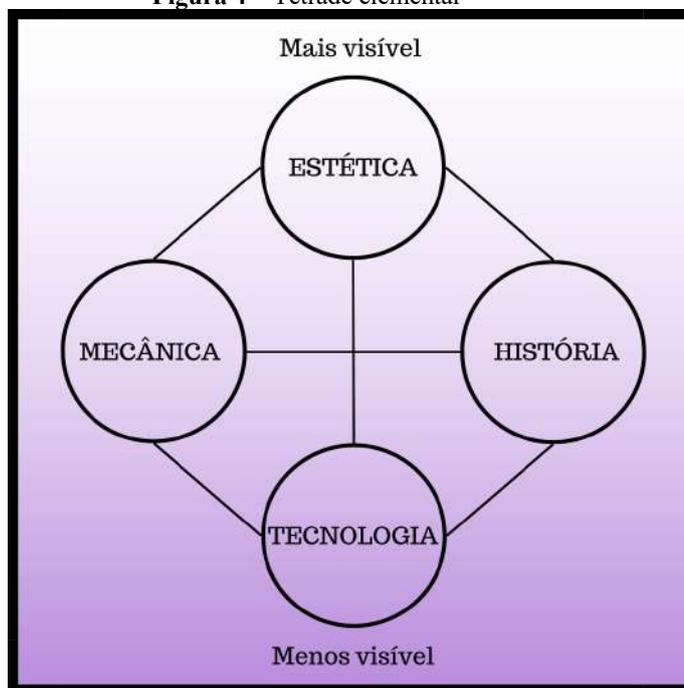
Consideramos que o desafio é inevitável no jogo, pois não apenas acrescenta complexidade e profundidade, mas também satisfaz a necessidade humana de superação e realização. Os jogos incentivam os jogadores a se envolverem mais profundamente, explorarem novas estratégias e desenvolverem suas habilidades, tornando-se uma experiência envolvente e gratificante em diversos níveis. Como afirma McGonigal (2012), as pessoas estão fugindo da realidade e buscando refúgio em ambientes digitais, nos quais podem enfrentar desafios emocionantes e recompensadores. Os desafios dentro de um jogo fornecem não apenas entretenimento, mas também a sensação de conquista e progresso, que são intrinsecamente motivadores.

Para que o referido envolvimento seja possível, é necessário atentar para o *design* do jogo. De modo geral, é preciso contemplar os elementos básicos que formam um jogo, apresentados por Schell (2011) e intitulados pelo autor como tétrede elementar, a saber: mecânica, narrativa, estética e tecnologia. Segundo o autor, a mecânica refere-se aos procedimentos e às regras do jogo, enquanto a narrativa corresponde à sequência de eventos que se desdobram ao longo da partida. A estética está relacionada à aparência, aos sons e às sensações proporcionadas pelo jogo. A tecnologia, por sua vez, diz respeito aos materiais e às interações que tornam o jogo possível.

Como mostrado na Figura 4, nenhum dos elementos da tétrede é mais importante do que os demais. Ela é organizada na forma de um losango, não para indicar qualquer hierarquia de importância, mas para ilustrar o chamado “gradiente de visibilidade”, o qual aponta que os elementos tecnológicos tendem a ser os menos perceptíveis para os jogadores, enquanto os

estéticos são os mais evidentes. A mecânica e a narrativa, por sua vez, ocupam uma posição intermediária (Schell, 2011).

Figura 4 – Tétrade elementar



Fonte: Schell (2011, p. 42).

Para Boller e Kapp (2018, p. 19), os elementos do jogo são “[...] as características ou os componentes que realçam a experiência de jogar e ajudam a fazer com que os jogadores se sintam imersos nessa experiência”. Alguns elementos comuns nos jogos, como a narrativa, os desafios e o *feedback*, podem criar momentos consolidados e irresistíveis à medida que os jogadores se envolvem na experiência proposta.

Para o autor, na definição de um jogo, há elementos a serem considerados e verificados, tais como: objetivo, desafio, regras, interatividade, ambiente do jogo, mecanismos de *feedback*, resultados mensuráveis e reação emocional. Dessa forma, Boller e Kapp (2018) listam e definem outros elementos comuns nos jogos, como mostra o Quadro 2 a seguir.

Quadro 2 – Elementos comuns nos jogos

ELEMENTOS
Estética: a aparência (o aspecto visual) e as várias partes do jogo.
Sorte: elementos incluídos para equalizar a experiência, adicionar um componente de surpresa ou atrapalhar os jogadores. Itens de acaso podem ser úteis; também podem ser não intencionais.
Competição: os jogadores se opõem uns aos outros, tentando obter vantagens;
Conflito: um obstáculo que o jogador precisa superar, algo que precisa ser conquistado; algo que visa criar um senso de urgência.
Cooperação: os jogadores trabalham juntos para atingir um objetivo ou, pelo menos, administrar um desafio dentro do jogo.
Níveis: um jogo pode ser organizado em níveis para permitir que jogadores passem de novatos a mestres, ou que indivíduos com graus de experiência distintos disputem um mesmo jogo. De maneira típica, a existência de níveis indica a progressão de dificuldade no jogo.
Recursos: são bens como dinheiro ou objetos que ajudam um jogador a obter vantagem. Normalmente os recursos são adquiridos ou perdidos ao longo do jogo, sendo que alguns recursos são fornecidos no início.
Recompensas: são obtidas pelos jogadores com base em seu desempenho; também podem ser obtidas na finalização (de etapas, tarefas).
História: a narrativa por trás do jogo, que elabora o tema e estabelece a razão para alguém jogá-lo.
Estratégia: Elementos incluídos para forçar o jogador a analisar e considerar várias opções. Eles dão ao indivíduo grande controle sobre o resultado do jogo.
Tema: cenário do jogo. Um tema pode ser "sobreviver no espaço", "lutar contra zumbis" ou "tornar-se um pistoleiro no Oeste Selvagem".
Tempo: num jogo, o tempo pode ser comprimido (algo que poderia levar horas ou dias acaba levando minutos), servir como recurso a ser ganho ou perdido pelo jogador ou simplesmente não representar um fator no jogo. Ele também pode integrar o objetivo do jogo, quando o jogador precisar correr contra o tempo para ganhar.

Fonte: Boller e Kapp (2018, p. 20).

Cada um desses elementos desempenha um papel determinante na experiência do jogador, contribuindo para a complexidade e profundidade dos jogos, seja influenciando a dinâmica do jogo, criando um ambiente desafiador ou fornecendo um contexto narrativo. Um ponto de convergência entre os elementos propostos por Boller e Kapp (2018) e Santos (2018) é a ênfase na cooperação. Enquanto Boller e Kapp (2018) consideram a cooperação um elemento-chave para atingir o objetivo do jogo, Santos (2018) a apresenta como situações que despertam a prática colaborativa, ou seja, momentos em que o jogo cria um ambiente de troca de informações e interação entre os jogadores. O Quadro 2, acima, proporciona uma visão abrangente dos componentes que os jogos podem envolver, enfatizando sua diversidade e a variedade de maneiras pelas quais podem ser projetados para cativar e envolver os jogadores.

Em meio a todos esses elementos, as características que formam o conceito de jogo digital - (1) liberdade, (2) regras, (3) produção de um estado de ânimo, (4) capacidade de modificação de regras durante o processo do jogo, (5) a possível existência de elementos antagônicos (conflitos) que estimulem os jogadores a superá-los, (6) objetivos intrínsecos ao jogo ou formulados pelos jogadores, (7) a circunscrição de pontos de partida e pontos de final do jogo, bem como (8) a possibilidade da tomada de decisões por parte do jogador - formam também uma estrutura ontológica que torna o jogo digital um objeto singular na cultura contemporânea, tal como se ele fosse uma espécie de condensado de seus elementos, às vezes, negativos, mas, em sua maioria esmagadora, positivos e indicativos da riqueza e grandiosidade do Homo ludens (Petry, 2017, p. 40).

Os jogos digitais oferecem uma experiência de entretenimento e aprendizado excepcionalmente rica, em razão da ampla variedade e da profundidade das características que os compõem. Nesse contexto, de acordo com McGonigal (2012, p. 37), os jogos despertam emoções positivas, pois “[...] um jogo é a oportunidade de focar nossa energia, com um otimismo incansável, em algo no qual somos bons (ou no qual nos tornamos melhores) e apreciamos”.

Segundo Prensky (2012), o que torna os videogames e jogos de computador envolventes para centenas de milhões de pessoas é o fato de que eles proporcionam emoções e sensações como satisfação, prazer, envolvimento intenso, estrutura, motivação, algo a ser feito, fluxo, aprendizagem, gratificação para o ego e adrenalina, além de estimularem a criatividade e possibilitarem a formação de grupos sociais.

Essa motivação relacionada à realização e à superação no jogo é um dos elementos que cativa os jogadores a permanecerem engajados. Dessa forma, o interesse pelos jogos digitais é influenciado por uma variedade de fatores. Prensky (2012) explora e destaca diversas razões pelas quais os jogos têm a capacidade de capturar nossa atenção:

Jogos são uma forma de diversão, o que nos proporciona prazer e satisfação.
 Jogos são uma forma de brincar, o que faz nosso envolvimento ser intenso e fervoroso.
 Jogos têm regras, o que nos dá estrutura.
 Jogos têm metas, o que nos faz agir.
 Jogos são interativos, o que nos faz agir.
 Jogos têm resultados e *feedback*, o que nos faz aprender.
 Jogos são adaptáveis, o que nos faz seguir um fluxo.
 Jogos têm vitórias, o que gratifica nosso ego.
 Jogos têm conflitos/competições/ desafios/oposições, o que nos dá adrenalina. Jogos envolvem a solução de problemas, o que estimula nossa criatividade.
 Jogos têm interação, o que nos leva a grupos sociais.
 Jogos têm enredo e representações, o que nos proporciona emoção (Prensky, 2012, p. 156).

Assim, os jogos têm o potencial de despertar emoções positivas e ativar diversos sistemas neurológicos e fisiológicos humanos que estão na base da felicidade, tais como os

sistemas de atenção, o centro de recompensas, o sistema de motivação, e os centros de emoção e memória (McGonigal, 2012).

Os jogos digitais têm o poder de evocar emoções distintas e, nesse contexto, podem ser classificados em duas categorias principais: os jogos de entretenimento, concebidos com o propósito primordial de proporcionar diversão ao jogador, e os jogos sérios, também chamados de “jogos de aprendizagem”, “jogos educacionais” ou “jogos instrucionais”, que “são destinados a ajudar os jogadores a desenvolver novas habilidades e novos conhecimentos, ou reforçar os já existentes” (Boller; Kapp, 2018, p. 40).

Conforme o *Mapeamento da Indústria Brasileira e Global de Jogos Digitais*, os *serious games*¹ se destacam em diversos segmentos, abrangendo áreas como educação, saúde, formação profissional, defesa e *advergames*. A aplicação e o impacto desses jogos se ampliam ainda mais por meio das cinco categorias apresentadas a seguir:

Jogos Digitais Educacionais (JDE), considerados apenas os que tiverem como público a educação básica e a educação superior;

Jogos Digitais para a Saúde (JDS), que se destinam a auxiliar a saúde e o bem-estar. Os objetivos dos jogos podem se voltar tanto à prevenção quanto ao tratamento da saúde física e mental;

Jogos Digitais para Formação Profissional (JDFP), que compreendem os jogos e simuladores para negócios, corporações e organizações, visando facilitar e reduzir custos com treinamento e outras tarefas organizacionais;

Jogos Digitais e Simuladores para a Defesa, que se destinam ao treinamento militar e de segurança;

Advergames, que são especialmente desenvolvidos com o propósito de divulgar uma marca ou produto (Fleury, Sakuda e Cordeiro, 2014, p. 71-72).

É notável como os jogos digitais estão se consolidando cada vez mais em nossa sociedade e, por esse motivo, ganham espaço em diferentes áreas. Reconhecemos a importância de cada uma das categorias mencionadas anteriormente, mas, por congruência com o tema desta tese, aprofundamos o estudo dos jogos digitais educacionais.

Diante disso, o jogo digital educacional precisa conter elementos de entretenimento, assim como os jogos comerciais. Conforme afirma Santos (2018), tem-se observado que muitos jogos digitais educacionais priorizam a abordagem do conteúdo e, embora isso seja relevante, essa predominância tem resultado na perda da essência do entretenimento, transformando os jogos em meros exercícios virtualizados.

Por isso, é necessário discutir a integração entre entretenimento e conteúdos escolares em uma mesma mídia. Nessa perspectiva, Santos (2018) apresenta oito elementos considerados

¹ *Serious Games* é uma terminologia que foi estabelecida por Clark Abt, e caracteriza jogos como dispositivos educacionais para quaisquer faixas etárias e situações diversificadas (Fleury; Sakuda; Cordeiro, 2014, p. 70).

fundamentais para os jogos digitais educacionais: *feedback* imediato e construtivo; objetivos educacionais claros e bem definidos; desafios graduais; níveis definidos de interatividade; integração de conceitos; narrativa; curva de aprendizagem equilibrada; e situações que despertam a prática colaborativa.

Embora todos os oito elementos sejam fundamentais, destacamos três que consideramos obrigatório para as questões educacionais: a existência de objetivos educacionais claros e bem definidos em cada situação de aprendizagem e sua relação com o conteúdo abordado; o resgate de conceitos já aprendidos e sua integração com novos conceitos; e, por fim, uma curva de aprendizagem equilibrada, na qual o jogo se desenvolve de forma gradual e progressiva, do fácil ao difícil, sem se tornar impossível de ser aprendido e internalizado (Santos, 2018).

No próximo subcapítulo, apresentamos as possibilidades que os jogos digitais oferecem no contexto educacional, especialmente no que diz respeito à implementação da aprendizagem baseada em jogos digitais (ABJD) em sala de aula.

4.1 Aprendizagem baseada em jogos digitais

À medida que a tecnologia evolui, precisamos compreender como integrar esses recursos digitais no processo educacional. Para isso, “[...] as escolas devem se transformar em poderosos cenários de aprendizagem, onde os alunos investigam, compartilham, aplicam e refletem” (Gómez, 2015, p. 29).

Para promover práticas educacionais inovadoras, é necessário incorporar a tecnologia de forma planejada em sala de aula. Contudo, para que isso ocorra, é preciso refletir e discutir diferentes possibilidades e desafios que essas ferramentas apresentam no ambiente escolar, a fim de lançar as bases para o aproveitamento do potencial transformador das tecnologias. Dessa forma, será possível proporcionar experiências de aprendizagem mais ricas e alinhadas com as demandas da sociedade atual. Assim, as tecnologias atuais podem transformar os ambientes escolares “[...] em um conjunto de espaços ricos de aprendizagens significativas, presenciais e digitais, que motivem os alunos a aprender ativamente, a pesquisar o tempo todo, a serem proativos, a saber tomar iniciativas e interagir” (Moran, 2013, p. 31).

Uma das tecnologias cada vez mais incorporadas às salas de aula é a dos jogos digitais, pois, como destaca Moran (2013, p. 33), eles “[...] cada vez mais [estão] presentes nessa geração, como atividades essenciais de aprendizagem”.

A presença dos videogames vem crescendo de maneira significativa na sociedade contemporânea, manifestando-se de diferentes formas, desde o aumento no nível de

mercado até sua utilização em projetos educacionais que desenvolvem práticas pedagógicas mediadas por jogos, em cenários internacionais e nacionais (Alves, 2012).

Contudo, a inserção dos jogos digitais educacionais, além de trazer benefícios específicos, pode também ocasionar dificuldades a serem superadas por todos que a utilizam. Por isso, buscamos discutir aspectos fundamentais da aprendizagem baseada em jogos digitais.

As primeiras discussões sobre jogos eletrônicos e aprendizagem surgiram em meados da década de 1980. No Brasil, um dos primeiros trabalhos nessa linha foi o de Greenfield (1988), que discutia o desenvolvimento do raciocínio na era eletrônica, destacando a TV, os computadores e os videogames (Alves, 2008; Santos; Alves, 2018). No âmbito internacional, o termo *Digital Game-Based Learning* (DGBL), que traduzido para o português é aprendizagem baseada em jogos digitais, foi criado por Marc Prensky na publicação de seu livro em 2001 (Van Eck, 2015). Destaca-se também Seymour Papert, autor da linguagem *LOGO*, que foi um dos primeiros a publicar trabalhos considerando o potencial dos jogos de computadores para apoiar a aprendizagem (Cysneiros, 2000; Aguilera e Roock, 2022).

A linguagem *LOGO* teve início por volta de 1985. O construtivismo de Papert constitui a principal perspectiva teórica sobre seu uso pedagógico, enfatizando as relações entre linguagem de programação e pensamento matemático (Borba, Silva e Gadanidis, 2015).

Antes mesmo do advento das pesquisas voltadas para os jogos digitais, as discussões já se faziam presentes no contexto dos jogos físicos. Por exemplo, a abordagem da aprendizagem baseada em jogos (*Game-Based Learning* – GBL), que “[...] originou-se da pesquisa sobre jogos em meados da década de 1950, e, a partir da década de 1980, os estudiosos iniciaram a pesquisa e a prática de integração de jogos no ensino” (Pan *et al.*, 2021, p. 1). Segundo Carvalho (2015, p. 176), GBL é definida como “uma metodologia pedagógica que se foca na concepção, desenvolvimento, uso e aplicação de jogos na educação e na formação”.

Com o avanço da tecnologia e sua utilização em sala de aula, ampliou-se o foco das pesquisas não apenas para os jogos físicos, mas também para o impacto educacional dos jogos digitais. A aprendizagem baseada em jogos digitais é uma extensão da GBL, que se refere ao uso de jogos baseados em computadores com um componente pedagógico (Monsalve, 2014; Pan *et al.*, 2021), com o objetivo de apoiar os processos de ensino e aprendizagem (Contreras-Espinosa; Eguia-Gómez, 2017) e permitir que os alunos adquiram e construam conhecimento em um ambiente de aprendizagem divertido e focado (Pan *et al.*, 2021). Nessa perspectiva, Prensky (2012, p. 208) define a aprendizagem baseada em jogos digitais como “qualquer jogo para o processo de ensino e aprendizagem em um computador ou on-line”.

A aprendizagem baseada em jogos digitais pode ser aplicada em contextos educacionais de quatro maneiras distintas: (a) envolver os alunos no desenvolvimento de seus próprios jogos digitais; (b) criar jogos digitais do zero com o objetivo de ensinar conteúdos educacionais; (c) utilizar jogos comerciais de entretenimento no currículo e no planejamento do professor, para aplicação em sala de aula; (d) aplicar elementos e princípios de jogos em contextos que não são intrinsecamente relacionados a jogos, processo também conhecido como gamificação (Van Eck, 2015).

Esta tese alinha-se à opção “b”, propondo a criação de um jogo digital do zero para o ensino de conceitos geométricos específicos, com foco nos polígonos. Tal escolha fundamenta-se em pesquisas anteriores que investigaram a criação de jogos digitais para o ensino da Geometria (Perez, 2015; Sobrinho, 2017; Tiziam, 2018; Gervázio, 2020). Esses trabalhos evidenciam que o uso de jogos digitais na aprendizagem contribui para o desenvolvimento do raciocínio lógico e de outras habilidades cognitivas, além de favorecer a motivação e o engajamento dos alunos na participação nos jogos.

Dissertações como as de Silva (2017; 2018) enquadram-se na categoria “c”, por utilizarem o jogo de entretenimento *Minecraft* como ferramenta pedagógica em sala de aula, explorando conteúdos de geometria. O primeiro trabalho abordou a geometria plana e espacial com alunos do sexto ano, enquanto o segundo desenvolveu atividades voltadas à construção de conceitos de perímetro, área e volume com estudantes do nono ano. Esses exemplos reforçam a versatilidade e o potencial dos jogos digitais como recursos pedagógicos inovadores.

Diante dessas e de outras pesquisas envolvendo a DGBL, surge a indagação: “Por que a aprendizagem baseada em jogos digitais é eficaz?” Prensky (2012) identifica três razões fundamentais que explicam o sucesso da ABJD: a imersão em um contexto de jogo, a adoção de abordagens interativas no processo de ensino e aprendizagem e a sinergia resultante da combinação desses dois elementos.

Em conformidade com Van Eck (2006; 2015), desde 2006, por meio de revisões de literatura referentes aos vinte anos anteriores à publicação, as pesquisas já sugeriam que os jogos digitais poderiam melhorar o aprendizado. Essas investigações demonstraram que é, de fato, possível ensinar com jogos digitais. Do mesmo modo, demonstrou-se que esses jogos promovem o desenvolvimento de diferentes habilidades educacionais em áreas como física, saúde, biologia, matemática, entre outras. No estudo apresentado por Mayo (2009), os videogames podem gerar um aumento positivo de aprendizado, variando de 7% a 40%, em comparação com uma aula expositiva tradicional. Prensky (2012) explica que um dos elementos

que torna a aprendizagem baseada em jogos digitais tão eficaz é o uso de diversas técnicas próprias da aprendizagem interativa, como, por exemplo:

Prática e *feedback*; aprender na prática; aprender com erros; aprendizagem guiada por metas; aprendizagem pela descoberta e “descobertas guiadas”; aprendizagem baseada em tarefas; aprendizagem guiada por perguntas; aprendizagem contextualizada; Role-playing; treinamento; aprendizagem construtivista; aprendizagem “acelerada” (múltiplos sentidos); selecionar a partir dos objetos de aprendizagem e instrução inteligente (Prensky, 2012, p. 222).

Um exemplo notável do emprego de uma das técnicas de aprendizagem interativa, conhecida como “aprender com erros”, foi evidenciado na pesquisa de Almeida, Silva e Lins (2019). Ao explorar um jogo digital, especificamente o *Star Fraction Game*, dois estudantes surdos relataram sua experiência de aprendizagem, destacando a importância da possibilidade de errar e tentar novamente. Um deles afirmou: “A gente aprende, consegue entender nessa dinâmica de errar e tentar de novo”, enquanto o outro ressaltou: “Você pode ir tentando até conseguir” (p. 412). Esse relato evidencia como a abordagem de aprender com erros pode ser eficaz e significativa, especialmente em contextos educacionais inclusivos.

Segundo Boller e Kapp (2018), os jogos de entretenimento, jogos de aprendizagem, simulações e a gamificação podem ser eficazes na obtenção de resultados específicos. No entanto, cada um possui propósitos e focos distintos, como, por exemplo:

Simulações funcionam melhor quando se deseja uma experiência realística e de alta fidelidade para o aprendiz.

A gamificação é eficaz quando se quer que o indivíduo se mantenha envolvido com o conteúdo ou com a experiência por um longo período. Ela também é ótima para reforçar conteúdos e informações já trabalhadas em workshops e webinários.

Os jogos de aprendizagem são eficientes quando se deseja imergir o jogador dentro de um determinado conteúdo e de uma experiência, e oferecer-lhes uma vivência abstrata para ensinar-lhe conceitos e ideias (Boller; Kapp, 2018, p. 41).

Apesar de Boller e Kapp (2018) não abordarem diretamente a DGBL, os autores reconhecem que os jogos educacionais facilitam o processo de ensino e aprendizagem. A aprendizagem baseada em jogos digitais “pode ser motivacional e eficaz para todos os alunos” (Papastergiou, 2009, p. 2). No entanto, é necessário refletir que, “apesar do potencial dos jogos para a motivação e para a aprendizagem, não se trata de inserir de forma simplista e descuidada os conteúdos escolares em jogos” (Meira; Blikstein, 2020, p. XII).

A incorporação de jogos digitais em sala de aula não é uma tarefa simples. O professor, ao planejar o uso desses jogos, deve atentar-se às escolhas feitas e ao potencial educativo que eles apresentam, já que “[...] os jogos são eficazes não pelo que são, mas pelo que incorporam e pelo que os alunos fazem durante o jogo” (Van Eck, 2006, p. 18).

Nesse panorama, Santos (2018) destaca que os jogos para serem eficientes,

[...] os alunos não devem interagir com estas mídias para aprender conteúdos educacionais, porque isso não tem surtido efeito, mas sim compreender como utilizar e aplicar os conteúdos dentro dos jogos como forma de ter êxito, mas para que isso ocorra, é necessário que os conteúdos sejam evidenciados de uma forma aplicada e significativa neste ambiente interativo, sendo a narrativa um elemento que possa permitir essa iniciativa de contextualização e aplicação dos assuntos escolares (Santos, 2018, p. 27).

Consideramos que o uso dos jogos digitais, da forma proposta por Santos (2018), pode beneficiar a aprendizagem em sala de aula por meio da imersão do jogador em um ambiente dinâmico, interativo e personalizável, no qual o aluno é frequentemente levado a tomar decisões rápidas e com diferentes níveis de dificuldade para se manter no jogo. Dessa forma, os alunos podem sentir-se motivados e engajar-se com os desafios e a dinâmica do jogo, além de favorecer o desenvolvimento da criatividade e do raciocínio lógico durante o jogo.

Para alcançar resultados como esses, torna-se indispensável que o professor avalie com critério a qualidade dos jogos digitais utilizados em sala de aula. Nesse sentido, destaca-se a pesquisa desenvolvida por Coutinho (2017, p. 9), que apresenta o “Instrumento de Avaliação da Qualidade de Jogos Digitais Educativos”, com o objetivo de subsidiar a prática docente na escolha de jogos digitais de qualidade para o ensino e a aprendizagem escolar, caso o professor opte por utilizar esse tipo de recurso tecnológico.

A pesquisa de Santos (2018), nessa mesma perspectiva de avaliação de jogos educacionais, identificou a carência de instrumentos específicos de avaliação para esses jogos e desenvolveu um programa avaliativo com o intuito de caracterizar melhor o jogo e refletir sobre seu potencial pedagógico.

A avaliação dos jogos digitais é necessária em todas as categorias, seja na categoria de entretenimento ou na educacional, uma vez que cada uma apresenta potenciais distintos em sala de aula. A ausência desse processo avaliativo, por vezes, resulta em jogos que desmotivam o jogador a concluir a experiência ou mesmo a continuar jogando.

O desinteresse dos alunos por jogos digitais educacionais é frequente e pode ser explicado por diversos fatores. Conforme Santos e Alves (2020), isso ocorre, muitas vezes, porque tais jogos não conseguem cativar os alunos, devido a problemas como:

Na maioria dos casos, não vemos jogos educacionais tão atrativos. Grande parte dos jogos educacionais acabam se resumindo a jogos de memória e outros jogos casuais, que muitas vezes se confundem com exercícios virtualizados. Atrelado a isso, o “selo” educacional, estampado no nome dos jogos, provoca um distanciamento por parte dos alunos, já que sua imersão no universo escolar se caracteriza como obrigação e não

como espaços lúdicos. Então, um jogo dito educativo remete a situações desinteressantes (Santos; Alves, 2020, p. 16).

Esses desafios surgem durante a produção de jogos digitais educacionais, pois, muitas vezes, as equipes de desenvolvimento concentram-se excessivamente no conteúdo educacional, negligenciando aspectos essenciais dos *games*, como a interface, a qualidade das imagens, a jogabilidade e a interatividade. Por outro lado, quando os jogos são elaborados apenas por designers sem conhecimento teórico e prático dos conteúdos educacionais, sua eficácia no processo de ensino e aprendizagem também se compromete. Assim, são criados jogos potencialmente divertidos, mas que se mostram imprevisíveis quanto aos objetivos e resultados educacionais (Van Eck, 2006). Há ainda jogos que cumprem os objetivos pedagógicos, mas apresentam jogabilidade pouco envolvente, o que pode gerar desinteresse por parte dos alunos em participar da atividade.

Dessa maneira, os jogos digitais educacionais precisam manter equilíbrio entre seus elementos e os objetivos de aprendizagem. Para isso, é necessário “[...] selecionar e criar um estilo de jogo que seja envolvente e um estilo de aprendizagem que ensine o que é exigido (cada um tendo o outro em mente) e, então, de alguma forma, uni-los” (Prensky, 2012).

Na dissertação de mestrado de Neto (2021), por exemplo, constituiu-se uma equipe multidisciplinar para o desenvolvimento de um jogo educativo digital denominado *Pokérunfo*, com foco no ensino e aprendizagem de números racionais, orientado pelo quadro metodológico da Engenharia Didático-Informática (EDI).

A EDI orienta que pesquisadores de diferentes áreas trabalhem de forma articulada no desenvolvimento de tecnologias educacionais, especialmente profissionais das áreas de Computação e Educação Matemática, com o intuito de contribuir para a resolução de problemas específicos do ensino e da aprendizagem de conteúdos matemáticos, bem como para o desenvolvimento tecnológico de jogos digitais. Tal articulação é primordial, pois, como afirma Alves (2008, p. 8), “professores e desenvolvedores falam línguas distintas, mas podem, juntos, aprender a construir um diálogo que contemple essas diferenças, abrindo novas perspectivas na área de produção de jogos eletrônicos e digitais para o cenário pedagógico”.

Diante dessa discussão, os jogos digitais têm maior probabilidade de uso por parte dos professores no processo de ensino e aprendizagem quando são desenvolvidos considerando tanto os aspectos computacionais quanto os educacionais. Considera-se também que os jogos digitais educacionais apresentam vantagens e desvantagens que devem ser analisadas no contexto educacional, como se observa no Quadro 3.

Quadro 3 – Vantagens e desvantagens dos jogos digitais educacionais

Vantagens dos Jogos Digitais	Desvantagens dos Jogos Digitais
Favorecem o engajamento e a motivação dos estudantes.	Exigem infraestrutura tecnológica nem sempre disponível nas escolas.
Permitem a aprendizagem por meio do <i>feedback</i> de erro.	Podem gerar foco excessivo na competição, em vez do conteúdo.
Podem ser aplicados para diferentes perfis de estudantes.	Requerem tempo e conhecimento técnico dos professores para desenvolvimento e aplicação.
Promovem a aprendizagem ativa.	Alguns jogos carecem de alinhamento com os objetivos pedagógicos.
Estimulam o raciocínio lógico, a resolução de problemas e a colaboração.	Podem causar comportamentos de dependência e vício, especialmente em uso prolongado e sem mediação.
Facilitam a avaliação proporcionando identificar dificuldades e avanços dos alunos durante o processo de aprendizagem.	Proibição do uso de celulares em sala de aula.

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Por fim, considerar essas vantagens e desvantagens é parte importante para que o professor compreenda que os jogos digitais não constituem uma solução universal para todos os desafios pedagógicos enfrentados na escola, mas que possuem o potencial de enriquecer e diversificar as estratégias de ensino, proporcionando experiências de aprendizagem mais dinâmicas e envolventes aos alunos.

4.2 Revisão sistemática de Literatura

Para aprofundar teoricamente a utilização de jogos digitais no ensino de Matemática para alunos surdos, foi realizada, como procedimento metodológico, uma revisão sistemática da literatura, com base nas diretrizes originais propostas por Kitchenham *et al.* (2009) e nos modelos de aplicação das revisões realizadas por Oliveira, Ishitani e Cardoso (2013) e Santos e Alves (2018).

A pesquisa teve início no Banco de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), no período de 25 a 27 de outubro de 2023. Na busca pelos descritores, com o operador booleano “AND”, foram utilizados os termos, em português: “matemática” AND “jogos digitais” AND “surdez”; “matemática” AND “Libras” AND “jogos digitais”, considerando suas formas no singular e no plural, além dos sinônimos *game* e jogo eletrônico. Como resultado, não foram encontrados registros, devido à ausência de dissertações e teses com esses descritores, iniciou-se, então, uma nova busca no Google Acadêmico, utilizando o termo “jogos digitais matemáticos em Libras”, sem delimitação de período para as publicações.

Quanto aos critérios de inclusão, foram analisadas as produções que apresentavam discussões específicas sobre jogos digitais voltados ao público com surdez e relacionados ao ensino de matemática. Quanto aos critérios de exclusão, foram desconsiderados todos os trabalhos que não se enquadravam nos objetivos deste estudo, assim como aqueles que não estavam disponíveis online para consulta.

Foram selecionados para análise oito trabalhos, exibidos na Tabela 4. O texto de Prates (2018) foi um trabalho de conclusão de curso para obtenção do título de Licenciatura em Informática e os demais foram artigos publicados em revistas e eventos. A seguir a tabela expõe os textos selecionados para análise e seus respectivos autores e ano da publicação.

Tabela 4 – Produções científica do Google Acadêmico

Produção	Título	Autores	Ano
P1	Aprendizagem ativa com Aplicativo de matemática em Libras	Almir Elison Rodrigues Pantoja Ederson Wilcker Figueiredo Leite Jeondson Costa Gomes	2022
P2	MatLIBRAS <i>Racing</i> : Um jogo Educativo para o aprendizado de Libras	Herleson Paiva Pontes João Batista Furlan Duarte	2017
P3	<i>LSGames</i> : Plataforma de jogos educacionais para o ensino de matemática para surdos através da Libras	Damares S. Cavalcante Ana Thais Barros da Silva Anderson F. Vitorino	2020
P4	ForcaBRAS - Um Jogo Educativo para o Aprendizado Básico de Libras	Lenington C. Rios Washington P. Batista Claudia P. Pereira Victor T. Sarinho	2018
P5	Libras <i>GAME</i> : trabalhando o ensino da matemática com alunos surdos dos anos iniciais através do uso de aplicativo educacional	Rafaella Trindade Cunha Prates	2018
P6	MatLibras: um jogo para crianças surdas exercitarem as quatro operações básicas da matemática	Wesley Kelvyn Francisco Thereza Patrícia Padilha Robson Soares Lima Wilma Isôlda Brito	2017
P7	Criação de jogo matemático digital com crianças e jovens surdos: contribuições da pedagogia visual	Henrique Wakimoto de Almeida Josimara Cristina da Silva Heloísa Andreia de Matos Lins	2019
P8	<i>Game Design</i> participativo com crianças surdas e com deficiência auditiva: uma experiência no ensino	Diego Zobot Saulo Andrade Eivaldo Matos	2019

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Um trabalho sugerido no *Google Acadêmico* que não estava necessariamente nos critérios de inclusão, mas que realizamos a leitura foi o artigo de Neto e Baldessar (2019) intitulado de *Jogos digitais educativos: uma revisão sistemática da literatura*.

Na pesquisa de Neto e Baldessar (2019), foi desenvolvida uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de elencar os jogos digitais educativos em línguas de sinais presentes na literatura acadêmica. No estudo, foram coletadas publicações nas bases de dados *Scopus* e *ERIC*, sem delimitação de período, e foram documentados e descritos 24 jogos digitais; dentre eles, identificaram-se os jogos de correspondência como uma das mecânicas mais utilizadas. A forma mais comum de representação das línguas de sinais observada foi por meio de avatares tridimensionais.

A partir da leitura do trabalho de Neto e Baldessar (2019), foram identificadas cinco publicações relacionadas à matemática e à língua de sinais que contribuíram para a presente revisão sistemática da literatura. Nesse contexto, decidiu-se pela inserção de quatro artigos na análise, conforme os critérios de inclusão, como demonstrado na Tabela 5. A publicação de Pontes, Duarte e Pinheiro (2018) foi excluída da análise devido à indisponibilidade de acesso ao texto completo; no entanto, a pesquisa discute o jogo *MatLibras Racing*, que será detalhado na publicação P2. A Tabela 5 mostra os textos selecionados, com seus respectivos autores e ano de publicação.

Tabela 5 – Produções científicas

Produção	Título	Autores	Ano
P9	<i>Teaching math to deaf/hard-of-hearing (dhh) children using mobile games: outcomes with student and teacher perspectives</i>	Brett E. Shelton Mary Ann Parlin	2016
P10	<i>SMILE: An immersive learning game for deaf and hearing children</i>	Nicoletta Adamo-Villani Kelly Wright	2007
P11	<i>A natural interface for sign language mathematics</i>	Nicoletta Adamo-Villani Bedrich Benes Matt Brisbin Bryce Hyland	2006
P12	<i>Using educational games for sign language learning - a signwriting learning game: case study</i>	Yosra Bouzid Mohamed Ali Khenissi Fathi Essalmi Mohamed Jemni	2016

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Na etapa seguinte da revisão sistemática, foi realizada a avaliação das doze produções selecionadas. Para a realização da análise, os trabalhos foram lidos na íntegra, com o objetivo de responder às seguintes questões: Q1: A pesquisa resultou na produção de algum jogo digital ou protótipo? Q2: O jogo foi aplicado com sujeitos surdos? Q3: O trabalho apresentou

resultados da aplicação do jogo em contexto escolar? Q4: O jogo abordou algum conteúdo matemático?

Após a análise das publicações selecionadas, foram discutidas as produções que apresentavam uma abordagem dos jogos digitais matemáticos voltada para alunos surdos. Justifica-se que as imagens dos jogos utilizados foram extraídas diretamente dos próprios artigos analisados, uma vez que nenhum dos jogos estava disponível para *download* ou acesso direto.

A produção P1 conduziu o desenvolvimento do processo de aprendizagem de alunos surdos em fase de alfabetização, por meio de ações educativas baseadas em aprendizagem ativa, envolvendo as quatro operações básicas da matemática (adição, subtração, multiplicação e divisão). Utilizou-se o aplicativo *CálcLibras*, o qual continha numerais de 0 a 5, representados com figuras em Libras e com algumas palavras escritas em Língua Portuguesa (Pantoja; Leite; Gomes, 2022). A seguir, apresentamos, na Figura 5, algumas questões propostas no aplicativo *CálcLibras*.

Figura 5 – Aplicativo CálcLibras



Fonte: Pantoja, Leite e Gomes (2022).

A publicação P2 mostra um jogo que aborda a aprendizagem de sinais que representam os Números Naturais de 0 (zero) a 9 (nove) e as operações aritméticas básicas (adição, subtração, multiplicação e divisão), por meio de uma corrida educativa. O jogo, intitulado *MatLibras Racing* (Pontes; Duarte, 2017), é ilustrado na Figura 6.

Figura 6 – Jogo *MatLibras Racing*



Fonte: Pontes e Duarte (2017, p. 243).

Na produção P3, é proposto o desenvolvimento de uma plataforma de jogos educacionais intitulada *LSGames*, com o objetivo de ensinar matemática para alunos surdos da Educação Infantil e do Ensino Fundamental por meio da Libras. O jogo das quatro operações é apresentado no artigo com o intuito de desenvolver a capacidade cognitiva para a resolução de operações básicas de adição, subtração, multiplicação e divisão, conforme ilustrado na Figura 7. O jogo foi estruturado em quatro níveis, de acordo com a operação matemática, e três subníveis, divididos em: representação visual das quantidades; uso das operações com um algarismo; e cálculos com dois ou mais algarismos (Cavalcante; Silva; Vitorino, 2020).

Figura 7 – *LSGames* Jogo das quatro operações



Fonte: Cavalcante, Silva e Vitorino (2020, p. 5).

As publicações P1, P2 e P3 expõem uma abordagem bilíngue, em Libras e Língua Portuguesa, contemplando especificamente os conteúdos das quatro operações matemáticas. Os três jogos utilizam uma mecânica de correspondência, nos quais os estudantes realizam os cálculos e respondem por meio dos sinais numéricos em Libras.

Ao analisar as aplicações mencionadas nas publicações, há uma ênfase na criação de jogos com uma abordagem bilíngue, que visa não apenas a inclusão de alunos surdos em ambientes mistos com ouvintes, mas também possibilita o uso desses jogos no ensino e aprendizagem da Libras por parte do público ouvinte. Logo, a característica das produções referidas, de utilizar os jogos bilíngues, é relevante para ser cogitado no processo de desenvolvimento do protótipo do *game* da presente tese.

Há a possibilidade de um jogo digital apoiar atividades de inclusão com estudantes surdos e ouvintes, contribuindo para esclarecer a associação entre tecnologia, ações inclusivas e resultados acadêmicos (Adamo-Villani *et al.*, 2006).

O *ForcaBRAS*, proposto no trabalho P4, é um jogo educativo gratuito voltado para representação do alfabeto e de numerais por meio da Libras. O artigo menciona que o jogo também possui uma versão destinada ao trabalho com as quatro operações básicas, exibindo

um teclado numérico e uma operação matemática, na qual o jogador deve informar o resultado correto (Rios *et al.*, 2018). Na Figura 8, apresenta-se uma captura de tela com as opções de resposta em Libras, o momento em que o aluno erra a operação de subtração e a exibição da resposta correta.

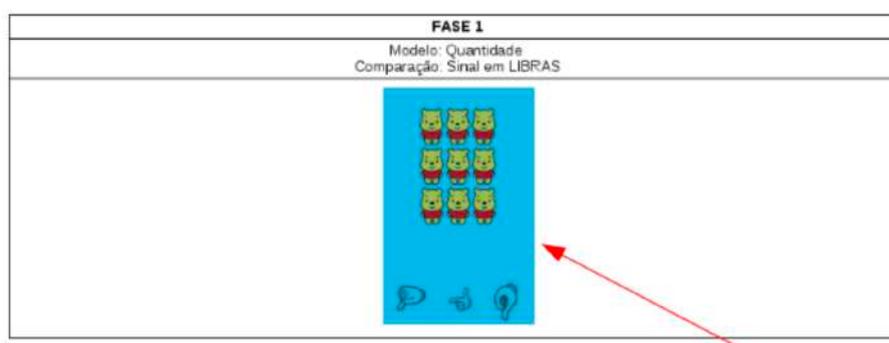
Figura 8 – ForcaBRAS para operações matemáticas



Fonte: Rios *et al.* (2018, p. 1842).

O aplicativo *Libras Game*, conforme ilustrado na Figura 9, foi desenvolvido em um trabalho de conclusão de curso (Produção P5) e tem como objetivo “auxiliar crianças surdas dos anos iniciais, dos 4 aos 10 anos, no conhecimento da simbologia dos números em Libras de 1 a 9, utilizando associações com números cardinais e suas quantidades” (Prates, 2018, p. 8).

Figura 9 – Primeira fase do *Libras Game*



Fonte: Prates (2018, p. 26).

A produção P6 tem como intuito apresentar o *software* intitulado *MatLibras*, conforme ilustrado na Figura 10, desenvolvido para o ensino das quatro operações em Língua Brasileira de Sinais. O jogo possui um enredo com diferentes histórias de aventura, distribuídas em quatro fases — *Princesa Prisioneira*, *A Busca da Cura*, *Monstro das Sombras* e *De Volta ao Lar* —,

nas quais o jogador deve seguir caminhos que precisam ser explorados por meio de desafios que exercitam as quatro operações matemáticas (Francisco *et al.*, 2017).

Figura 10 – MatLibras Fase “Princesa Prisioneira”



Fonte: Francisco *et al.* (2017, p. 80).

Nas produções P7 e P8, os autores expõem um relato de experiência sobre o desenvolvimento de um jogo digital educacional com a participação e colaboração de crianças surdas e com deficiência auditiva. Em consonância com essas pesquisas, defendemos, na presente tese, a importância da participação dos alunos no processo de desenvolvimento do jogo, uma vez que, nos momentos de interação com eles, podem emergir diferentes narrativas, propostas de construção de fases, bem como sugestões para a definição do nome e do conteúdo a ser abordado.

Almeida, Silva e Lins (2019), autores da produção P7, desenvolveram um jogo na área da Matemática que contempla, especificamente, os conteúdos de frações, números primos e soma de números decimais, conforme ilustrado na Figura 11. O jogo, nomeado por um dos estudantes surdos como *Star Fraction Game*, possui um enredo relacionado ao espaço sideral. Ele é composto por quatro fases: na primeira, apresenta uma mecânica de captura, em que a nave espacial deve ser conduzida por meio das setas do teclado para capturar as frações equivalentes a $1/2$; na segunda, o jogador precisa reconhecer e eliminar os extraterrestres que apresentam frações equivalentes a $3/4$; na terceira fase, o desafio consiste em identificar a sequência dos números primos de 1 a 20; e, por fim, na última fase, o aluno deve somar números decimais de forma que o resultado seja igual a 1.

Figura 11 – Instrução e primeira fase do *Star Fraction Game*



Fonte: Almeida, Silva e Lins (2019, p. 10).

Na produção P8, foram desenvolvidos dois jogos: um voltado para o ensino dos números e outro para o alfabeto. Neste texto, destacamos o primeiro, por estar diretamente relacionado ao conteúdo matemático. Conforme ilustrado na Figura 12, a estética do jogo remete a um cenário desértico, no qual o jogador controla um macaco e associa os sinais em Libras aos números arábicos.

Figura 12 – Protótipo do jogo desenvolvido por P8



Fonte: Zobot, Andrade e Matos (2019, p. 9).

Em seguida, Zobot, Andrade e Matos (2019, p. 9) apresentam a mecânica do jogo:

Apresenta-se ao jogador um número em Libras no centro do sol e números arábicos nos cactos. O jogador deve conduzir o macaco até o cacto cujo número arábico corresponde ao número apresentado em Libras. Se a resposta for errada, o número some, deixando o jogador escolher entre as outras possibilidades. Se a resposta for certa, o macaco acha uma garrafa de água e um helicóptero se aproxima para resgatá-lo. Em seguida é proposto um outro número em Libras a ser procurado. Depois de cinco acertos o helicóptero resgata o macaco e o jogo acaba.

Na publicação P9, o jogo *GeePerS*Math* é estruturado a partir de um enredo centrado no treinamento de super-heróis. A criança que utiliza o jogo é designada como um super-herói em treinamento. Na narrativa, o Dr. Ickles rouba a máquina lógica de um laboratório de pesquisa, e o estagiário, representado pela criança, deve resolver uma série de desafios e problemas matemáticos para avançar no jogo e recuperar a máquina. O jogo inclui um avatar para a sinalização da Língua Americana de Sinais (ASL), com opção de ativação e desativação.

O *GeePerS*Math* é composto por cinco minijogos voltados à resolução de problemas simples, abordando, respectivamente, os seguintes conteúdos: adição e subtração, tempo, aproximação, medição e, por fim, multiplicação e divisão (Shelton; Parlin, 2016).

O *Smile*, apresentado na produção P10, é um jogo imersivo de aprendizagem bilíngue que utiliza um ambiente virtual 3D para envolver crianças surdas e ouvintes por meio de problemas de Matemática e Ciências Naturais. O jogo consiste em um mundo virtual interativo, composto por uma cidade imaginária habitada por avatares 3D de fantasia, que se comunicam com o jogador em inglês (escrito e falado) e em Língua Americana de Sinais (ASL) (Adamo-Villani; Wright, 2007).

O enredo do jogo apresenta uma história com um objetivo central: restaurar a vontade perdida de sorrir na cidade de *Smileville*. Cada atividade prática do jogo assume a forma de uma “boa ação”, cujo intuito é fazer com que um dos personagens volte a sorrir. Essas atividades estão organizadas em três séries escolares: primeiro, segundo e terceiro anos. O *Smile* inclui elementos de recompensa e privilégios virtuais, como a capacidade de se teletransportar, voar ou encolher, que são desbloqueados à medida que a criança avança no jogo. Caso o jogador não consiga progredir em determinada atividade, os personagens oferecem dicas por meio de fala e/ou sinalização (Adamo-Villani; Wright, 2007).

Nas produções P6, P7, P8, P9 e P10, os enredos envolvem os estudantes de maneira cativante nos jogos. Essa característica mostrou-se relevante e foi considerada ao longo do processo de desenvolvimento do protótipo do jogo discutido na presente tese.

Na pesquisa P11, Adamo-Villani *et al.* (2006) desenvolveram o *Mathsignertm*, um jogo interativo baseado em animação 3D, projetado para ampliar as habilidades matemáticas de crianças surdas da Educação Infantil ao terceiro ano do Ensino Fundamental. O programa apresenta duas interfaces de usuário que permitem a entrada e o reconhecimento de gestos manuais em tempo real. A primeira interface utiliza uma luva cibernética com 18 sensores como dispositivo de entrada. O usuário responde a uma questão de operação matemática específica, como, por exemplo, $2 + 5 = ?$, e insere a resposta em Língua Americana de Sinais (ASL), sendo, nesse caso, o sinal correspondente ao número sete. Por meio de uma rede neural pré-treinada, o sistema detecta e reconhece o sinal numérico, enviando o resultado ao aplicativo *Mathsignertm*, que avalia a resposta e fornece *feedback* ao usuário.

A segunda interface empregada pelo *software* é voltada para o uso do teclado na entrada de gestos de sinalização, em conjunto com redes neurais para o reconhecimento desses gestos. O método utiliza as 26 letras do alfabeto em inglês como parâmetros para a realização, em tempo real, dos movimentos das mãos por meio do teclado (Adamo-Villani *et al.*, 2006).

Na publicação P12, foi realizado um estudo piloto com o intuito de compreender o interesse de estudantes com surdez em utilizar jogos educativos para a aprendizagem do sistema de escrita da Língua de Sinais. O jogo desenvolvido foi o *MemoSign*, cuja mecânica é baseada na correspondência, popularmente conhecida como “jogo da memória” (Bouzid *et al.*, 2016), conforme ilustrado na Figura 13.

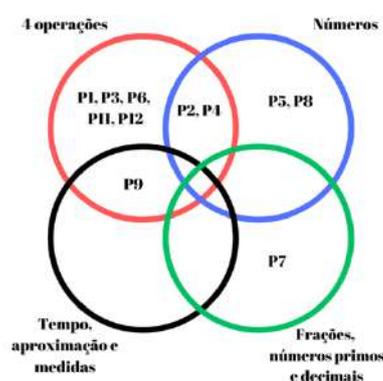
Figura 13 – Jogo *Memosign*



Fonte: Bouzid *et.al* (2016, p. 135).

Os jogos digitais concebidos nas doze produções analisadas incorporam fundamentos da Matemática. Observa-se que o reconhecimento dos números e as quatro operações básicas (adição, subtração, multiplicação e divisão) são os conteúdos predominantes. Excepcionalmente, os jogos apresentados nas publicações P7 e P9 abordam outros tópicos matemáticos, enquanto, na produção P10, não foi identificado o conteúdo específico do projeto *Smile*. A Figura 14 revela as produções e os conteúdos matemáticos incorporados nos respectivos jogos.

Figura 14 – Produções por conteúdo



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Com base na revisão sistemática realizada e aqui discutida, observa-se uma carência de jogos digitais voltados para o ensino da Geometria à comunidade surda, que constitui o foco central desta tese. Observa-se ainda que as produções existentes concentram-se,

majoritariamente, em jogos que abordam conceitos numéricos e as quatro operações matemáticas.

Os jogos foram vivenciados com estudantes surdos nas produções P1, P3, P6, P7, P8, P9, P10 e P12. Já as produções P2, P4 e P5 tiveram suas aplicações voltadas para o público ouvinte, com o objetivo de ensinar conceitos fundamentais das quatro operações e dos sinais numéricos em Libras. Notavelmente, entre as doze produções analisadas, apenas o artigo P11 não incorporou uma abordagem prática, limitando-se à apresentação da mecânica e da funcionalidade do jogo.

Os jogos desenvolvidos nas produções P2 e P5 são especialmente indicados para um público que está iniciando o processo de alfabetização em Libras, embora já possua domínio das quatro operações matemáticas. Na pesquisa P2, observou-se que a aplicação do jogo foi realizada com indivíduos que ainda não tinham conhecimento prévio da Língua Brasileira de Sinais. De modo semelhante, na produção P5, que envolveu o teste do jogo *Libras Game* com quatro participantes com idades entre 15 e 49 anos, constatou-se que eles também não apresentavam familiaridade com a língua de sinais.

Nesse contexto, na produção P5, foi possível constatar que o aplicativo auxiliou na aprendizagem dos números em Libras, mesmo diante da ausência de conhecimento prévio dos participantes (Prates, 2018). No artigo P4, foi realizada uma avaliação da usabilidade do jogo *ForcaBRAS Mobile*, por meio de sua aplicação em sala de aula com estudantes ouvintes do Ensino Fundamental de uma escola pública. Em um segundo momento, aplicou-se um questionário a 41 discentes de cursos de graduação, recrutados por meio das redes sociais, para avaliar a motivação em jogar. Os resultados foram positivos, com respostas que apresentaram valores superiores a 4, em uma escala de 1 a 5, conforme mencionado anteriormente (Rios *et al.*, 2018).

Em P1, a investigação foi realizada em uma escola da rede pública de ensino, localizada no município de Macapá – AP, com a participação de um aluno surdo adulto, com conhecimento razoável em Libras, e de outro participante ouvinte, em processo de alfabetização, que apresentava Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH).

Em P3, foi avaliado o jogo das quatro operações da plataforma *LSGames* por uma professora de Matemática, uma intérprete de Libras atuante na Educação Infantil e uma pessoa surda com Ensino Médio completo. Como sugestão dos profissionais, foram propostas mudanças no *design* do jogo, a fim de possibilitar seu uso tanto por ouvintes quanto por surdos.

O *MatLibras*, apresentado no artigo P6, foi aplicado em uma turma com 15 estudantes surdos que frequentavam a Fundação de Apoio ao Deficiente (FUNAD), localizada em João

Pessoa – PB, durante o primeiro semestre de 2017. A aplicação ocorreu em três etapas: iniciou-se com a apresentação da proposta pedagógica aos alunos e a explicação, pela professora da turma, das quatro operações; no segundo momento, foi realizada uma atividade com as quatro operações sem o uso do *software*; e, na última etapa, os estudantes jogaram no *MatLibras*, nos computadores da instituição, sendo realizada outra atividade com o mesmo nível de complexidade da proposta da etapa anterior, com o objetivo de verificar o desempenho dos estudantes após o uso do *software*. Os autores afirmaram ter identificado avanços no conhecimento das quatro operações após a utilização do jogo.

Nas produções P7 e P8, foram apresentados desenvolvimentos de jogos com a participação e contribuição dos alunos. Na P7, foi realizada uma pesquisa com crianças surdas e ouvintes do 6º ano do Ensino Fundamental de uma escola pública da região metropolitana de Campinas/SP, na qual foi proposto que elas “criassem uma narrativa gráfica (como desenho de cenários, ambientação do jogo, criação de personagem etc.), construindo algumas fases e dando também nome ao jogo” (Almeida; Silva; Lins, 2019).

Já a produção P8 iniciou um estudo piloto em 2017 com uma turma do terceiro ano do Ensino Fundamental e, em 2018, realizou um estudo de caso com estudantes do primeiro ano, totalizando seis participantes de seis anos e um de nove anos. A aplicação da pesquisa foi iniciada com a observação dos estudantes e do ambiente escolar. Em seguida, foi aplicado um questionário pessoal e contextual para compreender o perfil dos alunos participantes e qual era sua fluência digital com o uso de jogos eletrônicos. A terceira etapa da pesquisa consistiu no momento de *design* de um jogo digital, em que foram criadas as principais ideias, como personagens, cenários, mecânica, narrativas e alguns elementos da interface, com as contribuições dos estudantes. Por fim, ocorreu a avaliação dos protótipos pelos alunos, momento em que foi possível verificar se a ideia proposta por eles havia sido contemplada no *game*.

Em P9, de Shelton e Parlin (2016), foi realizada uma investigação com vinte e quatro crianças do quarto ao sexto ano, em escolas estaduais para surdos e cegos. Os estudantes foram questionados sobre os elementos de *design* após jogarem os jogos. No desenvolvimento dos jogos, foram realizados dois encontros com professores, por meio de pequenos grupos focais, com o objetivo de compreender o contexto dos alunos, aspectos relacionados ao conteúdo e à aprendizagem da Matemática, bem como os elementos fundamentais para envolver a criança com o jogo.

A aplicação do jogo *Smile*, exibida no artigo P10, foi realizada com um grupo de 21 crianças, com idades entre 6 e 10 anos, sendo sete delas surdas. O principal objetivo da

aplicação foi combinar estratégias de videogames comerciais com lições de investigação, com o foco de tornar a aprendizagem mais divertida (Adamo-Villani; Wright, 2007). Como o jogo apresentava a proposta de um ambiente virtual 3D, os autores identificaram alguns problemas, como o tamanho inadequado dos óculos para os participantes e o desconforto relatado por dois sujeitos (tontura e cansaço visual), causado pelos movimentos realizados com a cabeça devido ao uso dos óculos.

De acordo com Bouzid *et al.* (2016), a utilização do jogo *MemoSing* ocorreu em três momentos, distribuídos em dias distintos: uma fase preparatória, outra de aprendizagem e a última de análise. A aplicação foi realizada na *Tunisian Association for Deaf People* (ATAS), localizada em Ezzahra, região no norte da Tunísia. A amostra contou com a participação de nove estudantes surdos, todos com a língua de sinais como primeiro idioma. Na fase preparatória, os participantes foram ensinados a jogar. No segundo momento, os pesquisadores observaram suas reações durante a execução do jogo e, por fim, foi realizada a coleta e análise de dados qualitativos do experimento, por meio de observações e entrevistas.

A análise sistemática revela uma lacuna na criação de jogos matemáticos destinados a públicos surdos, sobretudo quando se consideram temas mais avançados da disciplina. Nota-se que os jogos mencionados anteriormente se concentram em conteúdos básicos, como reconhecimento de números e tabuada. Outro aspecto a ser ponderado é a escassez de jogos em gêneros diversos, como, por exemplo, os Jogos de Representação de Papéis (RPG) e as simulações. Notavelmente, a maioria dos jogos adota mecânicas simples, como o jogo da memória.

Há uma carência de jogos digitais desenvolvidos não apenas para o público com surdez, mas também para outras comunidades com Necessidades Educacionais Específicas (NEE). Torna-se, portanto, indispensável o desenvolvimento de jogos educacionais acessíveis que contemplem esses alunos, garantindo igualdade de acesso e oportunidades de aprendizagem para todos. Conclui-se que as pesquisas sobre jogos digitais educacionais para surdos ainda estão em estágio inicial. No entanto, os doze trabalhos analisados são relevantes para a literatura acadêmica. Essas análises podem suscitar discussões e reflexões significativas para o desenvolvimento de jogos digitais matemáticos voltados a estudantes surdos, resultando em contribuições valiosas para o processo de ensino e aprendizagem.

5 A ENGENHARIA DIDÁTICO-INFORMÁTICA COMO SUPORTE PARA A PROTOTIPAÇÃO DE UM JOGO DIGITAL

Para que o leitor compreenda melhor a metodologia da Engenharia Didático-Informática, inserimos, no subcapítulo a seguir, algumas ideias e conceitos fundamentais da Engenharia Didática e da Engenharia de *Software*. Em seguida, discutimos a integração entre as Engenharias de *Software* e Didática e, por fim, apresentamos as etapas da Engenharia Didático-Informática, bem como sua conexão com o contexto do desenvolvimento de jogos digitais.

5.1 As Engenharias de Didática e *Software*

Na perspectiva da Engenharia Didático-Informática, a Engenharia Didática auxilia na compreensão de como as tecnologias podem ser utilizadas para contribuir com o ensino e a aprendizagem, com o objetivo de promover reflexões sobre aspectos didáticos, cognitivos, epistemológicos e de outras naturezas, que possam auxiliar no levantamento de requisitos do *software*, na criação de cenários de uso, bem como na análise da utilização e na validação do produto em elaboração. Já a Engenharia de *Software* considera os avanços tecnológicos, as técnicas de levantamento de requisitos, a estrutura e a organização das equipes de desenvolvimento, inserindo o usuário no processo e nas etapas organizacionais para a construção do *software* (Tibúrcio, 2020).

5.1.1 Engenharia Didática

A Educação Matemática impulsionou o desenvolvimento de diversas abordagens teórico-metodológicas, com destaque para a Didática da Matemática, originada na escola francesa. Entre os estudos da Didática da Matemática, destaca-se a Engenharia Didática (clássica ou de primeira geração), que “emergiu na Didática da Matemática no início dos anos 1980, primeiramente em 1982, por Yves Chevallard e Guy Brousseau; depois, em 1989, por Michèle Artigue” (Almouloud; Silva, 2012, p. 26).

A Didática da Matemática (DM) é uma área que estuda “os processos de transmissão e de aquisição dos diferentes conteúdos dessa ciência (a matemática) e se propõe a descrever e explicar os fenômenos relativos às relações entre seu ensino e sua aprendizagem” (Douady, 1986, *apud* D’Amore, 2007, p. 32). Essa área também se dedica à elaboração de conceitos e

teorias que dialoguem diretamente com as particularidades do ensino da Matemática, buscando estabelecer uma conexão sólida entre a construção de conceitos, tanto na prática pedagógica quanto no campo teórico da pesquisa acadêmica. O foco está no estudante, que ocupa o centro do processo de aprendizagem, sendo exposto a situações que promovam experiências enriquecedoras. Para Machado (2008), a Engenharia Didática é uma metodologia que se constitui com o propósito de analisar as situações didáticas que são objetos de estudo da Didática da Matemática.

Os principais pesquisadores que contribuíram para o desenvolvimento e a difusão das teorias fundamentais da Didática da Matemática são Guy Brousseau, Gérard Vergnaud, Yves Chevallard, Michèle Artigue, entre outros. Para Brousseau (1986), a Didática da Matemática estuda as atividades didáticas voltadas para o ensino dos saberes matemáticos específicos, oferecendo explicações, conceitos, teorias e ferramentas para a previsão e análise de processos educativos. Esse campo de estudo incorpora, ainda, resultados sobre os comportamentos cognitivos dos estudantes, os tipos de situações didáticas utilizadas e os fenômenos de comunicação do conhecimento.

É nesse entendimento que Artigue (1988, 2009, 2015) descreve a Engenharia Didática como semelhante ao trabalho do engenheiro, que está familiarizado com os principais conhecimentos científicos e aceita os métodos científicos. Artigue (1988, p. 285–286) caracteriza a Engenharia Didática, enquanto metodologia de pesquisa, “[...] como um esquema experimental baseado sobre “realizações didáticas” em sala de aula, isto é, sobre a concepção, a realização, a observação e a análise de sequência de ensino.” Com isso, Douady (1993) observa que o termo Engenharia Didática pode ser compreendido como sendo

[...] uma sequência de aula(s) concebida(s), organizada(s) e articulada(s) no tempo, de forma coerente, por um professor-engenheiro para realizar um projeto de aprendizagem para uma certa população de alunos. No decurso das trocas entre professor e alunos, o projeto evolui sob as reações dos alunos e em função das escolhas e decisões do professor (Douady, 1993, p.2).

A metodologia de pesquisa da Engenharia Didática é composta por quatro fases, conforme apresentado por Artigue (1988, 2009, 2015) e Almouloud e Silva (2012), a saber: primeira, análises prévias; segunda, concepção e análise a priori das situações didáticas; terceira, experimentação; e quarta, análise a posteriori e validação. A seguir, descrevemos com mais detalhes cada uma dessas fases.

- Fase 1: As análises prévias

Segundo Artigue (1995), Machado (2008), Almouloud e Silva (2012) e Almouloud e Coutinho (2008), as análises prévias, que constituem a primeira fase da metodologia da Engenharia Didática, são fundamentadas não apenas em um quadro teórico didático geral e nos conhecimentos já adquiridos na área, mas também em diversas análises preliminares. Essas análises geralmente abrangem as seguintes vertentes: a análise epistemológica dos conteúdos visados pelo ensino; a análise do ensino usual e de seus efeitos; a análise das concepções dos alunos, bem como das dificuldades e obstáculos que influenciam sua evolução; a análise das condições e fatores dos quais depende a construção didática efetiva; e o estudo da transposição didática do saber, considerando o sistema educativo no qual o trabalho está inserido. Dessa forma, as análises prévias podem ser organizadas em três dimensões: epistemológica, cognitiva e didática.

- A dimensão epistemológica associada às características do saber em questão.
- A dimensão cognitiva associada às características cognitivas do público ao qual o ensino é direcionado.
- A dimensão didática associada às características do funcionamento do sistema de ensino (Artigue, 1995, p. 40).

Como afirma Artigue (1995), os objetivos específicos da pesquisa devem ser levados em consideração no momento das análises prévias. Inclusive, cada fase pode ser retomada e aprofundada ao longo do processo de pesquisa.

- Fase 2: Concepção e análise *a priori* das situações didáticas

De acordo com Almouloud e Silva (2012) e Artigue (1988), o pesquisador, orientado pelas análises prévias, delimita um certo número de variáveis de comando pertinentes ao problema estudado. Na Engenharia Didática, distinguem-se dois tipos de variáveis de comando: as variáveis macrodidáticas e as variáveis microdidáticas. As variáveis macrodidáticas, ou globais, referem-se à organização geral da engenharia, enquanto as variáveis microdidáticas, ou locais, dizem respeito à organização de uma sessão ou de uma fase (Artigue, 1988, p. 202).

Para Almouloud e Silva (2012) e Almouloud e Coutinho (2008), a realização da análise *a priori* deve ser considerada a partir das escolhas efetuadas, ou seja, das variáveis que se pretende assumir como pertinentes, permitindo controlar os comportamentos dos estudantes e explicar seu sentido, levando em consideração os seguintes pontos:

- Descrever as escolhas das variáveis locais e as características das situações didática desenvolvida;
- Analisar a importância dessa situação para o aluno e, em particular, em função das possibilidades de ações e escolhas para construção de estratégias, tomadas de decisões, controle e validação que o aluno terá. As ações do aluno são vistas no funcionamento quase isolado do professor, que, sendo o mediador no processo, organiza a situação de aprendizagem de forma a tornar o aluno responsável por sua aprendizagem;
- Prever comportamentos possíveis e tentar mostrar como a análise feita permite controlar seu sentido, assegurando que os comportamentos esperados, se e quando eles intervêm, resultam do desenvolvimento do conhecimento visado pela aprendizagem (Almouloud; Coutinho, 2008, p. 67).

Sendo assim, Artigue (1988) afirma que o objetivo da análise a priori é determinar de que modo as escolhas feitas permitem controlar os comportamentos dos alunos e compreender o significado desses comportamentos. Para alcançar esse objetivo, fundamenta-se em hipóteses, cuja avaliação, em princípio, será confrontada na quarta fase, entre a análise a priori e a análise a posteriori.

- Fase 3: Experimentação

A fase de experimentação é o momento em que a sequência didática planejada é aplicada em um contexto real de sala de aula, direcionada a um grupo específico de estudantes. Esse momento é relevante para o desenvolvimento da pesquisa, pois permite observar e analisar como os alunos interagem com o conteúdo e as atividades propostas. Nessa fase, ocorre a criação do contrato didático, ou seja, o estabelecimento de um acordo entre o professor e os estudantes, no qual se definem as expectativas em relação ao papel de cada um no processo de ensino e aprendizagem (Machado, 2008; Almouloud; Silva, 2012).

Dessa forma, a fase de experimentação oferece a oportunidade de realizar registros por meio de anotações, gravações ou outros métodos das reações, dificuldades, questionamentos e progressos dos alunos. Essas observações servem para avaliar a eficácia da sequência didática e orientar ajustes futuros no material didático a ser desenvolvido.

- Fase 4: Análise a posteriori e validação

A última fase, a análise a posteriori e validação, está apoiada em um conjunto de dados obtidos na experimentação, por meio das observações realizadas nas sessões de ensino e das produções dos estudantes, tanto em sala de aula quanto fora dela. A validação das hipóteses envolvidas na investigação é o momento em que o pesquisador realiza o confronto entre as duas

análises: a priori e a posteriori (Artigue, 1988). Esse processo visa relacionar as observações com os objetivos definidos na fase a priori, além de estimular a reprodutibilidade e a consistência dos fenômenos didáticos identificados (Almouloud; Coutinho, 2008).

5.1.1.1 Engenharia Didática de Segunda Geração

Com o avanço das pesquisas, surgiu a necessidade de estudar situações relacionadas ao papel do professor, além do desenvolvimento de recursos ou objetos de aprendizagem para o ensino. Nesse contexto, foi desenvolvida a Engenharia Didática de segunda geração, que, segundo Chevallard, “está relacionada a tudo o que diz respeito à produção de recursos educativos, utilizando ou não novas tecnologias. Sobretudo, os trabalhos estão baseados em situações que servem de apoio à formação e ao desenvolvimento das competências profissionais” (Almouloud; Silva, 2012, p. 25).

O campo da prática educacional, com a Engenharia Didática de segunda geração, possibilita a compreensão dos processos de aprendizagem e do desenvolvimento de competências profissionais no trabalho em sala de aula. Ademais, essa metodologia contribui para a elaboração de materiais didáticos e para a realização de experiências inovadoras no contexto escolar.

Há duas ramificações da segunda geração da Engenharia Didática: L'Ingénierie Didactique pour la Recherche (IDR) e L'Ingénierie Didactique pour le Développement et la Formation (IDD) (Perrin-Glorian, 2009), que, traduzidas para o português, significam, respectivamente, “Engenharia Didática para Investigação” e “Engenharia Didática para o Desenvolvimento e a Formação”.

Na Engenharia Didática para Investigação (IDR), a pesquisa tem como objetivo produzir resultados por meio de experimentos, considerados, em certo sentido, como um “laboratório”, ainda que esse seja um conceito um tanto paradoxal na Engenharia Didática. Esses experimentos são elaborados de acordo com a questão de pesquisa, sem a preocupação imediata com a ampla divulgação ou com a aplicação prática das situações utilizadas (Perrin-Glorian, 2009).

Perrin-Glorian (2009) apresenta esse conceito paradoxal como uma contradição que, ao ser analisada mais profundamente, pode fazer sentido em um contexto específico. Isso ocorre porque a Engenharia Didática tem o propósito de analisar situações didáticas de forma prática, envolvendo, na maioria das vezes, interações humanas dinâmicas. No entanto, a Engenharia

Didática para Investigação foca em uma pesquisa voltada diretamente para o estudo de questões teóricas, sem a necessidade de aplicá-las de forma imediata.

A Engenharia Didática de Desenvolvimento tem como objetivo “a produção de recursos para professores ou para a formação de professores” (Almouloud; Silva, 2012, p. 28). Para melhor compreensão, de acordo com Tibúrcio (2020, p. 72), “os indicativos teóricos e metodológicos da ED de primeira geração, aliados à IDD, são os que mais contribuem para a criação de *software* educativo”.

A Engenharia Didático-Informática utiliza como referencial teórico e metodológico algumas características das duas Engenharias Didáticas, de primeira e segunda geração. Considerando que o desenvolvimento de um *software* educativo, de qualquer natureza, deve levar em conta não apenas sua utilização no ensino e na aprendizagem, mas também a função do professor no planejamento, na elaboração das situações de uso e na verificação de como o recurso digital poderá auxiliar nas aulas (Tibúrcio, 2020).

Concluimos esta seção apresentando que o conhecimento teórico-metodológico da Engenharia Didática de primeira e segunda gerações integra o desenvolvimento da Engenharia Didático-Informática, especificamente no que se refere à Engenharia Didática de Desenvolvimento. Contudo, Tibúrcio (2020) assegura que a ED de segunda geração inclui etapas relacionadas à formação de professores, seja ela inicial ou continuada, o que não se adequa, temporalmente, ao processo de desenvolvimento de um recurso digital. Concordamos com o autor ao considerar que, embora a participação efetiva dos docentes na criação de *softwares* seja uma prerrogativa importante, quando se trata de formação, isso envolve um processo que abrange diversas outras etapas essenciais, as quais não são contempladas, neste momento, pela Engenharia Didático-Informática nesta pesquisa de doutorado.

5.1.2 Engenharia de Software

Para iniciar esta discussão, levamos em consideração duas perguntas principais: “O que é *software*?” e “O que é Engenharia de *Software*?”. De acordo com Sommerville (2018), *software* refere-se aos programas de computador e à documentação associada, como manuais e guias de uso, podendo ser desenvolvido tanto para atender às necessidades específicas de um cliente quanto para um mercado mais amplo e genérico. Já a Engenharia de *Software* “é uma disciplina de engenharia que se preocupa com os aspectos da produção de *software*, desde sua concepção inicial até sua operação e manutenção” (Sommerville, 2018, p. 6). Pressman (2016) define *software* em três elementos principais:

(1) instruções (programas de computador) que, quando executadas, fornecem características, funções e desempenho desejados; (2) estruturas de dados que possibilitam aos programas manipular informações adequadamente; e (3) informação descritiva, tanto na forma impressa quanto na virtual, descrevendo a operação e o uso dos programas (Pressman, 2016, p. 4).

A Engenharia de *Software* abrange processos, métodos e ferramentas que possibilitam a construção de sistemas complexos, apoiados por computador, dentro do prazo e com qualidade (Pressman, 2016). O autor também afirma que os métodos dessa engenharia fornecem as informações técnicas necessárias para o desenvolvimento de *software*. “Os métodos envolvem uma ampla gama de tarefas, que incluem: comunicação, análise de requisitos, modelagem de projeto, construção de programa, testes e suporte” (Pressman, 2016, p. 40).

Essa engenharia tem como objetivo utilizar abordagens que possibilitem a geração de soluções adequadas para os problemas. Os engenheiros de *software* utilizam ferramentas, técnicas, procedimentos e paradigmas com o propósito de melhorar a qualidade dos produtos de *software* (Pfleeger, 2004).

Assim, a Engenharia de *Software* apresenta quatro atividades fundamentais utilizadas na elaboração de tecnologias: especificação, desenvolvimento, validação e evolução de *software*.

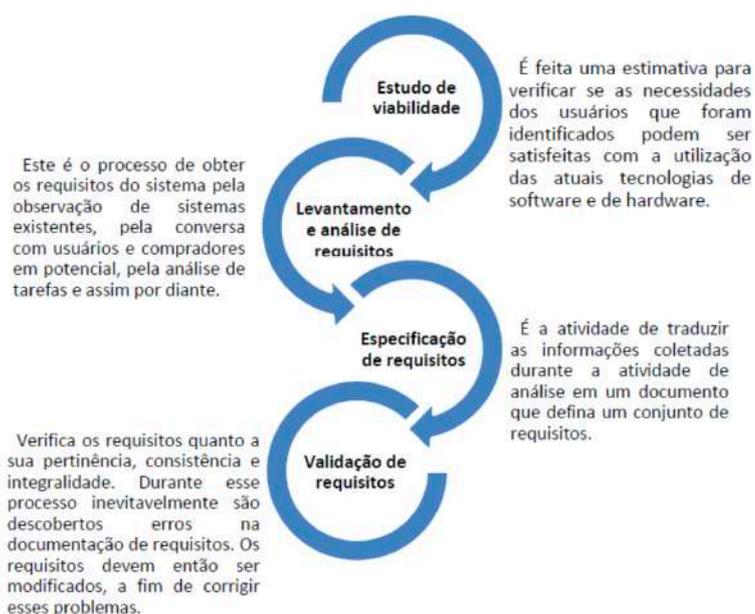
1. Especificação de *software*, etapa em que clientes e engenheiros definem o *software* que deve ser produzido e as restrições impostas à sua operação.
2. Desenvolvimento de *software*, etapa em que o *software* é projetado e programado;
3. Validação de *software*, etapa em que o programa é analisado para garantir que seja aquilo de que o cliente precisa.
4. Evolução de *software*, etapa de modificação para refletir a mudança de requisitos tanto do cliente quanto do mercado (Sommerville, 2018, p. 9).

A especificação, também conhecida como engenharia de requisitos, é a etapa em que os requisitos do *software* são documentados de maneira concisa e detalhada. O objetivo dessa fase é garantir que o desenvolvimento esteja alinhado aos propósitos que o *software* deve atender. Conforme Tiburcio (2020, p. 55), “essa engenharia se configura como aporte para que se delimitem os atributos do *software* e dos sistemas”. Essa compreensão também está presente em Sommerville (2018, p. 39): “A engenharia de requisitos é um estágio particularmente crítico do processo de *software*, já que os erros cometidos nessa etapa inevitavelmente geram problemas posteriores no projeto e na implementação do sistema”.

Na presente pesquisa, o levantamento de requisitos foi realizado com o objetivo de identificar o maior número possível de informações relacionadas ao conhecimento que o

software, neste caso, o jogo digital, aborda. Esses requisitos são apresentados por Sommerville (2018), com foco nos requisitos do usuário, que, de acordo com nossa pesquisa, incluem “estudantes, professores, pesquisadores e interessados, de forma geral, na utilização de recursos tecnológicos para auxiliar no ensino e na aprendizagem” (Tiburcio, 2020, p. 56). Tiburcio (2020) apresenta, de forma resumida, o processo de captação de requisitos, representado na Figura 15.

Figura 15 – Engenharia de Requisitos



Fonte: Tiburcio (2020, p. 57).

Após a definição dos requisitos, inicia-se o desenvolvimento do *software*, especificamente com a criação do protótipo. Pressman (2016, p. 46) afirma que “o protótipo pode servir como ‘o primeiro sistema’”. O protótipo é obrigatório para a elaboração de um produto final, pois “o estágio de implementação no desenvolvimento de *software* é o processo de elaborar um sistema executável para ser entregue ao cliente” (Sommerville, 2018, p. 41).

Os protótipos de sistema permitem que usuários² em potencial avaliem como o sistema pode contribuir para suas atividades, possibilitando o surgimento de novas ideias a partir dos requisitos iniciais, bem como a identificação de pontos fortes e limitações (ou erros) no *software*, o que promove a criação de novos requisitos. Logo, uma ideia que parecia fácil e útil na especificação pode ser reavaliada quando combinada com outras funções. Muitas vezes, os

² Na presente pesquisa consideramos como usuários os alunos surdos do CAS.

usuários percebem que sua opinião inicial estava equivocada ou incompleta (Sommerville, 2018).

Para que isso aconteça, é indispensável a aplicação do protótipo, pois “a prototipação rápida com envolvimento do usuário final é a única maneira coerente de desenvolver interfaces com o usuário” (Sommerville, 2018, p. 47). Essa fase constitui a etapa de validação, denominada na literatura como “verificação e validação” (V&V), e tem como objetivo auxiliar os desenvolvedores na criação de um sistema com qualidade, em conformidade com sua especificação e que atenda às expectativas dos usuários (Tiburcio, 2020; Sommerville, 2018). Destacamos que essas etapas não são estáticas e podem ser retomadas a qualquer momento durante o desenvolvimento do *software*.

Nessa perspectiva, essas etapas da Engenharia de *Software* também viabilizam a criação de programas educacionais, os quais, conforme Santos (2009, p. 21), “o *software* educativo é, primeiramente, um espaço para proporcionar a construção de conhecimentos”. Segundo o autor, um *software* educativo é aquele desenvolvido com finalidades pedagógicas explícitas, cuja produção se fundamenta em procedimentos específicos relacionados a um conhecimento aprofundado dos processos cognitivos humanos. Esse *software* pode assumir uma natureza lúdica, como os jogos educativos, ou estar voltado diretamente ao conteúdo escolar, como os voltados ao ensino da matemática, por exemplo, podendo ainda ser oferecido em formato estático (como em *CD-ROM*) ou distribuído pela *Internet*.

De acordo com Valente (1999), o *software* educativo apresenta uma proposta de tipologia correspondente a diversos suportes computacionais voltados ao ensino e à aprendizagem, que podem incluir: tutoriais, programação, processador de texto, uso de multimídia e *Internet*, desenvolvimento de multimídia ou páginas na *Internet*, simulação e modelagem, e jogos.

Sob esse ponto de vista, Santos (2009, p. 21) afirma que “qualquer *software* pode ser considerado educativo, como um *software* aplicativo (um editor de textos ou uma planilha de cálculos), um *software* lúdico (um jogo, um simulador) ou um *software* de autoria (uma meta-linguagem de programação)”. Velasquez (2009, p. 36) destaca que “a engenharia de *software* na programação de jogos de computador é semelhante, quando não igual, à de um sistema normal de *software*”. Assim, nesta pesquisa, vamos levar em conta o jogo digital como um tipo de *software* educativo e explorar as técnicas de desenvolvimento específicas aplicadas a ele.

O trabalho em equipe também é inevitável para o desenvolvimento de qualquer *software*, seja ele educativo ou não. No caso de um *software* educativo, a colaboração entre profissionais de diferentes áreas é indispensável, pois essa diversidade de conhecimentos e

habilidades permite atender de forma mais completa às demandas pedagógicas e tecnológicas do projeto.

No entanto, como enfatiza Tiburcio (2016; 2020), reunir pessoas de diversas profissões não é suficiente para criar produtos que atendam às especificidades dos conhecimentos envolvidos. É necessário promover uma articulação e integração entre a equipe e os saberes, fundamentada em uma metodologia de trabalho bem definida.

Considerando tais premissas, os métodos ágeis coordenam bem o trabalho em equipe, pois possibilitam comunicação contínua entre os envolvidos no desenvolvimento do *software*. Essa metodologia se ajusta ao desenvolvimento de jogos digitais, ao permitir uma abordagem flexível e iterativa, que favorece mudanças e adaptações frequentes e contínuas para a melhoria do jogo. Dessa forma, “os métodos ágeis são mais adequados para desenvolver aplicações nas quais os requisitos do sistema mudam rapidamente durante o processo” (Sommerville, 2018, p. 60).

Esses métodos são projetados para produzir *software* funcional de maneira ágil, e todos compartilham algumas características em comum, tais como:

1. Os processos de especificação, projeto e implementação são intercalados. Não há especificação detalhada do sistema e a documentação do projeto é minimizada ou gerada automaticamente pelo ambiente de programação utilizado para implementar o sistema. O documento de requisitos do usuário é uma definição resumida contendo apenas as características mais importantes do sistema.
2. O sistema é desenvolvido em uma série de incrementos. Os usuários finais e outros stakeholders estão envolvidos na especificação e avaliação de cada um deles. Além de mudanças no *software*, eles também podem propor novos requisitos para serem implementados em uma versão posterior do sistema.
3. O amplo apoio de ferramentas é usado para ajudar no processo de desenvolvimento. Podem ser utilizadas ferramentas de teste automatizado, ferramentas de apoio ao gerenciamento de configuração e à integração de sistemas, além de ferramentas para automatizar a produção da interface com o usuário (Sommerville, 2018, p. 58).

Nesse contexto, o *Scrum*³, um dos métodos ágeis, segundo Velasquez (2009), oferece práticas específicas para o planejamento, definição de papéis (roles) e organização do trabalho. A proposta do *Scrum* é estabelecer funções claramente definidas para cada membro da equipe, detalhando suas responsabilidades e tarefas, a fim de garantir que o projeto seja concluído com sucesso. Essa abordagem promove a colaboração e a eficiência no desenvolvimento do projeto, possibilitando ajustes e melhorias contínuas ao longo do processo.

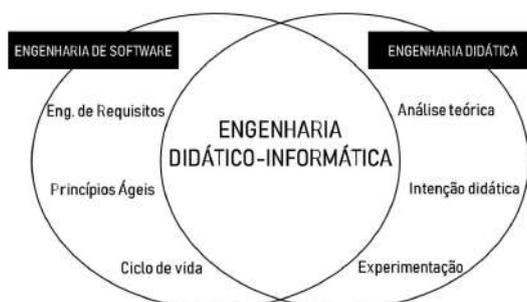
³ *Scrum* é um método de desenvolvimento ágil de *software* concebido por Jeff Sutherland e sua equipe de desenvolvimento no início dos anos 1990. Mais recentemente, Schwaber e Beedle realizaram desenvolvimentos adicionais nos métodos Scrum (Pressman, 2016, p. 78).

Por fim, a partir dessa discussão, consideramos que, no desenvolvimento de qualquer *software*, inclusive de jogos digitais, sejam aplicados os conceitos e as etapas da Engenharia de *Software*, especialmente quando se adota uma perspectiva educacional. Outro fator relevante para o sucesso do produto é o trabalho em equipe, aliado à escolha do método mais adequado aos objetivos que se deseja alcançar.

5.1.3 Articulação das Engenharias Didática e de Software

A Engenharia Didático-Informática foi criada como uma metodologia para “desenvolver recursos tecnológicos educativos que atendam às demandas da Educação Matemática e Tecnológica” (Tiburcio, 2020, p. 18). O autor afirma que essa metodologia “emergiu num cenário de tentativas de modelização de processos de criação de *softwares* educativos que consideram aspectos teóricos e práticos sobre o desenvolvimento de recursos para o ensino e aprendizagem da Matemática” (Tiburcio, 2020, p. 26). Nessa perspectiva, a EDI integra etapas fundamentais de duas engenharias: a Engenharia de *Software* e a Engenharia Didática, conforme ilustrado na Figura 16.

Figura 16 – Aportes da EDI



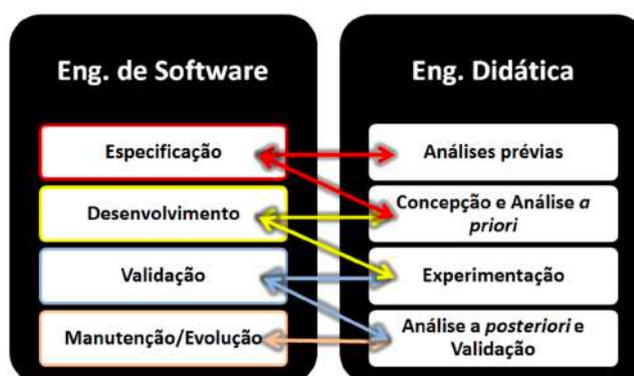
Fonte: Tiburcio (2020, p. 74).

A pesquisa de Ramos (2014) foi a primeira tentativa de articular a Engenharia Didática com a Engenharia de *Software* para a execução e avaliação da construção de uma versão computacional do jogo intitulado *Bingo dos Racionais*. Essa investigação foi uma base para os trabalhos de mestrado e doutorado de Tiburcio, contribuindo para a formalização da articulação da Engenharia Didático-Informática, por meio de leituras, discussões, pesquisas e sistematizações, com o intuito de lançar a primeira versão dessa metodologia de criação de *softwares* educativos (Tiburcio, 2020, p. 30).

A partir de estudos e discussões do Grupo de Pesquisa LEMATEC – Laboratório de Ensino da Matemática e Tecnologia, Tiburcio (2016), em um estudo de mestrado com o tema *Processo de desenvolvimento de software educativo: um estudo da prototipação de um software para o ensino de função*, teve como objetivo geral construir, analisar e validar um processo de desenvolvimento de micromundo para a aprendizagem da Matemática. Essa proposta integrou os métodos da engenharia de requisitos e os métodos ágeis, como elementos da Engenharia de *Software*, articulados com princípios da Engenharia Didática, em uma perspectiva transdisciplinar de exploração das potencialidades teóricas e tecnológicas dessas engenharias (Tiburcio, 2016).

Tiburcio (2016) apresentou as relações observadas entre a Engenharia Didática (ED) e a Engenharia de *Software* (ES), com o objetivo de esclarecer as conexões estabelecidas entre ambas. Nesse contexto, evidenciamos que, antes da criação da Engenharia Didático-Informática (EDI), tais conexões não existiam de forma espontânea; foram, na verdade, concebidas e desenvolvidas por meio da metodologia da EDI, o que possibilitou um diálogo inédito entre a ED e a ES. A seguir, apresentamos um comparativo entre as duas engenharias, conforme ilustrado na Figura 17.

Figura 17 – Comparativo entre as duas engenharias



Fonte: Tiburcio (2016, p. 46).

A articulação entre as duas engenharias contempla tanto requisitos educacionais quanto tecnológicos. Conforme Tiburcio (2016), as etapas definidas na Engenharia Didática servem como fundamentação teórica e metodológica para o desenvolvimento de *software* educativo, a saber:

A etapa de *Especificação*, momento em que se define a tipologia do *software*, requisitos e características, relaciona-se com as análises iniciais da Engenharia

Didática, observando que a metodologia de busca desse referencial delimita variáveis fundamentais para uma compreensão inicial dos requisitos do SE.

A etapa de **Desenvolvimento** leva em consideração o levantamento teórico que foi realizado na **Concepção e Análise a priori** e nesse momento é iniciado o processo de experimentação do *software*.

O processo de **Validação do software** relaciona-se com a experimentação da ED e com a última fase, a análise a posteriori e validação. Validar o *software* significa verificar se o mesmo realiza o que se propõe a fazer. Fazem parte desta fase os testes, a criação de situações de utilização bem como a utilização do *software* nas situações de uso [...]

Por último, a etapa de **manutenção/evolução** relaciona-se com a análise a posteriori e validação no momento em que a análise comparativa fornecida pela ED, traz à tona elementos que servem para o aperfeiçoamento e evolução do *software* desenvolvido (Tiburcio, 2016, p. 47).

A Engenharia Didático-Informática continuou a se desenvolver a partir da pesquisa de doutorado de Tiburcio (2020), cujo objetivo principal foi aperfeiçoar tanto a própria metodologia da Engenharia Didático-Informática (EDI) quanto o modelo de processo de desenvolvimento de *software* a ela associado, por meio de uma abordagem histórica e analítica.

Inicialmente, Tiburcio (2020) propôs reflexões sobre a produção de *softwares* educativos e apresentou uma breve retomada de suas pesquisas anteriores, a partir do seguinte questionamento: *Como os softwares educativos são desenvolvidos?*

Para responder a essa pergunta, o autor delineou o alicerce teórico da Engenharia Didático-Informática, que envolve: as premissas da Engenharia de *Software*, a composição das equipes e os métodos ágeis; os modelos de processo; o principal produto da Engenharia Didático-Informática; uma discussão sobre a primeira e a segunda geração da Engenharia Didática; e, por fim, a articulação entre elementos da ED e da ES.

Tiburcio (2020), em sua revisão de literatura, demonstrou preocupação com a análise dos paradigmas atuais de desenvolvimento de *software* educativo. Em continuidade, no resgate histórico, investigou as engenharias às quais os *softwares Casyopée, Function Studium* e *Modellus* foram submetidos em seus respectivos processos de criação.

A abordagem analítica teve como finalidade compreender de que forma alguns pesquisadores utilizaram a EDI no desenvolvimento de *softwares* educativos, com o intuito de identificar as contribuições e limitações da referida metodologia. Para isso, foram investigadas as seguintes pesquisas: Silva (2016), em dissertação de mestrado, desenvolveu, em equipe, o *Function Studium*; Siqueira (2019), em sua tese de doutorado, participou do desenvolvimento do *Conics Studium 3D*; e Silva (2019), também em estudo de doutorado, desenvolveu o *Magnitude Studium*.

A pesquisa de mestrado de Silva (2016) teve como objetivo levantar requisitos, prototipar e validar um *software* para abordar o conceito de taxa de variação de funções,

utilizando como aporte teórico-metodológico os princípios da Engenharia Didático-Informática (EDI) para nortear a construção do *Function Studium*. Tiburcio (2020) ressalta que a aplicação da EDI no estudo de Silva apresentou resultados significativos. Como afirma o próprio autor, houve benefícios advindos do uso de recursos idealizados e implementados com base nos resultados da análise preliminar, nas dimensões epistemológica e cognitiva. As análises teóricas realizadas também fundamentaram os princípios utilizados na construção do *Function Studium*.

Siqueira (2019) teve como objetivo “conceber, desenvolver e validar um artefato que possibilite a integração de recursos computacionais na exploração dos tratamentos e das conversões dos registros de representação semiótica das curvas cônicas”. Para isso, o autor utilizou a metodologia da Engenharia Didático-Informática (EDI) no desenvolvimento do *software Conics Studium 3D* e identificou limitações da Engenharia de *Software* na produção de recursos tecnológicos educacionais.

Segundo Tiburcio (2020), o autor citado sugeriu que a Teoria dos Registros de Representação Semiótica, proposta por Raymond Duval, poderia ser integrada ao processo de desenvolvimento de *software*, a fim de considerar as múltiplas representações dos objetos matemáticos. No entanto, Tiburcio (2020, p. 137) ressalta que “a escolha da fundamentação teórica, seja ela cognitiva, didática, epistemológica ou de qualquer outra natureza, surge das análises realizadas de acordo com o campo de saberes a ser investigado para a construção do *software*”.

Por fim, Tiburcio (2020, p. 138) faz uma breve observação sobre o *software Magnitude Studium*, que “utilizou a EDI observando as potencialidades da integração entre a Engenharia Didática e a Engenharia de *Software*”. O *software* foi projetado durante a pesquisa de Silva (2019) com o propósito de dar suporte às atividades docentes no ensino de área e perímetro, e constatou-se que uma das dificuldades elencadas pelo pesquisador refere-se ao processo de validação de *software* proposto na EDI. O autor destacou que não estava claro como esse processo deveria ser realizado, conforme descrito no modelo de processo da metodologia.

Para finalizar, Tiburcio (2020), ao analisar os relatos dos pesquisadores sobre as limitações e possibilidades da aplicação da EDI, bem como as dificuldades e facilidades associadas ao seu uso, propôs o aperfeiçoamento da nova versão da metodologia. Essa versão será abordada no subcapítulo a seguir.

5.2 Modelo de processo da Engenharia Didático-Informática

A Engenharia Didático-Informática foi estruturada em quatro fases e quatro ciclos, conforme ilustrado na Figura 18. A seguir, apresentamos o modelo da EDI proposto por Tiburcio (2020). As fases são: analítica, hipotética, experimental e operacional. Os ciclos, por sua vez, resultam da integração entre essas fases e são denominados: Analítico-Hipotético, Hipotético-Experimental, Experimental-Operacional e Operacional-Analítico.

Figura 18 – Modelo de Processo de *software* (Engenharia Didático-Informática)



Fonte: Tiburcio (2020).

O modelo atual proposto por Tiburcio (2020) não é rígido ou inflexível, permitindo que o pesquisador revise e retome os ciclos a qualquer momento, com o objetivo de realizar melhorias.

Segundo o autor, o primeiro ciclo denominado Analítico Hipotético inicia-se com a etapa de especificação, cujo objetivo é identificar problemas de diversas naturezas que o *software* poderá auxiliar a solucionar. Nessa etapa, devem ser delimitados os potenciais usuários do produto a ser desenvolvido, os conteúdos abordados e formuladas hipóteses sobre como essa tecnologia pode contribuir para a compreensão desses conhecimentos.

A especificação é orientada por alguns questionamentos:

Quais são os problemas percebidos que o *software* poderá se apresentar como solução?

Quais conhecimentos se pretende abordar na utilização do *software*?

Considerando as relações entre os saberes delimitados, quais conceitos e definições devem estar presentes?

Qual será o diferencial da utilização desse *software* comparado a um ambiente papel e lápis? (Tiburcio, 2020, p. 170).

A composição da equipe envolvida no desenvolvimento de *software* educacional deve ser cuidadosamente planejada, especialmente no que diz respeito à formação acadêmica e profissional de seus membros, bem como às contribuições específicas que cada um pode oferecer ao projeto.

A EDI considera composição de equipes transdisciplinares, fazendo com que os saberes das áreas envolvidas sejam integrados numa perspectiva de união para que novos conhecimentos sejam criados. Além disso, os grupos de desenvolvimento devem ser compostos por possíveis usuários, sejam eles pesquisadores, professores, estudantes, entre outros, com o propósito de enriquecer o desenvolvimento com os retornos, percepções e experiências desses integrantes (Tiburcio, 2020, p. 170).

As análises prévias realizadas na Engenharia Didático-Informática são fundamentadas na Engenharia Didática, por meio do estudo das dimensões epistemológica, cognitiva e didática. Considerando os aspectos tecnológicos, Tiburcio (2016; 2020) acrescentou a dimensão informática e formulou algumas perguntas norteadoras para cada uma das dimensões, conforme apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 – Direcionamento para as análises prévias

DIMENSÕES	QUESTIONAMENTOS
Cognitiva	Existem indicações na literatura de como o estudante aprende? Quais dificuldades de aprendizado são identificadas? Quais etapas são elencadas para a construção do conhecimento?
Didática	Qual é o estado atual do ensino do conhecimento? Quais são as consequências desse ensino? Quais são as dificuldades em ensinar esse conhecimento?
Epistemológica	Quais intervenções são realizadas para adaptar o saber matemático ao saber a ser ensinado? Quais são os aspectos do conhecimento que podem dificultar e/ou facilitar a aprendizagem?
Informática*	Quais são as contribuições tecnológicas que o <i>software</i> deve conter para auxiliar na compreensão e ensino dos conhecimentos? Em que aspectos as tecnologias digitais influenciam no currículo e nas mudanças das práticas docente e discente?

Fonte: Tiburcio (2020, p. 171).

Após a conclusão da primeira fase, denominada Analítica, deve ser realizado o processo de levantamento de requisitos, o qual constitui a conexão entre as fases analítica e hipotética, sendo conduzido com base nas observações feitas durante a fase inicial. O levantamento de requisitos na Engenharia Didático-Informática é considerado um processo cíclico, que deve gerenciar os requisitos ao longo de todo o ciclo de vida do *software* (Tiburcio, 2020). A seguir, apresentamos as etapas para a obtenção de requisitos, considerando as dimensões da EDI e seus respectivos questionamentos norteadores:

1. Realiza-se uma estimativa para que se verifique as necessidades dos usuários que foram identificadas e como essas podem ser satisfeitas utilizando as atuais tecnologias de *hardware* e *software*; Como o ensino e a aprendizagem podem ser favorecidos? Como a compreensão dos saberes é auxiliada com o uso do *software*? Quais recursos e situações o *software* propõe para ajudar o usuário a compreender os conhecimentos?
2. É iniciado, nesta etapa, o processo de análise externa. Consideram-se aqui as possibilidades de outros *softwares* que versam sobre o mesmo conhecimento do produto que se pretende desenvolver a fim de propor situações e funcionalidades que vão além do que está disponível; Quais funcionalidades existem em produtos da área? Quais são os possíveis diferenciais do *software* que se pretende desenvolver? O que o *software* trata de novo referente ao que já existe?
3. Neste momento são colocadas em linguagem clara e objetiva, as informações coletadas durante as etapas anteriores criando, assim, o documento de requisitos. [...]
4. Neste momento, a equipe irá verificar os requisitos quanto à pertinência, consistência e integridade. Neste processo podem ser descobertos erros quanto aos requisitos levantados. Assim, os requisitos podem ser modificados, a fim de corrigir os problemas encontrados (Tiburcio, 2020, p. 172 -173).

No segundo ciclo, denominado Hipotético Experimental, realiza-se a concepção e análise a priori, a prototipação, o desenvolvimento e a experimentação. As análises a priori seguem a metodologia da Engenharia Didática, conforme detalhado no item 4.1.1 desta tese, fundamentada por Almouloud e Silva (2012) e Artigue (1988).

Consideramos o ciclo hipotético-experimental visto que o protótipo do *software* está na interseção entre o que se considera como hipótese e o que será desenvolvido, uma vez que há a expectativa de que o produto atenda aos objetivos levantados pela equipe. Dessa forma, as situações que foram idealizadas são implementadas no *software* (ou não) ao passo que a experimentação acontece. Os testes iniciais, o *feedback* da utilização, as percepções dos membros da equipe, as compreensões e incompreensões das funcionalidades, tudo isso acontece de forma simultânea à elaboração do produto. O *software* deve ser criado considerando a validação e invalidação das hipóteses e requisitos, ambos testados em caráter experimental.

O desenvolvimento do *software* é iniciado a partir das ideias do protótipo, e, de forma simultânea, ocorre a fase de experimentação. O protótipo, de acordo com Sommerville (2018, p. 47), “é uma versão inicial de um sistema utilizada para demonstrar conceitos, experimentar opções de projeto e descobrir mais sobre o problema e suas possíveis soluções”. O autor destaca que um protótipo de *software* pode auxiliar no processo de desenvolvimento ao prever mudanças que possam ser necessárias:

1. No processo de engenharia de requisitos, um protótipo pode ajudar na elicitação e validação dos requisitos do sistema.
2. No processo de projeto do sistema, um protótipo pode ser utilizado para explorar soluções de *software* e no desenvolvimento de uma interface com o usuário para o sistema (Sommerville, 2018, p. 47).

Na metodologia da EDI, propõe-se que, para iniciar a experimentação, a equipe elabore um manual do usuário ou documento instrutivo apresentando as funcionalidades básicas que

serão utilizadas nessa etapa. Entre os itens a serem incluídos, destacam-se: “Guia de instalação; Espaço de armazenamento necessário para instalação do *software* (no hardware que o receberá); Sistemas operacionais compatíveis; Exigência mínima de hardware; Inicialização do *software*; Demonstração de como utilizar as funcionalidades” (Tiburcio, 2020, p. 176).

O terceiro ciclo, denominado Experimental-Operacional, abrange a experimentação em sua forma clássica, voltada para a colocação do *software* em situações reais de uso. Essa etapa não se limita aos testes realizados pela equipe ou a ambientes simulados anteriormente, mas envolve a participação de potenciais usuários do produto (Tiburcio, 2020).

Dando continuidade à utilização da Engenharia Didático-Informática, o último ciclo, denominado Operacional-Analítico, corresponde ao momento de análise dos dados. Esse ciclo contempla a análise conclusiva e evolutiva após a finalização da experimentação do *software*.

A análise a posteriori consiste no confronto das hipóteses iniciais com o que se observou na utilização do *software* em caráter experimental, além das implementações realizadas pela equipe. Nesta etapa é necessário que a equipe confronte o estudo teórico realizado com a experimentação para que novos requisitos e complementos sejam considerados. Têm-se, aqui, a finalidade de confrontar a análise a priori a fim de verificar o atendimento dos objetivos do *software* e, posteriormente, validar suas contribuições. Essa análise deve se fundamentar na observação do conjunto dos dados coletados durante a experimentação bem como todo o ciclo da EDI (Tiburcio, 2020, p. 178 -179).

A seguir, apresenta-se o Quadro 5, com questionamentos que orientam a validação e a análise a posteriori.

Quadro 5 – Análise a posteriori

VALIDAÇÃO TEÓRICA	VALIDAÇÃO EXPERIMENTAL
A utilização do <i>software</i> contribuiu para superar/auxiliar nos problemas elencados quanto ao ensino e aprendizagem?	Houve auxílio ao ensino dos conhecimentos com a utilização do <i>software</i> ?
Foi possível contemplar todos os conhecimentos idealizados na fase de análise?	As dificuldades de compreensão dos saberes foram auxiliadas com a utilização do <i>software</i> ?
O diferencial entre trabalhar com um ambiente papel e lápis foi alcançado?	As funcionalidades e recursos digitais contribuíram para as relações de ensino e aprendizagem dos conhecimentos?
A composição da equipe de desenvolvedores auxiliou na criação do <i>software</i> ?	Outros comentários
O <i>software</i> apresentou diferenciais para outros que versam sobre a mesma temática?	Os sujeitos envolvidos contribuíram de tal modo para o desenvolvimento do <i>software</i> ?
Os referenciais teóricos adotados foram úteis para o desenvolvimento e criação de situações de uso do <i>software</i> ?	As situações propostas foram facilitadoras para compreender os conhecimentos trabalhados?
As possibilidades de hardware e recursos digitais auxiliaram na criação do <i>software</i> ?	Quais foram as implementações que surgiram com a realização do experimento?
Outros comentários	Houve incompreensões ou dificuldades de utilização do <i>software</i> ?

Fonte: Tiburcio (2020, p. 79–80).

Como afirma Tiburcio (2020), após a validação do *software*, são identificadas as características que necessitam de ajustes, incluindo aspectos tecnológicos e educacionais, os quais devem ser implementados para promover a evolução do *software*. “Essa etapa faz o ciclo da Engenharia Didático-Informática recomeçar, visto que existe a possibilidade de uma nova especificação, no sentido de considerar outros objetivos para o *software*” (Tiburcio, 2020, p. 180). Desse modo, entendemos que o processo de desenvolvimento de um *software* é contínuo e está em constante evolução, resultando no surgimento de novas versões.

A Engenharia Didático-Informática tem avançado nas pesquisas, impulsionando o desenvolvimento de diversos tipos de *softwares* educativos. Em seguida, apresentamos a Engenharia Didático-Informática (EDI) sob a perspectiva do desenvolvimento de jogos digitais.

5.3 Engenharia Didático-Informática no desenvolvimento de jogos digitais

A Engenharia Didático-Informática foi concebida para o desenvolvimento de projetos de *software* classificados como ambientes de simulação ou micromundos. No entanto, Tiburcio (2020, p. 188) observou “a possibilidade de que outros estudos, pesquisas, investigações e projetos de desenvolvimento de *software* educativo possam utilizar a EDI, a fim de que se criem outros tipos de *software*”, como é o caso dos jogos digitais.

Com o desenvolvimento da EDI para a criação de diferentes tipos de *software*, como no caso específico dos jogos digitais, os primeiros pesquisadores a produzir jogos com essa metodologia — Neto (2021), Gama (2023) e Santos (2023) — identificaram a necessidade de integrar outra metodologia ao processo de elaboração dos *games*, tendo em vista que os jogos digitais apresentam elementos distintos daqueles presentes em *softwares* classificados como micromundos.

Neto (2021) foi o primeiro a utilizar a Engenharia Didático-Informática (EDI) para produzir um jogo educativo digital, intitulado *Pokétrunfo*, voltado para o ensino e aprendizagem de números racionais. Esse estudo foi conduzido com base na EDI, em conjunto com a metodologia de desenvolvimento de jogos *Mechanics, Dynamics and Aesthetics* (MDA), traduzida para o português como Mecânica, Dinâmica e Estética.

As pesquisas de Gama (2023) e Santos (2023) combinaram a Engenharia Didático-Informática com outras metodologias, resultando no desenvolvimento de suas próprias metodologias para a criação de jogos digitais.

A tese de Gama (2023) teve como objetivo geral propor um Modelo de Desenvolvimento de *Games* Educacionais, articulando os elementos da Engenharia Didático-Informática (EDI) com os Processos de Desenvolvimento de *Games* (PDG), com o propósito de contribuir para o ensino e a aprendizagem de conhecimentos matemáticos.

Após as adaptações da EDI para a criação de *games*, Gama (2023) conduziu um ensaio experimental para o desenvolvimento de um jogo, seguindo a proposta apresentada na Modelização da EDI para o Desenvolvimento de *Games* (MEDIG). O autor organizou o ensaio em cinco atividades, relacionadas às fases da metodologia proposta, e realizou a pesquisa com dois discentes da Licenciatura em Matemática e um professor do mesmo curso, no campus Santa Maria da Boa Vista, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE). O autor concluiu que “encontrou na EDI uma proposta metodológica que consegue apresentar caminhos para desenvolver games educativos e contribuir de forma efetiva no processo de ensino e aprendizagem no chão da escola” (Gama, 2023, p. 147).

Da mesma forma, Santos (2023, p. 20), em sua tese, teve como objetivo geral “propor um modelo de processo de *software* da Engenharia Didático-Informática destinado à produção de jogos matemáticos de simulação a serem utilizados como instrumentos centrais na vivência de situações didáticas”. Para isso, durante o estudo do ciclo Hipotético-Experimental da EDI, foram utilizados o Processo Unificado da Rational (RUP⁴) e a Linguagem de Modelagem Unificada (UML⁵) para a elaboração do Modelo de Casos de Uso⁶ do jogo *Mankala Colhe Três Digital*.

Os três autores mencionados anteriormente utilizaram a Engenharia Didático-Informática (EDI) com adaptações para atender aos seus respectivos objetivos de pesquisa. Por outro lado, deparamo-nos com a dissertação de Lima (2023), que aplicou o primeiro e o segundo ciclos da EDI no desenvolvimento de um protótipo digital do *Jogo do Nim*, sem realizar alterações na metodologia. Lima (2023) afirmou que a EDI proporcionou um percurso metodológico valioso para a criação de jogos digitais.

Sob essa ótica, reconhecemos como relevantes as alterações realizadas nas metodologias da Engenharia Didático-Informática (EDI), destacadas nas pesquisas de Neto (2021), Gama (2023) e Santos (2023). No entanto, entendemos que o modelo proposto na pesquisa de Santos

⁴ Sigla relativa à versão original em inglês *Rational Unified Process*

⁵ Sigla relativa à versão original em inglês *Unified Modeling Language*

⁶ A utilização do Modelo de Casos de Uso, para entender e modelar o problema relacionado ao *software* a ser desenvolvido, representa uma técnica recomendada pelo Processo Unificado da *Rational*.

(2023) não se adequa à aplicação na presente investigação, visto que seu foco está voltado para jogos matemáticos de simulação, enquanto a proposta desta pesquisa se direciona ao desenvolvimento de um Jogo de Representação de Papéis (RPG).

Apesar de Gama (2023) propor uma modelização para o desenvolvimento de *games* educativos, compreendemos que a segunda versão da Engenharia Didático-Informática (EDI), desenvolvida por Tiburcio (2020), pode ser incorporada ao desenvolvimento de *games* mediante pequenas adaptações nas análises prévias. Por exemplo, na dimensão tecnológica, é possível observar os aspectos específicos dos jogos digitais e propor novas dimensões.

Tiburcio (2020) deixa em aberto a possibilidade de criação de dimensões de “outras naturezas”, que podem emergir ao longo da análise teórica e variar conforme o tipo de *software* a ser desenvolvido. No caso específico desta pesquisa, foi acrescentada a dimensão acessível, com o objetivo de promover a acessibilidade dos jogos digitais para estudantes surdos, conforme apresentado na Figura 19.

Figura 19 – Síntese da Dimensão



Fonte: Adaptado de Siqueira (2019).

Além da inclusão de novas dimensões na Engenharia Didático-Informática (EDI) para o desenvolvimento de jogos digitais, compreendemos que, no ciclo Hipotético-Experimental, seja elaborado o Documento de *Design* do *Game* (*Game Design Document* – GDD). Para melhor compreensão do leitor, o GDD descreve detalhadamente os aspectos do jogo, incluindo enredo, conceitos, personagens, cenários, mecânicas, trilha sonora e demais elementos. Trata-se de um documento de referência que visa assegurar que todos os envolvidos no desenvolvimento compreendam com precisão o que se pretende criar (Pedersen, 2003, *apud* Hira *et al.*, 2016).

O Documento de *Design do Game* (GDD) é considerado “o coração e a alma de todos os documentos que giram em torno de um *game* em desenvolvimento” (Schuytema, 2008, p. 106). De acordo com o autor, esse documento tem como objetivo ilustrar de que maneira o jogador deve interagir com o jogo, além de apresentar uma descrição abrangente de todos os aspectos necessários para que a equipe de desenvolvimento possa criar o jogo digital.

Hira *et al.* (2016) apresentam dois tipos de Documento de *Design do Game* (GDD): o GDD completo e o GDD finalizado. Os autores diferenciam os dois ao definir que o GDD completo contém os elementos essenciais para a produção de um protótipo “jogável”, enquanto o GDD finalizado incorpora as alterações realizadas durante o desenvolvimento do jogo, até o ponto em que não seja mais possível adicionar ou ajustar qualquer elemento. Assim, na presente pesquisa, utilizamos ambos os tipos de Documento de *Design do Game*: o completo e o finalizado.

A pesquisa desenvolvida por Hira *et al.* (2016, p. 329) teve como objetivo “desenvolver um meio para documentar a ideia do designer, facilitando o processo comunicativo de representação de ideias do designer para a equipe”. Para isso, os autores identificaram elementos comuns e característicos a partir de seis modelos, gerando um conjunto unificado. Esses elementos foram classificados com base na tríade elementar de mecânica, estética e história, além de uma categoria adicional para elementos complementares que, embora não essenciais, podem ser úteis ao *game designer*, proporcionando maior flexibilidade na adaptação do GDD conforme necessário. Dessa forma, foi criada uma estrutura em ordem semelhante aos modelos de Rouse III (2001) e Schuytema (2008), estabelecendo um modelo conceitual padrão. No Quadro 6, apresentam-se os principais elementos do GDD conforme Hira *et al.* (2016).

Quadro 6 – Elementos do GDD

Elementos	Definições
Sumário	A maneira mais rápida e eficiente de se encontrar a informação desejada.
Visão Geral/Resumo	Deve conter a descrição do jogo, do início ao fim, no formato de texto corrido contendo toda experiência que o jogo irá proporcionar ao jogador.
Visão Geral da História	Descreve a narrativa da história do jogo, incluindo todos os pontos principais de forma a proporcionar um melhor entendimento do contexto geral da história para o leitor. Caso o jogo não possua história esta sessão pode ser descartada.
Análise de jogos semelhantes	Deve conter uma análise de jogos que possuam características semelhantes ao jogo em questão, possíveis concorrentes. Caso o jogo não possua nenhum semelhante ou concorrente esta sessão pode ser descartada.
Lista de Diferenciais	Caso o jogo possua algum diferencial, seja na mecânica, na arte ou qualquer outra parte do jogo. Caso o jogo não possua nenhum diferencial esta sessão pode ser descartada.
Viabilidade Técnica	Deve descrever como o jogo será codificado, quais recursos serão necessários para produzir o jogo, qual será a plataforma do jogo e suas limitações.
Público-alvo e Marketing	Deve conter as informações relacionadas ao público-alvo, como faixa etária por exemplo. Além de sistemas de venda do jogo, como será comercializado, todas informações relacionadas ao marketing do jogo.
Mecânica do Jogo	Deve descrever as ações que os jogadores podem realizar.
Inteligência Artificial	Deve descrever os sistemas de interação entre os elementos do jogo, como o jogo irá reagir as ações do jogador.
Progressão do Jogo	Descreve os eventos que o jogador deve presenciar e como será a sua progressão durante o tempo, as condições de vitória quando necessárias. Se o jogo será dividido em níveis, capítulos ou algum outro formato.
Arte e Vídeo	Inclui todo o conteúdo relacionado a arte do jogo, desde esboços, <i>concepts</i> de personagens e de animações e <i>cutscenes</i> .
Música:	Inclui toda a biblioteca de sons que serão utilizados durante o desenvolvimento do jogo.
Interface:	inclui todos os elementos de tela, onde serão apresentadas opções a serem escolhidas pelo jogador.
Elementos do Jogo	Devem descrever os objetos presentes no jogo que de alguma forma afetam a jogabilidade. Podem ser divididos de três maneiras: Personagens, Itens, Objetos/Mecanismos.
Personagens	Deve descrever todos os personagens que possuam alguma relevância para a história, porém que o jogador não possua controle sobre os mesmos.
Itens	Inclui todos os elementos os quais o jogador pode pegar, utilizar e manipular, porém que não possuem relevância para a jogabilidade.
Objetos/Mecanismos	Inclui os elementos que o jogador não pode pegar, mas que podem ser manipulados durante o curso do jogo.
Material bônus	Deve conter informações relacionadas a possíveis materiais adicionais à serem implementados no jogo.
Definições	Serve como um glossário para os termos que não ficaram bem entendidos nas sessões anteriores.

Fonte: Hira *et al.* (2016, p. 335 – 336).

Portanto, consideramos que, ao acrescentar o desenvolvimento da nova dimensão acessível e do Documento de *Design do Game* (GDD) na Engenharia Didático-Informática, já é possível desenvolver jogos digitais que promovam a acessibilidade de estudantes surdos.

6 PERCURSO METODOLÓGICO

Este capítulo descreve a metodologia da pesquisa e o processo de produção do objeto educacional com base na Engenharia Didático-Informática. A abordagem metodológica fundamenta-se nas contribuições teóricas e práticas da Engenharia Didático-Informática (Tiburcio, 2016, 2020; Tiburcio e Bellemain, 2021). O procedimento de aplicação e coleta de dados utilizando a EDI é discutido em detalhes no subcapítulo 5.4.

O presente estudo pode ser classificado, quanto à sua natureza, como uma pesquisa aplicada que “objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais” (Gerhardt; Silveira, 2009, p. 35).

O trabalho de investigação foi conduzido a partir de uma perspectiva metodológica de cunho qualitativo, que, conforme Gil (2008), é um ramo da pesquisa científica voltado para o estudo do desenvolvimento de um grupo de indivíduos, permitindo a coleta de dados de forma flexível.

A pesquisa qualitativa é uma atividade que posiciona o observador no mundo e transforma esse mundo em representações, por meio de entrevistas, notas de campo, conversas, fotos e registros (Bogdan; Biklen, 1994). Ludke e André (1986, p. 11) acrescentam que “a pesquisa qualitativa supõe um contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo estudada, via de regras, através do trabalho intensivo de campo”.

6.1 Local da pesquisa

A coleta de dados e a experimentação da pesquisa foram realizadas no Centro Estadual de Capacitação de Educadores e Atendimento ao Surdo (CAS), localizado no município de Mossoró – Rio Grande do Norte. O CAS está sob a jurisdição da 12ª Diretoria Regional de Educação e Cultura (Direc), vinculada à Subcoordenadoria de Educação Especial da Secretaria de Estado da Educação, da Cultura, do Esporte e do Lazer (Suesp/SEEC) (Neto, 2023).

O referido local foi escolhido por ser capacitado para o atendimento de surdos, com faixa etária de 2 a 57 anos. A instituição atende estudantes do município de Mossoró e cidades circunvizinhas, oferecendo serviços de Libras, apoio pedagógico na alfabetização e nos anos iniciais, apoio pedagógico nos anos finais do Ensino Fundamental e no Ensino Médio, além de apoio a surdos universitários.

Segundo o Projeto Político-Pedagógico (PPP) do CAS, sua fundação ocorreu em 2 de junho de 2006, oficializada por meio do Decreto nº 19.131, publicado no Diário Oficial do Estado. A instituição tem como objetivo contribuir para o desenvolvimento da aprendizagem em Libras, por meio de seus núcleos, visando à efetivação da inclusão social e educacional. Com isso, tem a finalidade

O CAS-Mossoró busca superar a perspectiva de processos educacionais que levem à exclusão, primando pela educação bilíngue através da organização de espaços educacionais que auxiliem o desenvolvimento dos alunos surdos e com deficiência auditiva em turno inverso ao da escola, contribuindo efetivamente para garantir o acesso dos alunos à educação comum e disponibilizando os serviços e apoios que complementam a formação desses alunos nas classes comuns da rede regular de ensino (Silva *et al.*, 2022, p. 6).

Segundo o PPP do CAS, os atendimentos são oferecidos em diferentes disciplinas, tais como: Português para Surdos, Informática Educativa, Matemática, Libras, Letramento para a EJA, Letramento Infantil, Ciências, Biologia, História, Oficina de Redação e Formação, com cursos de Libras nos níveis I, II e III, além de curso para Intérprete de Libras.

6.2 Sujeitos da pesquisa

A pesquisa contou com a participação de dois públicos distintos. O primeiro grupo foi constituído por uma equipe transdisciplinar que participou do desenvolvimento do protótipo do jogo digital, detalhado no subtópico 6.1.2.

Outro grupo participante da aplicação do questionário foi uma amostra composta por dez estudantes surdos do Ensino Fundamental e Médio, vinculados ao Centro Estadual de Capacitação de Educadores e Atendimento ao Surdo (CAS), localizado no município de Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte. Para a realização dos testes com o protótipo do jogo digital *Geomaze*, participaram duas estudantes surdas, ambas sinalizadas e oralizadas, vinculadas ao CAS e matriculadas no Ensino Médio integrado ao curso de Informática no Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), na mesma cidade.

6.3 Procedimentos éticos

Esta pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Estadual da Paraíba, conforme o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) nº 70976323.0.0000.5187 (anexo A).

6.4 Instrumentos para produção e registro dos dados

Os instrumentos utilizados para a produção e o registro dos dados foram fotografias, gravações de vídeos e a aplicação de um questionário. As fotografias e os vídeos foram importantes para registrar algumas respostas, sinalizações em Libras e as reações durante a pesquisa.

No questionário (ver Apêndice A), optamos por utilizar dez questões, abertas e fechadas. As perguntas de 1 a 4 tiveram como objetivo coletar informações básicas sobre a idade, a série e o grau de surdez dos alunos, enquanto as perguntas de 5 a 10 tiveram como propósito identificar problemáticas relacionadas à acessibilidade dos jogos digitais e às dificuldades enfrentadas pelos estudantes em relação aos conteúdos matemáticos. O questionário foi aplicado em versão impressa e distribuído em três turmas, cada uma acompanhada por um professor bilíngue (Português e Libras) do CAS. Os professores interpretavam as perguntas em Libras, enquanto os alunos registravam suas respostas no papel. Nas questões de múltipla escolha, os estudantes marcavam um “x” na alternativa escolhida.

Segundo Marconi e Lakatos (2003, p. 21), o questionário “é um instrumento de coleta de dados, constituído por uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito e sem a presença do entrevistador”. Sob esse ponto de vista, a pesquisadora não esteve presente em sala de aula quando os estudantes responderam ao questionário.

6.5 EDI na pesquisa

A pesquisa em questão adotou a versão da Engenharia Didático-Informática (EDI), proposta por Tiburcio (2020), como metodologia de pesquisa e para a produção do objeto educacional, mais especificamente, o jogo digital. A seguir, detalhamos os ciclos da EDI que foram aplicados neste estudo.

I) Ciclo Analítico-Hipotético

No primeiro ciclo, o Analítico-Hipotético, iniciou-se a fase analítica, apresentando as especificações dos problemas existentes no ensino e na aprendizagem do conteúdo “Polígonos”, conforme mostrado na figura 20. Nessa fase, também estabelecemos os potenciais usuários e a composição da equipe (detalhado no subtópico 6.1.2) para o desenvolvimento do jogo digital e definimos os saberes abordados na pesquisa.

Figura 20 – Ciclo Analítico-Hipotético

Fonte: Tiburcio (2020).

Na especificação, aplicamos um questionário com os estudantes surdos para verificar a usabilidade dos jogos por esse público, com o objetivo de coletar informações sobre as necessidades, dificuldades e expectativas dos alunos em relação ao uso de jogos digitais. Após a organização da equipe, as análises prévias foram iniciadas, dando continuidade à fase analítica. Nessa etapa, realizamos um levantamento analítico com a intenção de compreender os encaminhamentos das dimensões didática, epistemológica, cognitiva e informática do conteúdo “Polígonos”, a ser abordado no jogo digital (Tiburcio, 2020), acrescentando a dimensão acessível. Segundo Tiburcio (2020), as análises prévias devem incluir os resultados das pesquisas, estudos e investigações relacionados aos conhecimentos que serão incorporados ao jogo digital. A seguir, apresentamos o Quadro 7, com alguns questionamentos que orientaram esta etapa da pesquisa.

Quadro 7 – Direcionamento para as análises prévias

DIMENSÕES	QUESTIONAMENTOS
Didática	Qual é o estado atual do ensino de polígonos? Quais são as consequências do ensino de polígonos? Quais são as dificuldades em ensinar polígonos?
Cognitiva	Existem indicações na literatura de como o estudante aprende polígonos? Quais dificuldades de aprendizado são identificadas? Quais etapas são elencadas para a construção do conhecimento?
Epistemológica	Quais intervenções são realizadas para adaptar o saber matemático ao saber a ser ensinado? Quais são os aspectos do conhecimento que podem dificultar e/ou facilitar a aprendizagem?
Informática*	Quais contribuições tecnológicas o jogo digital no <i>RPG Maker</i> deve conter para auxiliar na compreensão do ensino de polígonos para os estudantes surdos? Em que aspectos os jogos digitais no <i>RPG Maker</i> influenciam o currículo e as práticas docentes e discentes?
Dimensão Acessível**	O que define um jogo digital acessível? Quais são os elementos essenciais para torná-lo verdadeiramente acessível? Quais são os elementos fundamentais para o jogo digital se tornar acessível para pessoas com surdez?

*Dimensão adaptada pela autora **Dimensão acrescentada pela autora

Fonte: Adaptado de Tiburcio (2020).

A partir do tema da nossa pesquisa, acrescentamos uma dimensão direcionada às questões relacionadas à acessibilidade no jogo digital para estudantes surdos. Essa primeira fase analítica contempla o nosso primeiro e segundo objetivos específicos, nos quais realizamos um levantamento dos aspectos das dimensões didática, epistemológica, cognitiva e informática do modelo da Engenharia Didático-Informática, e propusemos uma dimensão acessível voltada a promover a acessibilidade dos jogos digitais para estudantes surdos e ouvintes.

Após a finalização da fase analítica, realizamos atividades de levantamento de requisitos para “obter, analisar, especificar e validar os requisitos” (Tiburcio, 2020, p. 172). A engenharia de requisitos foi orientada pelas contribuições identificadas nas dimensões didática, epistemológica, cognitiva, informática e acessível, a fim de elucidar uma variedade de elementos relacionados aos conhecimentos que seriam abordados pelo jogo digital a ser desenvolvido. Assim, os requisitos foram sujeitos a alterações à medida que hipóteses foram formuladas e experimentos, conduzidos. Por essa razão, o documento de requisitos foi elaborado com fácil acesso, permitindo adaptações conforme necessário (Tiburcio, 2020).

No levantamento de requisitos, realizamos análises internas e externas com a intenção de responder aos questionamentos propostos nesta etapa, com ênfase no conteúdo de “Polígonos”.

Nas análises internas, buscamos responder às seguintes perguntas: Como o ensino e a aprendizagem de polígonos podem ser favorecidos? Como a compreensão dos saberes é auxiliada pelo uso do jogo digital? Quais recursos e situações o jogo digital propõe para ajudar o aluno surdo a compreender os conhecimentos sobre polígonos?

Nas análises externas, pesquisamos outros jogos digitais que abordam o conteúdo de “Polígonos”, a fim de propor situações e funcionalidades que ultrapassem o que já existe. Para isso, buscamos responder: Quais funcionalidades existem em produtos voltados ao conteúdo de polígonos? Quais são os possíveis diferenciais do jogo digital que se pretende desenvolver? O que o jogo digital aborda de novo em relação ao que já existe?

Com as respostas obtidas nas análises internas e externas, a equipe buscou verificar os requisitos quanto à pertinência, consistência e integridade, conforme propõe Tiburcio (2020), para que, caso sejam encontrados erros, os problemas possam ser identificados e corrigidos.

II) Ciclo Hipotético-Experimental

No segundo ciclo, o Hipotético-Experimental (Figura 21), idealizamos as situações de uso, as hipóteses de interação dos usuários com o sistema, os possíveis problemas relacionados à utilização do jogo digital e o desenvolvimento do protótipo, com o objetivo de iniciar os testes na etapa seguinte (Tiburcio, 2020).

Figura 21 – Ciclo Hipotético-Experimental



Fonte: Tiburcio (2020, p. 174).

Nesta fase hipotética, realizamos a concepção e a análise a priori, nas quais são desenvolvidas as situações de utilização do jogo digital, além dos referenciais teóricos e metodológicos que, em hipótese, contribuem para o ensino e a aprendizagem dos elementos a serem trabalhados (Tiburcio, 2020). Segundo o autor, é preciso levar em conta a interação com os usuários, sendo que essas situações ocorrem no mesmo período em que o protótipo do jogo digital é idealizado.

De acordo com Tiburcio (2020), uma vez que as ideias do protótipo foram fundamentadas, o processo de *design* e arquitetura do jogo digital, ou seja, o desenvolvimento, foi iniciado. Essa etapa ocorreu em paralelo com a experimentação, pois o uso do protótipo em situações projetadas forneceu subsídios para orientar as características que o produto final deveria possuir, como funcionalidades, especificações e possíveis novos requisitos.

Para o desenvolvimento do protótipo, criamos o GDD completo, apresentando: a visão geral (*high concept*) do jogo; os objetivos educacionais; a *engine* (com detalhes sobre o programa e a linguagem de programação utilizada); os pré-requisitos (sistemas operacionais); o *gameplay* e o enredo (com missões, fases e personagens); o fluxo do jogo; e o *level design*. O fluxo do jogo descreve, de forma detalhada, em fluxograma, como o jogador pode progredir nas fases, níveis ou desafios, explorando possíveis ramificações da narrativa e permitindo escolhas e decisões significativas. O *level design*, por sua vez, apresenta toda a programação do jogo, incluindo cada um dos cenários, desafios e itens essenciais para a jogabilidade.

Com as primeiras ideias do protótipo em funcionamento, os testes foram iniciados com duas alunas surdas no Centro Estadual de Capacitação de Educadores e Atendimento ao Surdo (CAS), e as experiências resultantes foram documentadas para fornecer elementos de análise e novos requisitos para melhorias do jogo digital. Visto que “o protótipo desenvolvido precisa ser utilizado pelos possíveis usuários e essas experiências devem ser registradas a fim de obter elementos de análise e implementação do *software*” (Tiburcio, 2020, p. 175).

Após a aplicação do primeiro teste, retornamos ao ciclo Analítico-Hipotético e realizamos modificações na especificação, nas análises prévias e no GDD do jogo digital, além de ajustes na própria programação do jogo. É importante esclarecer que a Engenharia Didático-Informática é cíclica e que, no desenvolvimento de jogos digitais, podem ocorrer diversas idas e vindas entre as fases e os ciclos.

Contempla-se, assim, nosso terceiro objetivo específico, que foi prototipar o jogo digital *Geomaze*, orientado pela EDI, visando promover a acessibilidade de estudantes surdos na aprendizagem do conteúdo de “Polígonos”. Inclusive, abrange-se o quarto objetivo específico, que consiste em desenvolver o Documento de *Design do Game* (GDD) e orientações pedagógicas para o jogo digital *Geomaze*, destinado à aplicação por professores e demais interessados.

7 OPERACIONALIZAÇÃO DA ENGENHARIA DIDÁTICO-INFORMÁTICA: CICLO ANALÍTICO HIPOTÉTICO

Posteriormente, apresentamos como se deu a aplicação da Engenharia Didático-Informática a partir da fase analítica, por meio da especificação, composição da equipe, análises prévias e levantamento de requisitos.

7.1 Especificação

Nesta etapa da pesquisa, iniciamos a fase analítica com a especificação, que, segundo Tiburcio (2020), é o momento em que levantamos os problemas existentes e que o jogo digital a ser desenvolvido pretende apresentar como solução. Essa fase envolve a definição dos saberes que serão abordados, bem como a consideração hipotética de como essa tecnologia pode contribuir para a compreensão desses conhecimentos.

Algumas perguntas, adaptadas de Tiburcio (2020), que foram respondidas são: 1) Quais são os problemas percebidos que o jogo digital poderá se apresentar como solução? 2) Quais conhecimentos se pretende abordar na utilização do jogo digital? 3) Considerando as relações entre os saberes delimitados, quais conceitos e definições devem estar presentes? 4) Qual será o diferencial da utilização desse jogo digital comparado a um ambiente papel e lápis?

Para obter respaldo para responder às questões acima, decidimos aplicar um questionário na comunidade surda do Centro Estadual de Capacitação de Educadores e Atendimento ao Surdo (CAS). O questionário teve como objetivo coletar informações sobre as necessidades, dificuldades e expectativas dos estudantes em relação ao uso de jogos digitais. O instrumento de coleta de dados também buscou identificar aspectos relacionados à acessibilidade, além das preferências e dos desafios que os estudantes encontram ao utilizar esses jogos. Com isso, visamos levantar requisitos para aprimorar o desenvolvimento de jogos voltados a estudantes surdos, assegurando que as adaptações realizadas atendam às demandas desse público.

O questionário foi aplicado no turno da tarde a dez alunos presentes no CAS, com idades e séries detalhadas na Tabela 6, apresentada a seguir. Observou-se a presença de estudantes de séries regulares e da Educação de Jovens e Adultos (EJA), sendo a aplicação realizada no dia 10 de agosto de 2023, abrangendo todos os estudantes presentes.

Tabela 6 – Informações dos alunos da pesquisa

Idade	Série
14	9° ano
16	1° ano Médio
16	7° ano
19	2° ano Médio
25	9° ano
25	3° ano
30	9° ano
30	4° ano
32	Ensino Fundamental
39	5° ano

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Após as informações pessoais dos estudantes, a quinta pergunta do questionário foi: “Quais são os jogos digitais que você conhece, que você jogou ou que já ouviu falar?”. Segundo a análise das respostas, 80% dos alunos afirmaram conhecer algum jogo digital e 20% afirmaram não gostar ou não conhecer nenhum jogo digital."

A questão foi formulada de maneira aberta para identificar a maior variedade de jogos que os estudantes conheciam e costumavam jogar. Entre os jogos mencionados, destacaram-se: *Call of Duty*, citado três vezes; *PUBG*, mencionado por quatro alunos; *C-OPS*, por dois estudantes; e *Free Fire*, *FIFA*, *Street Fighter*, *God of War*, *Fortnite* e *Block Puzzle Guardian*, cada um mencionado uma vez.

Para a compreensão do leitor sobre essa aplicação, o professor de Matemática anotou no quadro os nomes dos jogos conforme os alunos sinalizavam. Essa estratégia teve como objetivo auxiliar os estudantes no preenchimento das perguntas abertas do questionário e na escrita dos nomes dos jogos sinalizados em Libras.

Na sexta pergunta: “Desses jogos que você mencionou quais deles mais gostou?”, as respostas foram: os jogos *Call of Duty* e *PUBG* tiveram duas menções, já *Free Fire*, *Block Puzzle Guardian*, *God of War* e *FIFA* foram citados uma vez.

A sétima pergunta do questionário apresentava seis opções de problemas relacionados à acessibilidade em jogos (ver apêndice A), permitindo que os participantes marcassem mais de uma alternativa e adicionassem outras dificuldades que encontrassem. A pergunta era: “*Você já desistiu de jogar um jogo digital por falta de acessibilidade e/ou por alguma dificuldade? Se sim, marque ou escreva quais foram essas dificuldades*”.

Eis as alternativas:

- () Não compreender as regras do jogo por estar todo em áudio.
- () Não conseguir interagir dentro do jogo com outros jogadores.

- () Sentiu falta de legenda no jogo.
- () Sentiu falta de suporte em Libras no jogo.
- () Sentiu falta de *feedback* visual.
- () Sentiu falta de qualidade nas imagens do jogo.
- () Outros _____

Após a coleta dos dados, organizamos as respostas para possibilitar uma análise mais concisa das dificuldades enfrentadas pelos alunos surdos ao jogarem, como mostra a tabela 7. Entre as respostas, sete participantes mencionaram que não compreenderam as regras dos jogos por estarem apenas em áudio, oito participantes indicaram sentir falta de legendas nos jogos, oito estudantes responderam sentir falta de suporte em Libras (Língua Brasileira de Sinais), cinco destacaram a ausência de *feedback* visual e quatro alunos, na alternativa “outros”, acrescentaram a falta de tradutor em Libras. As alternativas “não conseguir interagir dentro do jogo com outros jogadores” e “sentiu falta de qualidade nas imagens do jogo” não foram assinaladas por nenhum participante.

Tabela 7 – Respostas relacionadas à acessibilidade em jogos

Alternativa	Número de respostas
Não compreender as regras do jogo por estar todo em áudio.	7
Não conseguir interagir dentro do jogo com outros jogadores.	0
Sentiu falta de legenda no jogo.	8
Sentiu falta de suporte em Libras no jogo.	8
Sentiu falta de <i>feedback</i> visual.	5
Sentiu falta de qualidade nas imagens do jogo.	0
Outros	4

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Na oitava pergunta, “*Você já teve alguma aula com jogos digitais educacionais?*”, obtivemos os seguintes dados: cinco alunos já tiveram aulas de Matemática com o uso de jogos digitais. Entre as respostas, dois estudantes também relataram esse contato nas aulas de Robótica, e foi mencionada uma experiência nas aulas de Física e Educação Física. Apenas um aluno afirmou não ter tido nenhum contato com jogos digitais educativos.

Na nona pergunta, “*O que deve conter em um jogo digital educacional para ele ser acessível para você?*”, o aluno poderia marcar quantas alternativas julgasse necessárias. A seguir, apresentam-se as alternativas que foram disponibilizadas:

- () Conteúdo da disciplina claro

- () Legenda
- () *Feedback* visual
- () Interprete de Libras
- () Uma história interessante
- () Outros _____

Tivemos as seguintes respostas: nove dos participantes consideraram a legenda importante; oito mencionaram o *feedback*; sete alunos marcaram a presença de intérprete de Libras inserido no jogo; quatro citaram uma história interessante; e apenas um indicou a clareza do conteúdo da disciplina, como mostra a Tabela 8.

Tabela 8 – Respostas da nona pergunta

Elementos avaliado	Nº de respostas
Legenda	9
<i>Feedback</i>	8
Intérprete de Libras inserido no jogo	7
História interessante	4
Conteúdo da disciplina claro	1

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Na última pergunta do questionário, os participantes responderam: “*Quais conteúdos matemáticos você sente mais dificuldade?*”. Entre as respostas, obtivemos: equação do segundo grau, geometria, função, lei dos senos e dos cossenos, equação do primeiro grau, as quatro operações, frações, potenciação e equações.

Após a aplicação do questionário nas três turmas, traçamos um panorama das problemáticas relacionadas à acessibilidade dos jogos digitais. Entre as principais dificuldades apontadas, destacam-se a ausência de *feedback* visual adequado e a falta de um tradutor em Libras integrado ao jogo — aspectos que comprometem a experiência e a inclusão dos estudantes surdos.

É evidente que a acessibilidade dos jogos, tanto de entretenimento quanto educacionais, ainda é uma questão crítica que deve ser discutida. Sendo assim, a inclusão de elementos visuais e de suporte em Libras surge como um dos aspectos fundamentais para garantir uma experiência positiva e educativa para a comunidade surda.

Por isso, ao responder à primeira pergunta da Engenharia Didático-Informática: “*Quais são os problemas percebidos que o jogo digital poderá apresentar como solução?*”,

identificamos diversas lacunas. Entre elas, destacam-se: a falta de jogos digitais de Geometria voltados para alunos surdos; a ausência de jogos que integrem narrativas com situações-problema em vez de apenas exercícios virtualizados; a escassez de *feedback* visual como substituto do som; e a carência de jogos sobre polígonos desenvolvidos com a mecânica do *RPG Maker*, utilizando recursos bilíngues (Português e Libras), como tradutor de Libras e legendas.

Consideramos que o jogo digital pode ser uma opção para auxiliar na compreensão do conteúdo de polígonos pelos estudantes surdos, pois é possível proporcionar, no jogo, uma abordagem mais envolvente e acessível à aprendizagem da Matemática. Isso porque a interatividade do jogo pode ajudar a superar barreiras linguísticas por meio da Libras e a melhorar a compreensão do conteúdo por meio de uma experiência lúdica para os alunos surdos.

Dando prosseguimento à especificação da Engenharia Didático-Informática, respondemos às perguntas: “*Quais conhecimentos se pretende abordar na utilização do jogo digital?*” e “*Considerando as relações entre os saberes delimitados, quais conceitos e definições devem estar presentes?*”.

A escolha do conteúdo ocorreu a partir da nossa revisão sistemática da literatura, apresentada no subcapítulo 3.3 desta tese, em razão de não termos identificado nenhuma produção acadêmica que abordasse jogos digitais com o conteúdo de Geometria voltado ao público surdo. Considera-se, ainda, que os conteúdos da Geometria apresentam muitas representações de figuras e possuem uma natureza visual, o que facilita a compreensão e a visualização por parte dos estudantes surdos.

Para especificar o conteúdo de Geometria no jogo, escolhemos abordar o tema dos polígonos, contemplando os seguintes objetivos educacionais: classificar figuras geométricas planas como polígonos e não polígonos; reconhecer, nomear e comparar polígonos; identificar polígonos convexos e não convexos; classificar polígonos em relação à quantidade de lados; e identificar polígonos regulares e irregulares.

O jogo foi planejado para contemplar a habilidade EF06MA18, que tem como objetivo “reconhecer, nomear e comparar polígonos, considerando lados, vértices e ângulos, e classificá-los em regulares e não regulares, tanto em suas representações no plano como em faces de poliedros” (Brasil, 2018, p. 303).

Considerando as relações entre os saberes delimitados a partir dos objetivos propostos, o jogo apresenta conceitos e definições que contribuem para a construção do conceito de polígono. Assim, inicialmente, são inseridos problemas que permitem aos jogadores explorar a ideia de linha poligonal e suas classificações, percebendo a diferença entre linhas abertas e

fechadas, além da distinção entre polígonos e não polígonos. O jogo também aborda a diferenciação entre polígonos convexos e não convexos, bem como a classificação dos polígonos de acordo com o número de lados, vértices e ângulos. Por fim, os jogadores são levados a reconhecer e diferenciar polígonos regulares e irregulares, classificando-os adequadamente.

Na quarta pergunta proposta na Engenharia Didático-Informática, temos: “*Qual será o diferencial da utilização desse jogo digital comparado a um ambiente papel e lápis?*”. A proposta de incorporação de um jogo digital com conceitos de polígonos apresenta diversos diferenciais.

O primeiro ponto que elencamos foi a acessibilidade linguística, considerando a possibilidade de integrar a Libras aos símbolos matemáticos dentro do jogo. Com isso, há a possibilidade de criar um ambiente propício à aprendizagem, no qual a comunicação se torna mais natural e compreensível. A simultaneidade entre o aprendizado de polígonos e a interpretação em Libras em um mesmo ambiente é viabilizada pelo uso da tecnologia. O jogo digital poderá proporcionar uma experiência mais completa na compreensão do conteúdo.

Nesse caso, o aluno pode ter a oportunidade de aprender com seus erros e acertos. Ademais, a natureza interativa dos jogos digitais é útil, pois consegue estimular a motivação e o engajamento dos alunos em sala de aula. Por fim, evidenciamos que o jogo digital tem o potencial de integrar conceitos básicos dos polígonos de forma interativa e lúdica. Dessa forma, a experiência do aluno surdo pode tornar o aprendizado mais acessível.

7.2 Composição da equipe Transdisciplinar

Após a conclusão da especificação, definimos a composição da equipe e suas contribuições para o desenvolvimento do jogo digital. Gostaríamos de evidenciar a contribuição do professor Dr. William de Souza Santos que, embora não tenha integrado formalmente a equipe, ministrou o Curso de Desenvolvimento de Jogos Digitais Educacionais com *RPG Maker MV*, promovido pelo Grupo Cajazeiras de Pesquisa em Matemática, no período de 19/02/2024 a 11/03/2024, do qual participou a pesquisadora Aylla Gabriela Paiva de Araújo. Esse curso foi relevante para o aprofundamento do conhecimento sobre o programa e para apoiar o processo de criação do protótipo do jogo. A equipe foi constituída por profissionais com diferentes formações nas áreas de Matemática, Computação e Libras, como mostra a Tabela 9.

Tabela 9 – Composição da Equipe

Nome	Função	Formação	Contribuições
Aylla Gabriela Paiva de Araújo	Engenheiro-Pesquisador	Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática - UEPB	Liderar o processo de desenvolvimento do jogo e observar os elementos educacionais.
Marcus Bessa de Menezes	Orientador	Doutor e Mestre em Educação – UFPE.	Orientação do andamento da pesquisa e no desenvolvimento do jogo.
Ricardo Tiburcio dos Santos	Coorientador	Doutor e Mestre em Educação Matemática e Tecnológica - EDUMATEC/UFPE	Orientação no andamento da pesquisa e no desenvolvimento do jogo.
Carlos Heitor Pereira Liberalino	Programador	Doutor em Ciência da Computação – UBP	Auxiliar no desenvolvimento do jogo.
Welton Batista dos Santos	Membro colaborador	Professor de Matemática e Libras do CAS	Observar os aspectos inclusivos através da sua experiência com alunos surdos.
Wanderson Laerte de Oliveira Carvalho	Membro colaborador	Mestre em Matemática Aplicada e Estatística – UFRN	Auxiliar no desenvolvimento do jogo observando elementos de jogabilidade.

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Contamos também com a valiosa colaboração dos professores do CAS – Mossoró, Francisca Cleidimara da Silva⁷ e Eliedson Gonzaga Tavares⁸, assim como da diretora da instituição, Mízia Emanuella Mendes Veras⁹, que participaram de um encontro para validar se a estrutura textual estava adequada à tradução em Libras do primeiro protótipo do jogo *Geomaze*.

7.3 Análises Prévias

Neste subcapítulo, apresentamos as análises prévias, compostas pelas dimensões didática, cognitiva, epistemológica, informática e, por fim, pela dimensão acessível, desenvolvida no âmbito desta pesquisa.

7.3.1 Dimensão Didática do conceito de Polígono

⁷ Graduada em Pedagogia pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN. Especialista em Língua Brasileira de Sinais - Libras pela Faculdade Católica Nossa Senhora das Vitórias (FCNSV). Professora de Libras do Centro Estadual de Capacitação de Educadores e Atendimento ao Surdo - CAS Mossoró.

⁸ Profissional surdo. Possui graduação em Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistema pela Fundação Universidade do Tocantins (2009), graduação em Letras - Libras pela Universidade Federal de Santa Catarina (2012) e Especialização em Letras Libras pela Faculdade Católica Nossa Senhora das Vitórias (2016).

⁹ Possui graduação em Pedagogia, pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, especialista em O ensino da Arte e Educação Física na Infância, pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte E Pós-graduanda em Libras pela Faculdade Católica Nossa Senhora das Vitórias.

A Geometria está presente de diversas formas e em variadas situações em nossa vida: na natureza, nos objetos que usamos, nas artes, nas brincadeiras infantis, nos jogos, nas construções etc. Ela faz parte da vida do ser humano desde a Antiguidade, sendo um dos ramos mais antigos da Matemática, com o objetivo de estudar o espaço e as formas.

O ensino e a aprendizagem da Geometria, por muito tempo, ficaram em segundo plano nos currículos de Matemática das escolas brasileiras, estando ausentes ou quase ausentes. De acordo com Lorenzato (1995), algumas razões principais explicam esse cenário: muitos professores não possuíam os conhecimentos necessários para ensinar Geometria, e os livros didáticos, que muitas vezes apresentavam esses conteúdos como um conjunto de fórmulas e definições localizadas nos capítulos finais, aumentavam a possibilidade de esses assuntos não serem estudados, devido à falta de tempo. Além disso, a ausência de cursos de formação que abordassem os conteúdos geométricos fazia com que os professores não tivessem domínio sobre o tema.

Santos e Nacarato (2014) acrescentam que o ensino de Geometria passou por várias fases,

Sabemos que, até 1960, ele se baseava nos estudos de Euclides. Entre 1970 e 1980, recebeu a influência do Movimento da Matemática Moderna, em que o ensino tinha ênfase principalmente na linguagem, dificultando a compreensão dos conceitos. Os docentes também encontravam dificuldades para ensinar os conteúdos e, associados a toda essa complexidade, os livros didáticos existentes naquela época traziam os conteúdos geométricos nos capítulos finais. Isso, de certa forma, contribuiu para que o ensino desse conteúdo se tornasse bastante insatisfatório, provocando o seu abandono pela escola (Santos; Nacarato, 2014, p. 14).

Pires, Cury e Campo (2000, p. 21) afirmam que “a necessidade de resgatar o ensino de Geometria nas escolas passou a ser um dos destaques em diferentes propostas curriculares e artigos sobre o assunto”. Com o surgimento dos documentos curriculares oficiais no Brasil, evidenciou-se a importância do ensino de Geometria na Educação Básica. Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) foram criados para apresentar diretrizes que ajudam a contextualizar e organizar o currículo escolar (Brasil, 1997), e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), para estabelecer as competências e habilidades essenciais que os estudantes devem desenvolver.

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais, a Geometria está presente em dois blocos de conteúdos: “o estudo do espaço e das formas (no campo da Geometria) e o estudo das grandezas e das medidas (que permite interligações entre os campos da Aritmética, da Álgebra e da Geometria)” (Brasil, 1997, p. 39). O documento considera os conceitos geométricos uma parte importante do currículo de Matemática no Ensino Fundamental e, por meio deles, há a

possibilidade de desenvolver um tipo especial de pensamento, no qual o aluno consegue compreender, descrever e representar de forma organizada o mundo ao seu redor (Brasil, 1997).

Para isso, os alunos devem ser incentivados a explorar o espaço em que vivem, pois é assim que a aprendizagem acontece: “pelas ações mentais que a criança realiza quando compara, distingue, separa e monta” (Lorenzato, 2006, p. 44). Essas habilidades são fundamentais para estimular a percepção visual da criança e permitir que ela se localize no espaço ao seu redor.

A Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018), ao considerar a Matemática no Ensino Fundamental, está estruturada em cinco unidades temáticas: Números, Álgebra, Geometria, Grandezas e Medidas, e Probabilidade e Estatística, abrangendo desde os anos iniciais até o 9º ano dos anos finais. Segundo a BNCC, “a Geometria envolve o estudo de um amplo conjunto de conceitos e procedimentos necessários para resolver problemas do mundo físico e de diferentes áreas do conhecimento” (Brasil, 2018). Esse documento recomenda o estudo das formas e das relações entre elementos de figuras planas como um dos conteúdos dessa unidade temática, a fim de desenvolver o pensamento geométrico dos estudantes.

Em relação ao conteúdo de polígonos, a BNCC para o Ensino Fundamental – anos iniciais – estabelece que os alunos devem ser capazes de “nomear e comparar polígonos, por meio de propriedades relativas aos lados, vértices e ângulos” (Brasil, 2018, p. 272). A partir do terceiro ano, o tema das figuras geométricas planas é introduzido com o objetivo de desenvolver a habilidade EF03MA15: “Classificar e comparar figuras planas (triângulo, quadrado, retângulo, trapézio e paralelogramo) em relação a seus lados (quantidade, posições relativas e comprimento) e vértices”. Já no quinto ano, o conteúdo de polígonos envolve “reconhecer, nomear e comparar polígonos, considerando lados, vértices e ângulos, e desenhá-los, utilizando material de desenho ou tecnologias digitais” (Brasil, 2018, p. 297).

Compreendemos que a progressão do ensino gradativo do conceito de polígonos, prevista pela BNCC nos anos iniciais, foca no avanço do pensamento geométrico dos estudantes, evidenciando a visualização e o conhecimento das propriedades de lados, vértices e ângulos. Também, o uso de materiais didáticos possibilita o desenvolvimento de práticas pedagógicas que aplicam os conceitos geométricos de maneira lúdica.

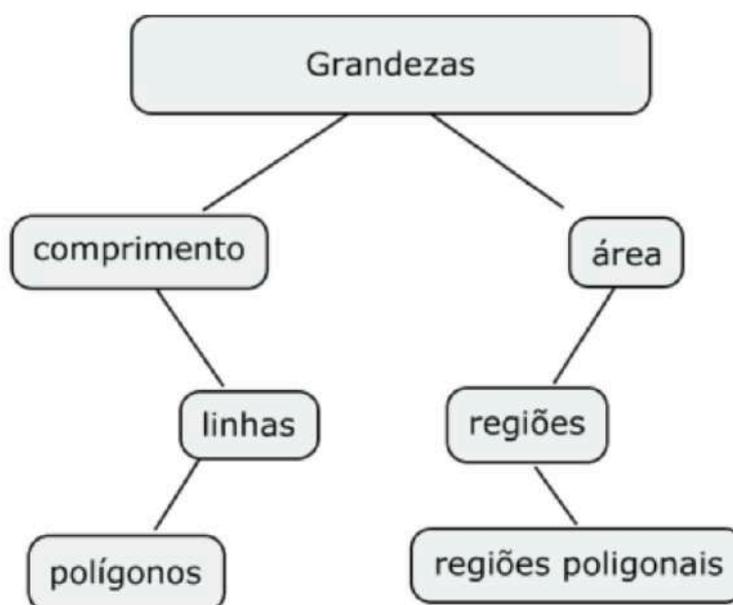
Nos anos finais do Ensino Fundamental, “o ensino de Geometria precisa ser visto como consolidação e ampliação das aprendizagens realizadas” (Brasil, 2018). Nesse contexto, no sexto ano, espera-se que os alunos desenvolvam, no conteúdo de polígonos, a habilidade EF06MA18, cujo objetivo é: “reconhecer, nomear e comparar polígonos, considerando lados,

vértices e ângulos, e classificá-los em regulares e não regulares, tanto em suas representações no plano como em faces de poliedros” (Brasil, 2018, p. 303).

Com relação ao conteúdo de polígonos em alguns livros didáticos, segundo Leivas (2012), ocorrem confusões conceituais no conteúdo da Geometria, inclusive naqueles avaliados pelo Programa Nacional do Livro Didático. Um desses problemas é a distinção entre os conceitos de polígono e região poligonal, que provoca um conflito cognitivo entre eles.

O autor afirma que deve ser levado em consideração que “o conceito de polígono [uma linha], ao qual está associada uma unidade de medida, que é o comprimento, e ao qual se associa o perímetro, que é linear. Por outro lado, a região poligonal está associada a uma unidade de medida, que é sua área” (Leivas, 2012, p. 13), como ilustrado na Figura 22.

Figura 22 – Mapa conceitual envolvendo grandezas e medidas



Fonte: Leivas (2012, p. 13).

Para o entendimento do estado atual do ensino de polígonos, iniciamos nossa análise com dois livros didáticos do 6º ano: Silveira (2018) e Bianchini (2022), disponíveis no site¹⁰ do PNLD, da Editora Moderna, os quais apresentam conceitos distintos de polígonos. Um desses livros, Bianchini (2022), foi escolhido também por ser adotado nas escolas municipais de Mossoró, Rio Grande do Norte, onde a pesquisa foi realizada.

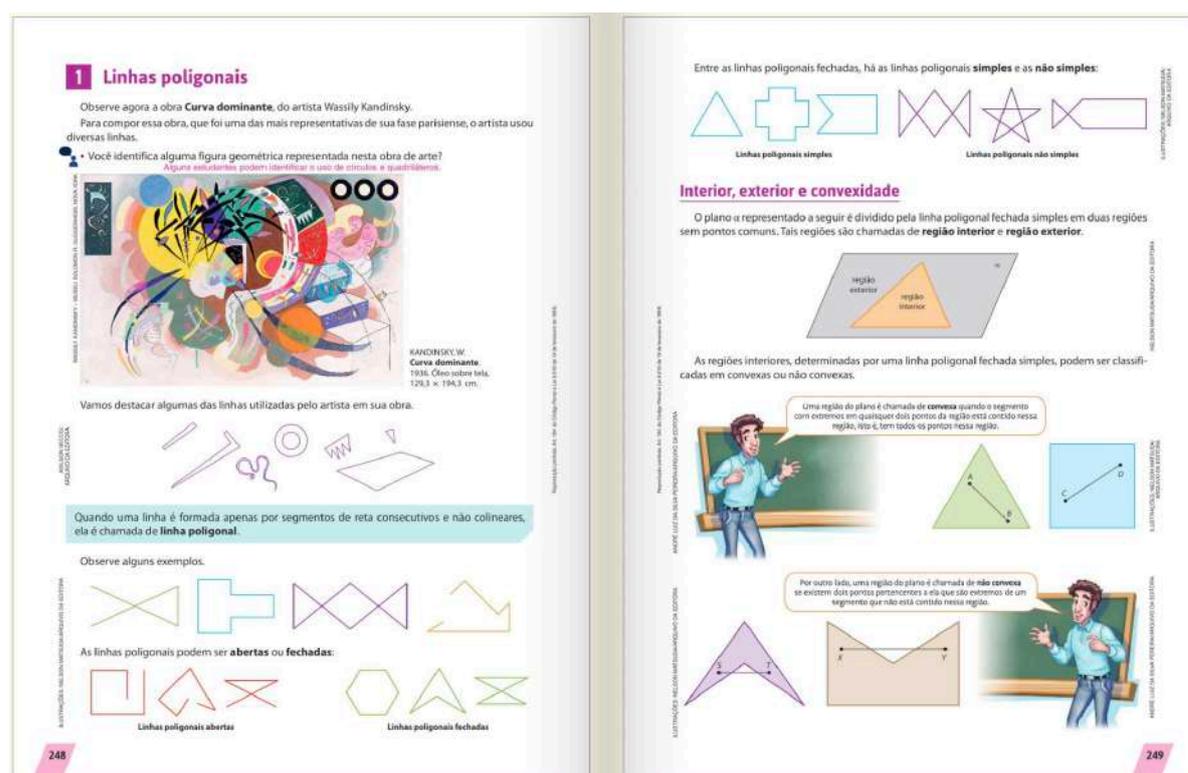
Bianchini (2022) inicia o capítulo 10 com o conteúdo de polígonos e poliedros, apresentando uma obra de arte abstrata geométrica para introduzir o conceito de linha poligonal,

¹⁰ <https://pnld.moderna.com.br/fundamental-2/matematica/>

que será utilizado na conceituação de polígono. O autor contextualiza a Geometria com a arte e destaca algumas das linhas utilizadas pelo artista Wassily Kandinsky.

Depois, expõe a definição de linha poligonal como: “Quando uma linha é formada apenas por segmentos de reta consecutivos e não colineares, ela é chamada de linha poligonal” (Bianchini, 2022, p. 249). O autor também apresenta exemplos de linhas poligonais abertas, fechadas, simples e não simples, conforme ilustrado na Figura 23.

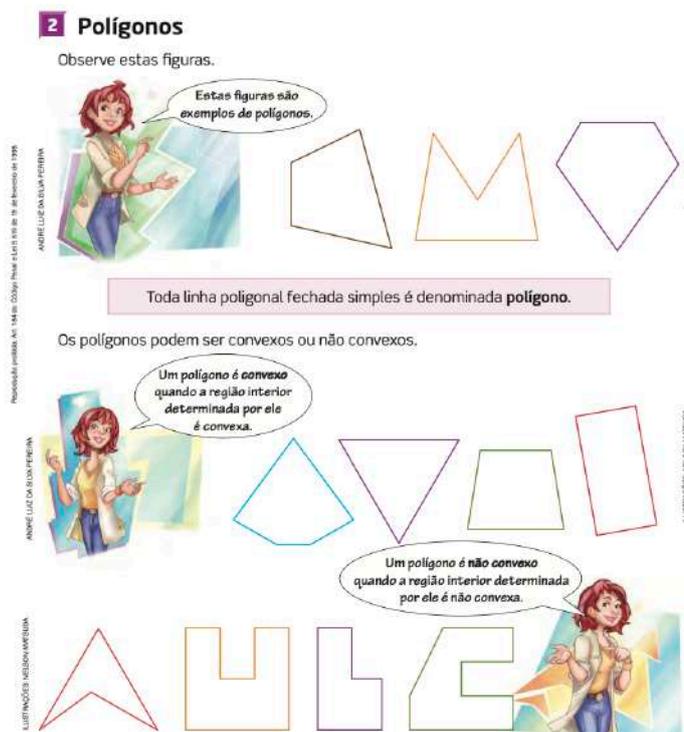
Figura 23 – Linhas poligonais



Fonte: Bianchini (2022, p. 250).

Na página 249 do livro de Bianchini (2022), há um tópico que explica a região do plano, o interior e o exterior, além da classificação de convexidade. Após o aluno compreender esses conceitos básicos, apresenta-se a explicação de polígono, com exemplos de figuras e a definição do conceito: “Toda linha poligonal fechada simples é denominada polígono” (Bianchini, 2022, p. 252). O autor também explica que um polígono é convexo quando a região interior por ele determinada é convexa, e não convexo quando a região interior por ele determinada não é convexa, conforme ilustrado na Figura 24.

Figura 24 – Polígonos



Fonte: Bianchini (2022, p. 252).

Dando continuidade à análise do livro de Bianchini (2022), são apresentados brevemente os elementos de um polígono, como vértices e lados, assim como a classificação dos polígonos, desde o triângulo (três lados) até o icosaágono (vinte lados). Para finalizar o conteúdo de polígonos, são ampliados e aprofundados os conhecimentos sobre triângulos e quadriláteros, mostrando elementos (vértices, lados e ângulos) e suas classificações.

Concluimos que o autor define o polígono como uma linha poligonal fechada simples e o classifica em convexos e não convexos, com base na convexidade da região interior que ele delimita. Consideramos que essa explicação foi apresentada dessa forma justamente para que, no sétimo ano, seja estudado o conteúdo de área das regiões poligonais.

Analisando o conteúdo sobre polígonos no livro de Silveira (2018), inicialmente o autor apresenta um mosaico e identifica três tipos de figuras geométricas. Em seguida, ele explica que o contorno de cada uma dessas figuras geométricas é formado apenas por segmentos de reta, os quais, juntos, formam uma linha poligonal. Depois, exhibe outro mosaico com figuras cujos contornos não são formados por segmentos de reta, como contraexemplo, evidenciando que não se trata de uma linha poligonal.

O autor expõe alguns exemplos de linhas poligonais e as classifica como abertas, fechadas, simples e não simples. Em seguida, conceitua polígono como: “uma linha poligonal

fechada simples com sua região interna forma uma figura geométrica plana chamada de polígono” (Silveira, 2018, p. 215). Na Figura 25, são exibidas duas imagens (um trapézio e um pentágono) que representam polígonos, considerando a linha poligonal juntamente com a região interna.

Figura 25 – Conceito de polígono

As linhas poligonais podem ser assim classificadas:

	Não simples (linhas se cruzam)	Simples (linhas não se cruzam)
Abertas		
Fechadas		

Uma linha poligonal fechada simples com sua região interna forma uma figura geométrica plana chamada de **polígono**.

Polígono: palavra de origem grega: *poli*: muitos; *gonos*: ângulos.



Fonte: Silveira (2018, p. 215).

O próximo tópico abordado no livro é a distinção entre polígonos convexos e não convexos. De acordo com Silveira (2018), para diferenciar esses tipos, basta escolher dois pontos quaisquer (A e B, por exemplo) no interior do polígono. Se o segmento \overline{AB} estiver sempre contido na região interna, o polígono é convexo; caso contrário, trata-se de um polígono não convexo. O autor destaca que, nas explicações seguintes, abordará exclusivamente os polígonos convexos, referindo-se a eles simplesmente como polígonos.

Dando sequência ao conteúdo, Silveira (2018) apresenta os elementos de um polígono, como lados, vértices, ângulos e diagonais, além de classificar os polígonos do triângulo ao icosaágono, de forma semelhante ao conteúdo de Bianchini (2022). O diferencial da abordagem de Silveira (2018), em relação à de Bianchini (2022), está na inserção da representação geométrica dos polígonos e na definição de polígonos regulares.

A partir do conteúdo dos dois livros, verificamos uma diferença no conceito de polígono: enquanto Bianchini (2022) o define como uma linha poligonal fechada simples, Silveira (2018) o compreende como uma linha poligonal fechada simples acompanhada de sua região interna. É pertinente ponderar que, nos livros voltados para professores, há uma observação indicando que o conteúdo proposto no capítulo de polígonos está alinhado à Base Nacional Comum Curricular (BNCC), contemplando a habilidade EF06MA18.

Algo que nos chamou a atenção nos capítulos foi a utilização do conteúdo relacionado à arte, como pinturas e mosaicos, apresentados como sugestões para que os professores desenvolvam atividades interdisciplinares com a disciplina de Artes. Bianchini (2022, p. 248) sugere que os professores “solicitem aos estudantes que confeccionem uma representação artística utilizando linhas poligonais e não poligonais. Sob a orientação do professor de Arte, os estudantes poderão utilizar diferentes técnicas nessa produção.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais, é notável trabalhar noções geométricas “a partir da exploração dos objetos do mundo físico, de obras de arte, pinturas, desenhos, esculturas e artesanato, [pois] ele permitirá ao aluno estabelecer conexões entre a matemática e outras áreas do conhecimento” (Brasil, 1997, p. 39).

Na versão virtual do Professor do Livro de (Silveira, 2018, n.p.), é apresentada uma proposta para as aulas iniciais de polígonos, caso a escola tenha um ambiente de informática: “leve os estudantes para a sala e peça que representem polígonos no *GeoGebra*. Desafie-os a construir polígonos com lados de mesma medida de comprimento, para que tenham um primeiro contato com a noção de polígonos regulares”.

Diante dessas recomendações, compreendemos que tais abordagens são essenciais para promover uma postura investigativa e exploratória nos estudantes. Elas também estimulam a criatividade em sala de aula, o que contribui para aumentar a motivação dos alunos em relação à aprendizagem do conteúdo.

Nessa perspectiva de compreender as diferenças no conceito de polígonos, Silva e Jesus (2019) realizaram um estudo para analisar elementos históricos, epistemológicos e didáticos sobre a definição desse conteúdo, com o intuito de responder à seguinte pergunta: “polígono é uma linha ou uma região?”. Os autores concluíram que as duas concepções são corretas.

Assim, os dois conceitos devem, em nossa opinião, ser distinguidos desde o início da escolaridade, a fim de não produzirem obstáculos epistemológicos futuros e terem continuidade no avanço da escolaridade. Entretanto, muito embora em livros didáticos seja iniciado o estudo a partir de linhas poligonais abertas e fechadas para chegar ao conceito de polígono, posteriormente eles são representados pela região poligonal cuja fronteira é o polígono, geralmente colorindo essa região (Leivas, 2012, p. 13).

Em um vídeo, Diniz, do Grupo Mathema (2018), responde à pergunta: “Qual a diferença entre polígonos e região poligonal?” e propõe:

Vamos refletir sobre o valor dessa diferenciação, considerando o contexto da escola básica. Sem dúvida, é preciso reconhecer que se trata de uma terminologia mais complexa: haveria dois nomes distintos e uma constante distinção entre eles. Mas qual seria, de fato, a contribuição dessa diferenciação para aqueles que estão se iniciando em Matemática? É nessa perspectiva que a Geometria escolar permite o uso do mesmo termo para se referir tanto ao triângulo como polígono quanto à região poligonal, abrangendo suas linhas e o interior. De forma clara, é compreendido por quem aprende e por quem ensina, por exemplo, o que significa o perímetro de um triângulo ou a área de um triângulo. No primeiro caso, a referência é à linha do polígono; no segundo, trata-se da região delimitada por essa linha, considerada como uma superfície no plano. Sendo assim, vale a reflexão: devemos deixar de lado o formalismo excessivo — ainda que rigorosamente correto — para abrir espaço a uma aprendizagem mais intuitiva e criativa no universo das formas e de suas propriedades.

Essa diferenciação precisa ficar evidente para os alunos, a fim de que compreendam qual conceito de polígono está sendo adotado pelo professor. Silva e Jesus (2019) defendem que, desde o início, deve-se considerar a região interna na construção da definição de polígono, uma vez que isso não torna o ensino mais complexo para os estudantes do 6º ano do Ensino Fundamental.

Por exemplo, no livro de Barbosa (2018, p. 205), intitulado *Geometria Euclidiana Plana*, o autor faz uma observação sobre o uso das expressões:

“nós iremos tomar a liberdade de usar expressões do tipo “a área de um quadrado”, quando queremos dizer realmente “a área da região poligonal cuja fronteira é um quadrado”. Em geral falaremos de “área de um dado polígono”, quando queremos de fato nos referir a área da região, cuja fronteira é aquele polígono.

Com isso, concordamos com Silva e Jesus (2019) e Barbosa (2018) que, ao ensinar polígonos, é indispensável explicitar seus conceitos e propriedades aos alunos. Diante das discussões sobre polígonos, esta pesquisa adota a seguinte definição: um polígono é uma linha poligonal fechada simples, mas busca também abordar a região interna como parte da construção desse conceito.

Respondendo aos questionamentos das análises prévias na dimensão didática, quais são as dificuldades em ensinar polígonos e quais são as consequências do ensino de polígonos, a análise de livros didáticos e artigos (Leivas, 2012; Proença; Pirola, 2011; Silva; Jesus, 2019) evidencia uma divergência conceitual no ensino de polígonos, sobretudo quanto à distinção entre a definição centrada apenas na linha poligonal simples fechada e aquela que inclui também a região delimitada. A ausência de clareza nessa diferenciação, tanto por parte dos estudantes

quanto, por vezes, dos próprios professores, pode gerar obstáculos epistemológicos à aprendizagem de conteúdos posteriores, como área, perímetro e simetria.

A partir do mapeamento apresentado no subcapítulo 3.3, concluímos que as intervenções no ensino de polígonos para alunos surdos devem incluir atividades práticas que promovam experiências vinculadas ao cotidiano e enfatizem aspectos visuais, favorecendo o desenvolvimento do pensamento geométrico desses estudantes. No entanto, reconhecemos que “não é fácil e imediata a adoção dessas novas práticas, pois elas dependem de mudanças que vão além da escola e da sala de aula” (Ropoli *et al.*, 2010, p. 9).

7.3.2 Dimensão Cognitiva

Para o desenvolvimento do pensamento geométrico, as discussões acadêmicas apresentam o modelo de Van Hiele, que consiste em cinco níveis de compreensão denominados: visualização, análise, dedução informal, dedução formal e rigor.

Nível 0 – visualização: Neste estágio inicial, os alunos percebem o espaço apenas como algo que existe em torno deles. As figuras geométricas, por exemplo, são reconhecidas por sua forma como um todo, isto é, por sua aparência física, não por suas partes ou propriedades.

Nível 1 – análise: começa uma análise dos conceitos geométricos. Por exemplo, através da observação e da experimentação, os alunos começam a discernir as características das figuras.

Nível 2 – dedução informal: Neste nível os alunos conseguem estabelecer inter-relações de propriedades tanto dentro de figuras [...], quanto entre figuras. [...] Assim, eles são capazes de deduzir propriedades de uma figura e reconhecer classes de figuras.

Nível 3 – dedução: Neste nível compreende-se o significado da dedução como uma maneira de estabelecer a teoria geométrica no contexto de um sistema axiomático.

Nível 4 – rigor: A geometria é vista no plano abstrato (Crowley, 1994, p. 2 – 4).

Na pesquisa em questão, ao abordar o desenvolvimento de um jogo digital com o conteúdo de polígonos, consideramos indispensáveis os dois primeiros níveis do modelo de Van Hiele. Por esse motivo, o estudo se concentra nesses níveis, com o objetivo de favorecer o desenvolvimento do pensamento geométrico nos níveis 0 (visualização) e 1 (análise).

Nos anos iniciais, estudantes surdos e ouvintes passam a reconhecer figuras geométricas por meio de materiais didáticos e recursos concretos, como objetos do cotidiano, tangram e mosaicos. Esses recursos auxiliam nas atividades de identificação visual e tátil das características das formas, como o triângulo, inicialmente compreendido pelo seu formato.

Contudo, Jesus e Thiego (2018) revelam que o uso de materiais manipuláveis, embora não garanta por si só a aprendizagem do estudante surdo, pode ser intencionalmente direcionado

pelos professores para estimular a busca por diferentes caminhos que conduzam à compreensão dos conceitos matemáticos.

Crowley (1994) apresenta experiências fundamentada no modelo de Van Hiele, destacando que, no nível básico de visualização (nível 0), os alunos reconhecem figuras geométricas com base em sua aparência visual. Nesse estágio, eles manipulam, colore, dobram e constroem figuras com materiais como varetas, canudos e blocos, além de resolver problemas por meio da manipulação concreta, medição e contagem.

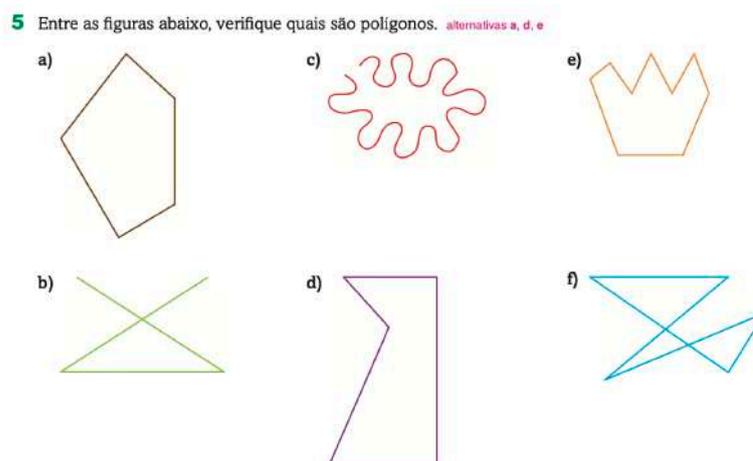
Essas atividades e experiências do nível 0 são fundamentais para estudantes surdos e ouvintes, pois destacam os aspectos visuais e favorecem o desenvolvimento do pensamento geométrico. Viana e Barreto (2014, p. 47) evidenciam que “na educação é importante que o aluno com surdez tenha oportunidade de interagir no ambiente educacional com a utilização de imagens visuais em seus aspectos lúdicos”

No nível 1 (análise), os alunos têm a oportunidade de medir, colorir, dobrar, recortar, modelar e ladrilhar com o objetivo de identificar propriedades das figuras e relações geométricas. Também podem descrever uma classe de figuras com base em suas propriedades, por exemplo, como descrever uma figura a alguém que nunca a viu, sem utilizar nenhum desenho? Do mesmo modo, os estudantes podem comparar figuras segundo suas características; classificar e reclassificar por atributos isolados; identificar e desenhar figuras a partir de descrições orais ou escritas; reconhecer figuras com base em pistas visuais; e resolver problemas geométricos que exijam o conhecimento de propriedades das formas (Crowley, 1994).

Proença e Pirolo (2011) consideram necessário que os estudantes desenvolvam os conceitos de geometria e consigam utilizá-los para a solução de situações-problema. Os autores afirmam ser necessário que os alunos conheçam os atributos definidores, que são as características ou propriedades que definem um conceito, para permitir “que o aprendiz possa identificar novos exemplos de um conceito e diferenciá-los dos não-exemplos, sendo que o desenvolvimento nos níveis cognitivos possibilita reduzir ou mesmo evitar erros de generalização” (Proença; Pirolo, 2011, p. 204).

No livro de Bianchini (2015), um livro didático para os estudantes do 6º ano do Ensino Fundamental, é possível identificar, nos exercícios propostos, muitas questões que colocam em prática o reconhecimento das características ou propriedades que definem um conceito. Na Figura 26, por exemplo, seria necessário verificar quais das alternativas são polígonos.

Figura 26 – Exemplo de uma questão de polígonos



Fonte: Bianchini (2015, p. 250).

Baseado na leitura do artigo dos autores Proença e Pirola (2011), identificamos na questão acima, que as alternativas a), d) e e), são exemplos que representam todos os atributos definidores exigidos pelo conceito de polígonos (linha poligonal simples fechada). Já as letras b), c) e f) são os não-exemplos, pelo fato de não possuírem as características ou propriedades desse mesmo conceito.

Segundo Proença e Pirola (2011, p. 213),

Quando um aluno é levado a analisar, por exemplo, as características comuns de um conjunto de figuras planas, buscando a identificação de polígonos, o fato de procurar por *atributos definidores* pode ajudá-lo a desenvolver um pensamento que objetiva encontrar particularidades. Desse modo, é possível partir de *exemplos* e *não-exemplos* para formalizar os *exemplos* de polígonos constituintes de tal conjunto. Sabendo-se o que é, pode-se diferenciar o que não é.

Dessa forma, não se deve negligenciar o planejamento, sendo preciso avaliar como as atividades ou os materiais didáticos serão utilizados, sempre com atenção à aprendizagem do aluno. Isso se alinha à ideia de Van Hiele de que “o progresso ao longo dos níveis depende mais da instrução recebida do que da idade do aluno” (Crowley, 1994, p. 6).

Com relação às fases do aprendizado, buscaremos explicá-las com base em Crowley (1994), utilizando um exemplo sobre polígonos. A primeira fase, chamada de interrogação/informação, é o momento em que professores e alunos dialogam e realizam atividades relacionadas aos objetos de estudo do respectivo nível. Por exemplo, o professor pode perguntar: “O que é um polígono?” ou apresentar diferentes figuras, questionando: “Por que esta figura é um polígono?”. O objetivo dessas atividades é duplo: (1) permitir que o

professor conheça os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema e (2) indicar aos alunos a direção que os estudos irão tomar" (Crowley, 1994, p. 6).

Na segunda fase, denominada orientação dirigida, os alunos exploram o tópico de estudo por meio dos materiais previamente planejados pelo professor. Por exemplo, pode-se utilizar um geoplano ou o *software GeoGebra* para a construção de diferentes polígonos. A terceira fase, chamada explicação, envolve discussões entre os estudantes, o professor e os colegas, com base nas experiências anteriores, a fim de analisar as figuras e propriedades que emergiram das atividades desenvolvidas (Crowley, 1994).

A quarta fase é denominada orientação livre, na qual os alunos se deparam com tarefas mais complexas, que exigem múltiplos passos, podem ser resolvidas por diferentes caminhos ou apresentam final aberto (Crowley, 1994, p. 7). Por fim, a quinta fase é a integração, momento em que os estudantes revisam e sintetizam o que aprenderam, com o objetivo de construir uma visão geral da nova rede de objetos e relações (Crowley, 1994, p. 8). Nessa etapa, o professor pode retomar e sistematizar as propriedades dos polígonos e os conceitos fundamentais.

Baseado nos estudos de Van Hiele, as etapas elencadas para a construção do conhecimento geométrico, especificamente dos polígonos, incluem a interrogação/informação, para identificar conhecimentos prévios; a orientação dirigida, com exploração de materiais didáticos; a explicação, mediante discussões sobre propriedades e conceitos básicos; e, por fim, a integração, que sintetiza o aprendizado. No final da quinta fase, "os alunos alcançaram um novo nível de pensamento. O novo domínio de raciocínio substitui o antigo, e os alunos estão prontos para repetir as fases de aprendizado no nível seguinte" (Crowley, 1994, p. 8).

Baseando-se nos estudos de Van Hiele, as etapas propostas para a construção do conhecimento geométrico, especialmente sobre polígonos, são: a interrogação/informação, que busca identificar os conhecimentos prévios dos estudantes; a orientação dirigida, com a exploração de materiais didáticos; a explicação, na qual os alunos discutem propriedades e conceitos a partir das experiências anteriores; e a integração, fase em que o conteúdo é consolidado e estruturado em uma nova rede de significados. Ao final da quinta fase, "os alunos alcançaram um novo nível de pensamento. O novo domínio de raciocínio substitui o antigo, e os alunos estão prontos para repetir as fases de aprendizado no nível seguinte" (Crowley, 1994, p. 8).

Em relação ao mapeamento desenvolvido no subcapítulo 3.3, foram apresentados aspectos relacionados às dificuldades de aprendizagem dos estudantes surdos, incluindo fatores externos, como a falta de intérpretes de Libras e a ausência de sinais específicos em Libras para os conteúdos matemáticos. No desenvolvimento do referencial teórico sobre surdez, no

subtópico 2.2 desta tese, discorreremos sobre as pesquisas de Gesser (2009) e Furth (1966). Esses autores apontam que os alunos surdos não apresentam comprometimento no desenvolvimento cognitivo em função da surdez; na verdade, os eventuais atrasos em relação aos ouvintes geralmente resultam de barreiras linguísticas ou sociais.

Com isso, entende-se que, caso haja dificuldades de aprendizagem dos estudantes surdos em relação ao conteúdo de polígonos, essas podem estar relacionadas à falta de intérpretes e à ausência de sinais específicos em Libras. Outra possível dificuldade na aprendizagem de polígonos, tanto por estudantes surdos quanto por ouvintes, está relacionada a questões epistemológicas e didáticas envolvendo o conceito de polígonos.

7.3.3 *Dimensão Epistemológica*

Iniciamos a análise da dimensão epistemológica com base nos estudos de Silva e Jesus (2018) e Silva (2019), apresentando o saber sábio sobre os polígonos em *Os Elementos* de Euclides. Por se tratar de um documento histórico de grande influência para a matemática, *Os Elementos* tornou-se, como afirma Eves (2011, p. 178), “o protótipo da forma matemática moderna”.

Silva e Jesus (2019), ao analisarem as definições iniciais do primeiro capítulo do Primeiro Livro, identificaram as palavras “têrmo” e “figura”. Conforme Euclides (1944, p. 5), “XIII – Têrmo se diz daquilo que é extremidade de alguma cousa”. Assim, Silva e Jesus (2019, p. 126) observaram, em uma tradução mais recente para o português, a substituição da palavra “têrmo” por “fronteira”. Como consta em Euclides (2009, p. 97): “Fronteira é aquilo que é extremidade de alguma coisa”.

Com relação ao objeto “figura”, não houve alteração na terminologia. No entanto, as duas traduções apresentam redações ligeiramente diferentes. Ainda assim, é possível afirmar que ambas as definições são equivalentes, referindo-se a algo cujos limites são chamados de Têrmo¹¹/fronteira (Silva e Jesus, 2019). Na versão de 1944, Euclides define: “XIV – Figura é um espaço fechado por um ou mais têrmos” (Euclides, 1944, p. 5). Já na tradução de 2009, a definição aparece como: “Figura é o que é contido por alguma ou algumas fronteiras” (Euclides, 2009, p. 97).

Nessa primeira definição,

¹¹ Utilizamos a palavra têrmo de acordo com a escrita do texto de Euclides (1994).

a expressão “espaço fechado” permite a interpretação de que a região interna também faz parte da figura. Desse modo, podemos inferir que desde o tempo de Euclides as figuras geométricas são concebidas como uma partição do plano ou do espaço, ou seja, um polígono seria interpretado como uma partição com características específicas (Silva, 2019, p. 71).

Euclides (1944, p. 6) apresenta: “XX – Figuras retilíneas são as que são formadas com linhas retas”. Na versão atual, as figuras retilíneas são “as contidas por retas, por um lado, triláteras, as por três, e, por outro lado, quadriláteras, as por quatro, enquanto multiláteras, as contidas por mais do que quatro retas” (Euclides, 2009, p. 98). O autor também distingue os diferentes tipos dessas figuras: triangulares e quadriláteros.

20. E, das figuras triláteras, por um lado, triângulo equilátero é o que tem os três lados iguais, e, por outro lado, isósceles, o que tem só dois lados iguais, enquanto escaleno, o que tem os três lados desiguais.

21. E, ainda das figuras triláteras, por um lado, triângulo retângulo é o que tem um ângulo reto, e, por outro lado, obtusângulo, o que tem um ângulo obtuso, enquanto acutângulo, o que tem os três ângulos agudos.

22. E das figuras quadriláteras, por um lado, quadrado é aquela que é tanto equilátera quanto retangular, e, por outro lado, oblongo, a que, por um lado, é retangular, e, por outro lado, não é equilátera, enquanto losango, a que, por um lado, é equilátera, e, por outro lado, não é retangular, e romboide, a que tem tanto os lados opostos quanto os ângulos opostos iguais entre si, a qual não é equilátera nem retangular; e as quadriláteras, além dessas, sejam chamadas trapézios (Euclides, 2009, p. 98).

O livro *Os Elementos de Euclides* é um documento base para a compreensão da formalização dos conceitos que deram origem aos polígonos. Roque (2012) afirma que *Os Elementos de Euclides* são compostos por treze livros, publicados por volta do ano 300 a.E.C., mas não há registros da obra original, apenas versões e traduções. “Um dos fragmentos mais antigos de uma dessas versões, encontrado entre diversos papiros gregos em Oxyrhynque, cidade às margens do Nilo, data, provavelmente, dos anos 100 da Era Comum” (Roque, 2012, p. 151).

Além das terminologias iniciais mencionadas, Euclides também apresenta diversas construções geométricas e se dedica ao desenvolvimento de vários polígonos utilizando régua e compasso. De acordo com Stewart (2016), os polígonos regulares exerceram um papel central na geometria de Euclides e, desde então, tornaram-se essenciais para muitas áreas da matemática. Em *Os Elementos* de Euclides, um dos principais objetivos era demonstrar que existem cinco poliedros regulares — sólidos cujas faces são polígonos idênticos, dispostos de maneira uniforme em cada vértice. Para isso, Euclides considerou faces formadas por polígonos regulares com três, quatro e cinco lados, pois polígonos com um número maior de lados não podem constituir as faces de poliedros regulares.

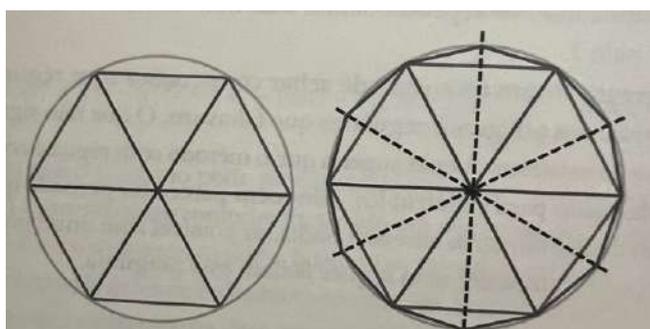
Na organização da obra que compõe *Os Elementos*, os Livros III e IV apresentam “as propriedades do círculo e a adição de figuras, como inscrever e circunscrever polígonos em círculos” (Roque, 2012, p. 163). De acordo com Eves (2011), o Livro IV, que contém apenas 16 proposições, trata da construção, com régua e compasso, de polígonos regulares de 3, 4, 5, 6 e 15 lados, bem como da inscrição e circunscrição desses polígonos em um círculo dado. “Por sucessivas bissecções podemos então, com os instrumentos euclidianos, construir polígonos regulares de 2^n , de $3(2^n)$, $5(2^n)$, ou $15(2^n)$ lados” (Eves, 2011, p. 178).

Muitos podem se perguntar por que *Os Elementos* de Euclides utilizavam régua e compasso. Roque (2012) desmistifica a ideia de que essa escolha tenha sido uma restrição imposta pelos padrões da época, argumentando que o uso desses instrumentos pode ter tido uma motivação pedagógica. Uma segunda explicação seria a necessidade de ordenação e sistematização da Geometria, com o intuito de expor a matemática elementar daquele período, visto que um conjunto de conhecimentos dos geômetras já estava bastante desenvolvido e precisava ser organizado.

Stewart (2012) pressupõe que Euclides e seus predecessores devem ter refletido e discutido intensamente sobre quais polígonos regulares poderiam ser construídos, uma vez que ele formula a construção de muitos deles. Essa questão tornou-se não apenas fascinante, mas também bastante desafiadora.

Segundo Stewart (2016), Euclides sabia duplicar o número de lados de qualquer polígono regular, bissecionando os ângulos centrais. Por exemplo, na Figura 27, o autor apresenta como transformar um hexágono regular em um polígono regular de doze lados: “Comece com um hexágono dentro de um círculo. Desenhe suas diagonais. Direita: divida os ângulos centrais ao meio (linhas tracejadas). Estas cruzam o círculo nos outros seis vértices de um dodecágono regular” (Stewart, 2016, p. 293).

Figura 27 – Transformação de polígonos

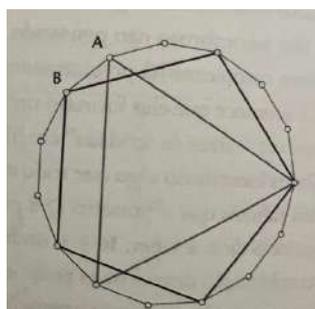


Fonte: Stewart (2016, p. 293).

Outro exemplo que Stewart (2016) apresenta é o caso em que Euclides, ao combinar as construções de um triângulo equilátero e de um pentágono regular, obtém um polígono regular de quinze lados. Isso é viável porque $3 \times 5 = 15$, e 3 e 5 não têm fator comum.

Como construir um polígono regular de quinze lados (15-ágono ou pentadecágono)? A Figura 28 apresenta a explicação dessa construção: “O ponto A de um triângulo equilátero e o ponto B de um pentágono regular são vértices sucessivos de um 15-ágono. Use o compasso para ir marcando sucessivamente a distância AB e assim obter os outros vértices” (Stewart, 2016, p. 293).

Figura 28 – Construção de um 15-ágono ou pentadecágono



Fonte: Stewart (2016, p. 293).

Com isso, “Euclides sabia construir polígonos regulares com os seguintes números de lados 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 16, 20, 24, 30, 32, 40, 48, e assim por diante, os números 3, 4, 5, 15, acompanhados dos que se obtém duplicando-os repetidamente” (Stewart, 2016, p. 294).

Contudo, um dos grandes desafios da época era determinar se um polígono de 17 lados, o heptadecágono, poderia ser construído apenas com régua e compasso (Dias, 2008). Em 1796, aos 19 anos, Johann Carl Friedrich Gauss decidiu dedicar sua vida à matemática após perceber que o número 17 possuía duas propriedades especiais que, combinadas, permitiam a construção, com régua e compasso, de um polígono regular de 17 lados (Stewart, 2016; Eves, 2011). Essa descoberta foi motivo de grande orgulho para ele, a ponto de solicitar que um heptadecágono fosse gravado em seu túmulo. Embora seu pedido não tenha sido atendido, a base do monumento erguido em sua homenagem, em Brunswick, sua cidade natal, possui a forma de um heptadecágono (Eves, 2011).

Gauss também demonstrou como desenhar qualquer polígono regular de n lados com régua e compasso, desde que n seja um número primo da forma $2^{2^n} + 1$, ou seja, um número primo de Fermat. Consequentemente, ele provou que o polígono de sete lados não pode ser construído com régua e compasso (Dias, 2008).

Inscrevendo os polígonos com um número primo de lados poderemos inscrever todos os outros, já que todos os números podem ser decompostos em fatores primos. Como encontraremos apenas potências de 2 somente em um número primo da forma $2^{2^n} + 1$ (número de Fermat), apenas os polígonos com número de lados iguais a um primo de Fermat, a suas potências ou a produtos destas potências, podem ser construídos com régua e compasso (Dias, 2008, p. 4).

Para uma melhor compreensão do leitor, os números de Fermat são representados pela fórmula:

$$F_n = 2^{2^n} + 1$$

Onde, n é um número inteiro não negativo ($n \geq 0$). Segue os primeiros números de Fermat:

$$F_0 = 2^{2^0} + 1 = 2^1 + 1 = 3$$

$$F_1 = 2^{2^1} + 1 = 2^2 + 1 = 5$$

$$F_2 = 2^{2^2} + 1 = 2^4 + 1 = 17$$

$$F_3 = 2^{2^3} + 1 = 2^8 + 1 = 257$$

$$F_4 = 2^{2^4} + 1 = 2^{16} + 1 = 65537$$

Muitos pesquisadores se dedicaram à construção de polígonos regulares que não foram abordados em *Os Elementos* de Euclides. Como afirma Eves (2011, p. 178): “Em 1832, Richelot publicou uma investigação sobre o polígono regular de 257 lados; e o professor O. Hermes (1826–1909), de Lingen, dedicou dez anos de sua vida ao problema da construção de um polígono regular de 65 537 lados.”

A partir do contexto histórico dos polígonos, observa-se uma evolução em suas construções geométricas. No entanto, parte desse conhecimento foi se perdendo ao longo dos anos, devido a questões relacionadas às traduções das obras e à perda de materiais, o que pode ter impactado o ensino e a aprendizagem da Geometria na atualidade. A mudança da palavra “térmo” para “fronteira” pode ter ocorrido como uma adequação linguística, com o objetivo de facilitar a compreensão na época. No ensino atual, essa ideia pode ser associada ao conceito de contorno de um polígono, entendido como uma linha poligonal fechada composta por segmentos de reta.

Compreendendo um pouco dos aspectos históricos dos polígonos, temos o intuito de responder aos questionamentos da dimensão epistemológica: “*Quais são os aspectos do*

conhecimento que podem dificultar e/ou facilitar a aprendizagem?” e “Quais intervenções são realizadas para adaptar o saber matemático ao saber a ser ensinado?”.

No que se refere aos fatores que podem dificultar a aprendizagem de polígonos, destaca-se o conteúdo apresentado em alguns livros adotados nos cursos de Licenciatura em Matemática nas Instituições de Ensino Superior. Observa-se uma divergência nas definições de polígono, o que pode acarretar dificuldades na compreensão desse conceito.

Os livros selecionados para esta breve análise foram Azevedo (2001) e Morgado, Wagner e Jorge (1990). A definição de polígono apresentada no livro de Morgado, Wagner e Jorge (1990) é semelhante à do livro de Bianchini (2022), destinado à Educação Básica, discutido na dimensão didática.

Morgado, Wagner e Jorge (1990, p. 31) inicialmente expõem o conceito de linha poligonal aberta: “dados vários pontos A, B, C, D, ..., L em ordem e de forma que três consecutivos não sejam colineares, a figura formada pela reunião dos segmentos \overline{AB} , \overline{BC} , ..., \overline{JL} chama-se LINHA POLIGONAL ABERTA e os pontos A e L, extremos”. Em seguida, os autores afirmam que “unindo-se os extremos por um segmento, obtemos uma linha poligonal fechada, ou POLÍGONO” (Wagner; Jorge, 1990, p. 31).

Nesse caso, os autores consideram o polígono como uma linha poligonal fechada. Em outro tópico do livro, é definida a noção de região poligonal, afirmando-se que, desde que dois lados não consecutivos de um polígono não se cortem, o polígono define uma região do plano. Após a compreensão do conceito de região, os polígonos são classificados de acordo com essa característica: “um polígono é convexo, caso sua região poligonal seja uma figura convexa. Em caso contrário, ele é dito não convexo” (Morgado; Wagner; Jorge, 1990, p. 31).

Já a definição apresentada por Azevedo (2001) é mais restrita, pois define o polígono como uma região do plano limitada por n segmentos de reta, em que dois segmentos consecutivos nunca são colineares e dois segmentos não consecutivos jamais se interceptam. Essa definição exclui a possibilidade de interseções entre segmentos não consecutivos, tornando o conceito mais específico.

Chamamos de polígono a região do plano limitada por n segmentos de reta $\overline{A_1A_2}$, $\overline{A_2A_3}$, $\overline{A_3A_4}$, ..., $\overline{A_{n-1}A_n}$ e $\overline{A_nA_1}$, em que dois segmentos consecutivos nunca são colineares e dois segmentos não consecutivos jamais se interceptam (Azevedo, 2001, p. 53).

Conforme Azevedo (2001), o polígono é definido como a região do plano limitada por segmentos de reta, conceito semelhante ao apresentado por Silveira (2018). Isso evidencia que

há diferenças nas concepções sobre polígonos nos livros didáticos da Educação Básica e na literatura do Ensino Superior. Consequentemente, esse é um dos aspectos do conhecimento que podem dificultar a aprendizagem dos polígonos, ocasionando erros e obstáculos epistemológicos.

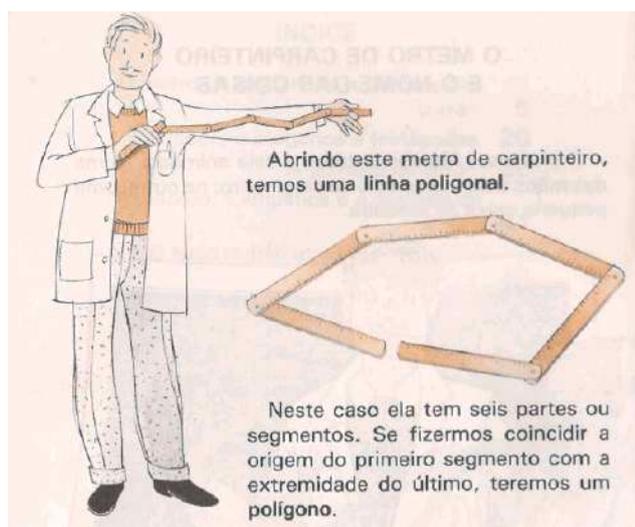
Apresentamos a afirmação acima pelo fato de D'Amore (2007) apontar que os obstáculos epistemológicos ocorrem em decorrência da própria natureza do conhecimento. Por exemplo, esses obstáculos surgem quando, na história da evolução de um conceito, não há continuidade, mas sim rupturas e mudanças radicais nas concepções, tanto para que ele seja concebido e aceito pela comunidade matemática quanto para que seja aprendido.

A partir da explicação sobre os obstáculos epistemológicos mencionada por D'Amore (2007), é possível afirmar que o conceito de polígono passou por transformações ao longo da história e que há diferenças em suas concepções, tanto nos livros do Ensino Superior quanto nos da Educação Básica.

Para concluir a análise epistemológica, consideramos que é possível adaptar o saber matemático ao ensino de polígonos por meio do uso de recursos didáticos e tecnológicos, aliados a uma abordagem que promova a construção progressiva do conhecimento. Por exemplo, é relevante iniciar pela explicação do conceito de linha poligonal, distinguindo-a entre aberta, fechada, simples e não simples. Após a compreensão desses aspectos, devem ser abordadas as regiões interior e exterior, classificando-se a região interior como convexa ou não convexa. Com esses entendimentos consolidados pelos alunos, define-se o polígono e, em seguida, estudam-se suas características e classificações.

Julgamos relevante apresentar o paradidático *Polígonos, Centopeias e Outros Bichos*, pois, apesar de se tratar de uma obra antiga, ele pode contribuir com ideias para intervenções no ensino de polígonos. O material constrói o conceito de polígono por meio do uso de recursos didáticos e estabelece conexões com o cotidiano. Complementarmente, explica os conceitos de linha poligonal e de polígono utilizando um metro de carpinteiro, como ilustrado na Figura 29 (Machado, 1988).

Figura 29 – Explicação de linha poligonal com metro de carpinteiro



Fonte: Machado (1988, p. 6).

Machado (1988) desenvolve, em seu livro, uma narrativa que relaciona o número de lados dos polígonos à quantidade de patas dos insetos, despertando a curiosidade dos alunos. O autor apresenta diálogos com questionamentos dos estudantes, como, por exemplo: “O que é polígono?”, ao que o professor responde: “Poli é um termo de origem grega e significa “muitos” ou “muitas”, como em policlínica, politécnica ou polissílaba. Polígono, então, significa “muitos ângulos”” (Machado, 1988, p. 10). Nesse sentido, propõe atividades investigativas utilizando palitos de sorvete para a construção de polígonos regulares, conforme apresentado na Figura 30.

Figura 30 – Atividade de Polígonos



Fonte: Machado (1988, p. 24–27).

As atividades propostas por Machado (1988) constituem uma das possibilidades que podem ser utilizadas na construção do conhecimento sobre os polígonos. Também é possível utilizar o geoplano, que permite a criação das figuras e sua classificação, proporcionando uma

abordagem prática e visual para a aprendizagem. No que diz respeito aos recursos tecnológicos, o *GeoGebra* pode ser empregado no desenvolvimento de atividades exploratórias e investigativas sobre as propriedades dos polígonos. Por fim, os jogos digitais também oferecem um ambiente lúdico e dinâmico para a resolução de problemas, contribuindo para a adaptação do saber matemático ao conteúdo de polígonos.

7.3.4 *Dimensão Informática*

Na dimensão informática buscaremos responder as seguintes perguntas: em que aspectos os jogos digitais no *RPG Maker* influenciam o currículo e as práticas docentes e discentes? Quais contribuições tecnológicas o jogo digital no *RPG Maker* deve conter para auxiliar na compreensão do ensino de polígonos para os estudantes surdos?

“*RPG* é a sigla para o termo em inglês *Role Playing Game*, que, traduzido para o português, pode ser compreendido como “jogo de faz de conta” ou “jogo de encenação”” (Sousa, 2018, p. 28). Os *games* de representação de papéis surgiram a partir da tradição iniciada na década de 1970, com a série de jogos *Dungeons & Dragons*, que eram jogos de mesa baseados em papel e lápis. Os jogos de *RPG* são *games* de aventura caracterizados pela centralidade da narrativa, que normalmente envolve temas como “salvar o mundo”, por exemplo: resgatar alguém sequestrado, destruir um objeto perigoso ou eliminar monstros. Os personagens são chamados de heróis, pois se envolvem em narrativas associadas à jornada heroica (Novak, 2010).

Há vários tipos de jogos de *RPG*, entre eles os *Computer Role Playing Games*, que são os *RPGs* de computador. Conforme Sousa (2018, p. 30), “os jogos dessa categoria possuem uma história pré-determinada, na qual o jogador se torna responsável por conduzir a personagem pela trama”.

O *RPG* no computador constitui um ambiente que proporciona o envolvimento do jogador na narrativa do jogo de maneira interativa, oferecendo *feedback* em tempo real. Adicionalmente, permite ao jogador a liberdade de fazer escolhas, explorar o cenário, investigar e desenvolver a capacidade de resolver problemas. Segundo Tarouco *et al.* (2004), o *RPG* é um jogo no qual o usuário controla um personagem em um ambiente onde ocorrem encontros e interações com outros personagens.

De acordo com Santos (2018, p. 50), “o *RPG Maker* é um *software* desenvolvido pela empresa japonesa ASCII, em meados da década de 80, que permite a construção de jogos eletrônicos no formato de *RPG*”. O *RPG Maker* é uma *engine* (motor de jogo) destinada à

criação de jogos no gênero *RPG*. Na presente pesquisa, foi utilizado o *RPG Maker MV*, que emprega a linguagem *JavaScript* para o desenvolvimento de *plugins* e inclui modelos prontos destinados a personagens, áudios, objetos e à construção de mapas.

Apesar de o *RPG Maker* ter sido desenvolvido para o entretenimento, ele vem sendo utilizado também no contexto educacional por pesquisadores, professores e alunos para a criação de jogos em diferentes áreas. Conforme Rosa (2004, p. 43), há duas formas distintas de utilizar o *RPG Maker* no contexto educacional: “na construção e aplicação de um *RPG* eletrônico educacional (específico da matemática) ou na exploração da matemática existente no próprio *software*”. A primeira opção é a mais comum nas pesquisas acadêmicas.

Com relação aos aspectos dos jogos digitais desenvolvidos no *RPG Maker* e sua influência no currículo e nas práticas docentes, compreendemos que, quando o professor se dispõe a aprender o desenvolvimento desses jogos, ele não apenas adquire o conhecimento técnico necessário para manipular o programa, mas também passa a refletir sobre questões epistemológicas, didáticas e cognitivas relacionadas ao conteúdo. Nesse processo, o professor pode analisar como inserir o conteúdo na narrativa do jogo, quais problemas matemáticos são mais adequados e quais habilidades os alunos poderão desenvolver. É possível, ainda, que ele se questione, por exemplo, se o jogo que está criando será utilizado para revisar, introduzir ou aprofundar o conteúdo.

De maneira prática, Júnior (2010) criou jogos no *RPG Maker* durante uma formação continuada com professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental e afirmou que a experiência contribuiu para a formação matemática desses docentes, possibilitando reflexões sobre situações que demandaram a construção do conhecimento matemático. As vivências também os incentivaram a pensar na diversificação das representações desse conhecimento, na contextualização da matemática escolar, na formulação de problemas, além de promoverem reflexões sobre o ensino e a aprendizagem de forma lúdica.

Durante a criação dos jogos, os professores têm a oportunidade de levantar questionamentos como: o jogo será destinado ao desenvolvimento do conteúdo ou à sua consolidação? Será utilizado para ensinar algo novo ou os estudantes já deverão possuir conhecimentos prévios? Por exemplo, se os alunos já sabem o que são polígonos, o jogo pode ser direcionado à exploração de suas propriedades, aprofundando o aprendizado. Esse processo exige não apenas o domínio técnico do *RPG Maker*, mas também uma reflexão pedagógica que integre a matemática ao ensino de forma lúdica e contextualizada.

Tarouco *et al.* (2004, p. 4) apresentam alguns pontos relevantes para o planejamento do desenvolvimento de jogos educacionais.

é preciso pensar um tema a ser proposto, quais os objetivos a serem alcançados e de que forma vamos organizar este material. Precisamos também escolher e produzir imagens, além de selecionar mídias a serem utilizadas no projeto. Depois de fazer o planejamento, partimos para o desenvolvimento do jogo através de uma linguagem de autoria propriamente dita.

Quando esses jogos são elaborados pelos estudantes, a forma de analisar o conteúdo e de criar situações-problema se diferencia, considerando que o professor detém tanto o conhecimento pedagógico quanto o domínio do conteúdo. A abordagem que envolve o desenvolvimento de jogos digitais pelos alunos representa uma oportunidade para a investigação e a exploração dos conceitos, bem como para o aprendizado do uso do programa.

Rosa (2004) propôs a construção de dois jogos no *RPG Maker* em uma escola estadual da cidade de Rio Claro (SP), em um processo realizado ao longo de quatro meses, com encontros semanais envolvendo oito alunos do 6º ano do Ensino Fundamental dos anos finais. As contribuições identificadas pelo pesquisador durante a elaboração dos jogos incluíram o desenvolvimento da autonomia e da autoconfiança na utilização do *software*, proporcionando aos estudantes a oportunidade de escolher diferentes personagens e recursos durante a criação no *RPG Maker*. Também foi possível estimular a autonomia e a confiança na construção do conhecimento matemático. Ademais, a criatividade dos participantes foi incentivada à medida que criavam suas próprias histórias e adaptavam o conteúdo aos recursos do programa.

Os PCN+ de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias destacam diversos aspectos positivos relacionados ao uso de jogos no processo de aprendizagem dos alunos.

O jogo oferece o estímulo e o ambiente propícios que favorecem o desenvolvimento espontâneo e criativo dos alunos e permite ao professor ampliar seu conhecimento de técnicas ativas de ensino, desenvolver capacidades pessoais e profissionais para estimular nos alunos a capacidade de comunicação e expressão, mostrando-lhes uma nova maneira, lúdica e prazerosa e participativa, de relacionar-se com o conteúdo escolar, levando a uma maior apropriação dos conhecimentos envolvidos. (Brasil, 2002, p. 56).

Os aspectos lúdicos e a interatividade dos jogos digitais do gênero *RPG* despertam a atenção dos estudantes em sala de aula, incentivando a participação e motivando-os a aprender o conteúdo para alcançar os objetivos propostos pelo jogo.

A utilização de jogos computadorizados na educação proporciona ao aluno motivação, desenvolvendo também hábitos de persistência no desenvolvimento de desafios e tarefas. Os jogos, sob a ótica de crianças e adolescentes, se constituem a maneira mais divertida de aprender. Além disso, eles proporcionam a melhora da flexibilidade cognitiva, pois funcionam como uma ginástica mental, aumentando a rede de conexões neurais e alterando o fluxo sanguíneo no cérebro quando em estado de concentração (Tarouco *et al.*, 2004, p. 3).

A partir dos artigos selecionados para a revisão sistemática apresentada no subcapítulo 3.2, que trata dos jogos digitais matemáticos para estudantes surdos, observa-se que os autores Shelton e Parlin (2016), Francisco *et al.* (2017), Bouzid *et al.* (2016) e Adamo-Villani e Wright (2007) afirmam que os *games* aumentam o interesse e a motivação dos alunos, além de envolvê-los ativamente no processo de aprendizagem.

Bouzid *et al.* (2016) destacam que os jogos de computador aumentam a motivação dos estudantes e seu envolvimento na aprendizagem, proporcionando momentos de diversão e ampliando seu potencial para a exploração, imaginação, investigação e reflexão.

De fato, os jogos digitais são motivadores para os estudantes, uma vez que a geração atual vivencia o ambiente virtual desde a infância. Consequentemente, esses alunos demonstram interesse natural por tecnologia e tendem a se envolver com maior facilidade em atividades dessa natureza.

Adamo-Villani e Wright (2007) apresentam, em sua pesquisa, a hipótese de que a participação ativa no jogo, que consiste em colocar o usuário em papel central, com a capacidade de modificar e criar objetos, promove engajamento, motivação e, consequentemente, aprendizagem. Com base em revisões da literatura e em suas experiências, os autores desenvolveram o jogo *SMILE*, voltado para crianças surdas e ouvintes, definindo um conjunto de características de *design* que favorecem o envolvimento e a motivação para que os jogadores permaneçam engajados. No jogo, foram integrados elementos como desafio, curiosidade e fantasia.

Desse modo, concordamos com a afirmação de Adamo-Villani e Wright (2007), ao considerar que o *RPG Maker* é um programa que possibilita, durante o desenvolvimento do jogo, a inserção de elementos como desafios, curiosidade e fantasia, por meio das narrativas.

Outra contribuição tecnológica que o jogo digital desenvolvido no *RPG Maker* pode oferecer para auxiliar na compreensão do ensino de polígonos por estudantes surdos é seu aspecto visual, que proporciona um ambiente dinâmico e colorido, adequado para representar figuras geométricas, bem como seus conceitos e propriedades.

O *feedback* visual pode ser utilizado por meio de luzes distintas para indicar acertos e erros, apresentando imediatamente explicações sobre o conteúdo, a fim de reforçar o aprendizado de forma lúdica e acessível. A utilização do *RPG Maker* no jogo viabiliza a criação de questões contextualizadas sobre o conteúdo de polígonos, integrando a narrativa do jogo a situações do cotidiano. Como destacam Viana e Barreto (2014, p. 47), “[...] a experiência visual tem papel fundamental no processo educacional, permitindo à criança surda compreender, intervir e reagir no meio”.

Os jogos digitais educacionais desenvolvidos no *RPG Maker* oportunizam a integração de uma narrativa cativante a desafios específicos do conteúdo escolar, neste caso, o conteúdo de polígonos. A narrativa, nesse tipo de jogo, é obrigatório e deve estar bem estruturada, relacionando-se a desafios cuidadosamente planejados, de modo a engajar os alunos no jogo e favorecer a compreensão do conteúdo.

7.3.5 *Dimensão Acessível*

Os jogos digitais deveriam ser desenvolvidos para garantir a todas as pessoas uma experiência acessível de jogo, independentemente de suas habilidades, idade, etnia, gênero ou condições físicas e cognitivas. A “acessibilidade” possui uma definição ampla que, de acordo com a Lei Federal nº 13.146/2015, em seu artigo 3º, inciso I, é definida como:

I – acessibilidade: possibilidade e condição de alcance para utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação, inclusive seus sistemas e tecnologias, bem como de outros serviços e instalações abertos ao público, de uso público ou privados de uso coletivo, tanto na zona urbana como na rural, por pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida (Brasil, 2015).

Para uma compreensão mais precisa sobre a acessibilidade, especificamente nos jogos digitais, propomos a análise de dois questionamentos-chave: “*O que define um jogo digital acessível?*” e “*Quais são os elementos essenciais para torná-lo verdadeiramente acessível?*”.

Iniciamos a discussão com base na definição da *International Game Developers Association* (IGDA), segundo a qual a acessibilidade em jogos pode ser compreendida como a capacidade de jogar sob condições limitantes. Essas limitações podem ser funcionais ou decorrentes de deficiências, como cegueira, surdez ou restrições de mobilidade (IGDA, 2004).

Para que os desenvolvedores possam adotar e fornecer acessibilidade nos seus *games* é necessário pensar em alguns elementos apresentados na pesquisa de Acessibilidade da IGDA (2004), que podem ser: legendas; fontes personalizáveis; apresentação de texto padrão; capacidade de voz própria; navegação por teclado de todos os controles; melhores tutoriais no jogo/*feedback* do usuário/ajuda automática; melhor suporte de *hardware* para diversos dispositivos especiais; controle mais preciso dos graus de dificuldade; um modo de interface simplificado opcional, com apenas os controles básicos; esquemas de cores para daltônicos; modo de alto contraste para baixa visão; a capacidade de controlar a cor das diferentes unidades no jogo; configuração de arquivos de som alternativos; bússola de som; GPS; orientação direta

(norte, sul, leste, oeste, sudeste, sudoeste, noroeste, nordeste) e a opção para desativar a renderização 3D para os jogadores cegos.

A tecnologia que incorpora esses elementos teria potencial para contemplar todos os públicos com deficiência. No entanto, é raro encontrar um jogo que reúna todas essas características. Ossmann e Miesenberger (2006) afirmam que os jogos são relevantes para o aprendizado, o ensino, o entretenimento e a inclusão, mas são considerados uma das tecnologias mais desafiadoras no que se refere à acessibilidade e à usabilidade para pessoas com deficiência. Nessa perspectiva, discutiremos a acessibilidade dos jogos digitais voltados ao público desta pesquisa, especificamente os surdos. Para isso, nos indagamos: “*Quais são os elementos fundamentais para o jogo digital se tornar acessível para surdos?*”.

Para responder a essa questão, é necessário avaliar algumas particularidades e problemáticas relacionadas aos jogos digitais voltados a pessoas surdas, uma vez que “[...] jogadores com perda auditiva podem não conseguir receber estímulos do jogo” (Nogueira *et al.*, 2012, p. 128). Isso pode ocorrer porque alguns jogos oferecem *feedbacks* ou instruções exclusivamente em áudio, o que compromete a jogabilidade para o público surdo. Outro fator que contribui para a falta de acessibilidade dos jogos digitais para surdos é a ausência de suporte à Língua Brasileira de Sinais (Libras), considerada por muitas pessoas surdas como sua língua primária. Diante disso, a ausência desse elemento no jogo pode gerar dificuldades de compreensão do enredo e das instruções durante a experiência de jogo.

Para isso, é preciso que os elementos sonoros, como componentes de áudio, sejam apresentados por meio de recursos visuais redundantes, a fim de que o jogador não perca partes da interação, evitando frustrações e impedimentos no avanço pelo jogo (Nogueira *et al.*, 2012). Isso se justifica pelo fato de que a comunidade surda baseia-se, predominantemente, em experiências sensoriais visuais e na utilização de línguas de sinais como principal meio de comunicação. Nesse contexto, o uso de onomatopeias no *design* de jogos voltados a pessoas surdas revela-se relevante, pois essa figura de linguagem pode ser representada por ruídos, sons de animais, sons da natureza, gritos e pelo timbre da voz humana.

Outro obstáculo ocorre quando o jogo possui modo multijogador e a comunicação entre os participantes é imprescindível. Nesses casos, o jogador surdo pode estar em desvantagem, visto que sua comunicação escrita tende a ser mais lenta em comparação com o tempo real das conversas realizadas por meio de chats de voz (Cheiran, 2013). Os chats de voz são considerados fundamentais para “combinar estratégias e fazer comentários durante a partida. Nessas situações, as pessoas com deficiência auditiva ficam excluídas por não possuírem ferramentas que permitam sua participação nessas conversas” (Guimaraes, 2021, n.p.).

Para suprir algumas das necessidades dos jogadores surdos, é possível que o jogo digital incorpore diferentes elementos, tais como: legendas de alta qualidade; áudios descritivos e/ou com representação visual por meio de ondas sonoras; *feedback* visual (como intensidade de movimentos, vibrações e piscas na tela); qualidade nas imagens; e intérprete de Libras para os tutoriais do jogo.

As diretrizes *Game Accessibility Guidelines* (2012) recomendam que o jogo forneça controles separados de volume ou opção de silenciar, tanto para os efeitos sonoros quanto para as falas e músicas de fundo. Essa medida é importante porque a perda auditiva pode afetar determinadas faixas de frequência mais do que outras, tornando necessário a capacidade de ajustar o volume de forma independente. Ainda, o documento propõe que nenhuma informação essencial seja transmitida exclusivamente por áudio, devendo ser reforçada por meio de recursos visuais ou textuais. No Quadro 8, a seguir, mostramos esse documento, que propõe três conjuntos de diretrizes para a acessibilidade de jogos digitais, com foco na dimensão auditiva.

Quadro 8 – Diretrizes de acessibilidade do jogo

Básico Fácil de implementar, de amplo alcance e pode ser aplicado a quase todas as mecânicas de jogo	Intermediário Requer algum planejamento e esforço, mas muitas vezes apenas um bom <i>design</i> geral do jogo	Avançado Adaptações complexas para deficiências profundas e mecânica de nicho específica (audição)
<ul style="list-style-type: none"> • Se forem usados legendas ou subtítulos, apresente-os de forma clara e fácil de ler. • Garanta que nenhuma informação essencial seja transmitida apenas por sons. • Forneça controles de volume ou mudo separados para efeitos, fala e música de fundo. • Ofereça legendas para todas as falas importantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenha o ruído de fundo no mínimo durante o discurso • Forneça legendas para discurso suplementar • Certifique-se de que as legendas estejam ou possam ser ativadas antes que qualquer som seja reproduzido • Ofereça legendas ou representações visuais para sons de fundo significativos. • Forneça uma indicação visual de quem está falando no momento • Permita a personalização da apresentação de legendas • Suporte a bate-papo de texto, bem como voz para multiplayer • Fornecer meios visuais de comunicação no multiplayer • Permitir que uma preferência seja definida para jogar multiplayer online com jogadores que só jogarão com / estão dispostos a jogar sem bate-papo de voz • Certifique-se de que todas as informações suplementares importantes (por exemplo, a direção em que você está sendo filmado) transmitidas por áudio sejam replicadas em texto / visuais • Forneça uma alternância estéreo/mono 	<ul style="list-style-type: none"> • Certifique-se de que as legendas sejam cortadas e apresentadas em palavras apropriadas por minuto para a faixa etária-alvo • Fornecer assinatura • Use bate-papo baseado em símbolos.

Fonte: GAG (2012).

Essas diretrizes de acessibilidade podem possibilitar que pessoas surdas interajam com os jogos, independentemente de suas capacidades ou preferências. Nas pesquisas nacionais, destaca-se a investigação de Cheiran (2013), que propõe uma reestruturação das diretrizes atuais de acessibilidade¹² para jogos, por meio de um conjunto de recomendações voltadas à criação de jogos digitais mais acessíveis. Essas diretrizes¹³ beneficiam pessoas com deficiências visuais, auditivas, motoras e mentais. Conseqüentemente, considerar essas recomendações no desenvolvimento de jogos digitais, sejam eles voltados ao entretenimento ou à educação, é uma estratégia relevante para promover a inclusão de todos no universo dos jogos.

De modo prático, destaca-se a pesquisa de Andrade, Costa e Werneck (2021), que realizou um mapeamento sistemático incluindo trabalhos desenvolvidos até 2020, com o objetivo de identificar estratégias de acessibilidade utilizadas em jogos voltados a públicos com deficiências visual, auditiva, cognitiva e motora. Os autores analisaram 20 estudos e definiram diretrizes para a criação e utilização de jogos acessíveis a pessoas surdas, as quais são:

- Melhor posicionamento de legendas na tela, melhor representação dos áudios em forma visual;
- Apresentar textos e diálogos na linguagem de sinais;
- Uso de cores e figuras para informar o jogador os sentimentos que estão sendo transmitidos durante o jogo;
- Utilizar a semântica da Libras: Representação gráfica de um conteúdo, sua sinalização em Libras e também, representação em português escrito (Andrade; Costa; Werneck, 2021, p.7)

A partir das diretrizes apresentadas acima para o público com surdez, evidenciamos que o suporte da legenda e o *feedback* visual são imprescindíveis. Visto que um olhar para os jogos acessíveis para surdos tem sua importância, pois é possível auxiliar a divulgar a igualdade de oportunidades e entretenimento para todos.

7.4 Levantamento de Requisitos

Para o desenvolvimento do levantamento de requisitos, começamos com as análises internas, nas quais buscamos responder às seguintes perguntas: Como o ensino e a aprendizagem de polígonos podem ser favorecidos? Como a compreensão dos saberes é auxiliada pelo uso do jogo digital? Quais recursos e situações o jogo digital propõe para ajudar o aluno surdo a compreender os conhecimentos sobre polígonos?

¹² Cheiran (2013) utilizou na sua pesquisa as atuais diretrizes de acessibilidade para jogos digitais IGDA (2004), UPS Project (2004), Ossmann (2006a e 2006b), IGDA GASIG (s.d) e GAG (2012).

¹³ Esse documento está disponível no formato eletrônico em <<https://www.inf.ufrgs.br/~jfpcheiran/>>

O ensino e a aprendizagem de polígonos podem ser favorecidos ao proporcionar aos estudantes a oportunidade de aprender com seus erros e acertos, por meio de *feedback* e explicações, em um ambiente interativo e lúdico. Como afirma Prensky (2012), os videogames e os computadores, ao acrescentarem a dimensão da interatividade, estão formando pessoas com habilidades especiais para descobrir regras e padrões por intermédio de um processo ativo e interativo de tentativa e erro.

As explicações sobre polígonos e suas classificações no jogo ajudam os alunos a entender suas características, identificando lados, tipos e propriedades dessas figuras geométricas. A compreensão dos saberes pode ser auxiliada por meio do jogo digital, que apresenta desafios progressivos, aumentando o nível de complexidade ao longo da experiência e envolvendo aspectos visuais e problemas do cotidiano.

O *RPG Maker* possibilita inserir questões sobre polígonos em uma narrativa envolvente, que une desafios, curiosidade e fantasia, por meio de recursos visuais, com elementos como imagens, vídeos e *feedback* luminoso em tempo real. O uso de legendas e de intérprete de Libras no jogo pode facilitar a compreensão do conhecimento sobre polígonos, ajudando a reduzir barreiras comunicativas dos estudantes surdos. A mecânica do jogo permite que o aluno desenvolva uma postura investigativa e utilize seus conhecimentos de polígonos e outros conteúdos para resolver problemas em diferentes contextos.

Dando continuidade ao levantamento de requisitos, implementamos as análises externas. Para isso, realizamos uma busca por jogos digitais com o conteúdo de polígonos para responder às seguintes perguntas: Quais funcionalidades existem em produtos voltados ao conteúdo de polígonos? Quais são os possíveis diferenciais do jogo digital que se pretende desenvolver? O que o jogo digital aborda de novo em relação ao que já existe?

Destacamos que, no mapeamento 2.3, não encontramos nenhum jogo digital voltado para o ensino de Geometria para estudantes surdos. Da mesma forma, na revisão sistemática, também não identificamos nenhum jogo digital com esse foco. Diante disso, decidimos fazer uma pesquisa no Google sobre jogos digitais de polígonos e encontramos o *Wordwall*, uma plataforma digital que permite aos professores criarem seus próprios recursos educacionais.

Os materiais desenvolvidos no *Wordwall* podem assumir diferentes formatos e mecânicas, proporcionando a personalização das atividades e jogos conforme os objetivos pedagógicos propostos. A Figura 31, abaixo, apresenta alguns dos modelos que podem ser elaborados nessa plataforma.

Figura 31 – Modelos do *Wordwall*



Fonte: Plataforma *Wordwall* (2025).

Buscamos jogos na plataforma *Wordwall*¹⁴ utilizando o termo “polígonos” e identificamos 50 recursos. Para a seleção, realizamos testes práticos para analisar os conteúdos abordados e a mecânica de cada um.

Como critério de inclusão, escolhemos apenas os jogos que tratavam do conteúdo de polígonos, alinhados aos objetivos estabelecidos na especificação desta tese. Esses objetivos incluíam: classificar figuras geométricas planas como polígonos ou não polígonos; reconhecer, nomear e comparar diferentes tipos de polígonos; identificar polígonos convexos e não convexos; classificá-los de acordo com a quantidade de lados; e distinguir entre polígonos regulares e irregulares.

No critério de exclusão, destacamos os jogos com outros conteúdos, assim como aqueles baseados em mecânicas de quiz, verdadeiro ou falso, questionário e *game show*, por se restringirem à atividade de perguntas e respostas. Da mesma forma, excluímos o recurso “Abra a Caixa”, por ser utilizado apenas para exibir figuras ou realizar sorteios em dinâmicas.

Jogamos e analisamos o conteúdo e a mecânica dos jogos, e então selecionamos os seguintes 28 recursos: 4 de associação, 5 de combinar os pares, 4 de encontrar a combinação, 1 de estourar balões, 3 de caça-palavras, 1 de acerte as toupeiras, 6 de classificação em grupos, 3

¹⁴ <https://wordwall.net>

de perseguição em labirinto e 1 de palavras cruzadas. Na Tabela 10, apresentamos os conteúdos abordados, que foram:

Tabela 10 – Conteúdos dos jogos digitais do *Wordwall*

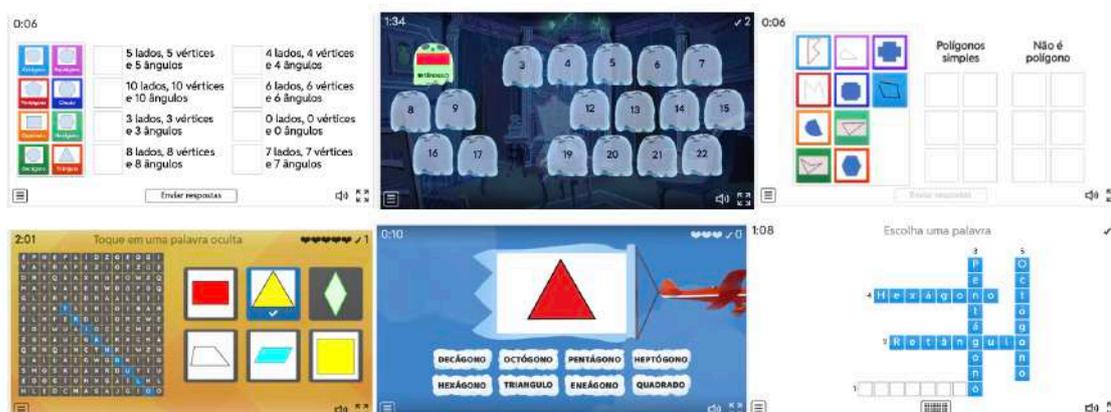
Tópico	Quantidade
Nomenclatura e reconhecimento dos polígonos	10
Nomenclatura do polígono com relação ao número de lados, vértices e diagonais.	7
Polígonos convexos e não convexos	1
Verificação dos polígonos e não polígonos	4
Polígonos regulares e irregulares	3
Quadriláteros	2
Polígono regular e número de lados	1

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

De modo geral, podemos afirmar que dezessete jogos trabalharam a nomenclatura e o reconhecimento dos polígonos, enquanto sete aprofundaram o conteúdo relacionado ao número de lados, vértices e diagonais. A maioria dos jogos analisados possui uma mecânica simples, oferecendo *feedback* em tempo real para os jogadores e, principalmente, sendo jogos de correspondência, similares ao jogo da memória, como apresentado na Figura 32.

No entanto, esses jogos não apresentam elementos como enredo, personagens, exploração do ambiente interativo e tomada de decisão, o que os caracteriza mais como exercícios virtualizados do que como experiências imersivas de aprendizagem. Adicionalmente, embora utilizem recursos visuais e sonoros, a ausência de uma narrativa com desafios contextualizados pode limitar o engajamento dos alunos.

Figura 32 – Jogos de correspondência



Fonte: Plataforma *Wordwall* (2025).

Já os jogos com a mecânica de estourar balões, acertar as toupeiras e a perseguição em labirinto são mais divertidos (Figura 33), pois exigem maior atenção e agilidade na hora de responder às questões. O primeiro jogo exigia estourar os balões e cair no vagão correspondente para marcar a pontuação. No segundo, era necessário acertar as toupeiras de acordo com as regras, como, por exemplo, marcar os polígonos que são quadriláteros. A cada nível, o número de toupeiras aumentava em quantidade e velocidade. Na perseguição em labirinto, o jogador precisa responder à questão e fugir dos inimigos. Nessa mecânica, há mais adrenalina, pois o jogador começa com três vidas e pode perder uma a cada erro ou quando é alcançado pelos inimigos. Com relação aos objetivos pedagógicos, esses jogos possuem os mesmos propósitos dos jogos de correspondência: nomear as figuras de acordo com a quantidade de lados e identificar o tipo de polígono, sem apresentar uma contextualização.

Figura 33 – Jogos estourar balões, acertar as toupeiras e a perseguição em labirinto

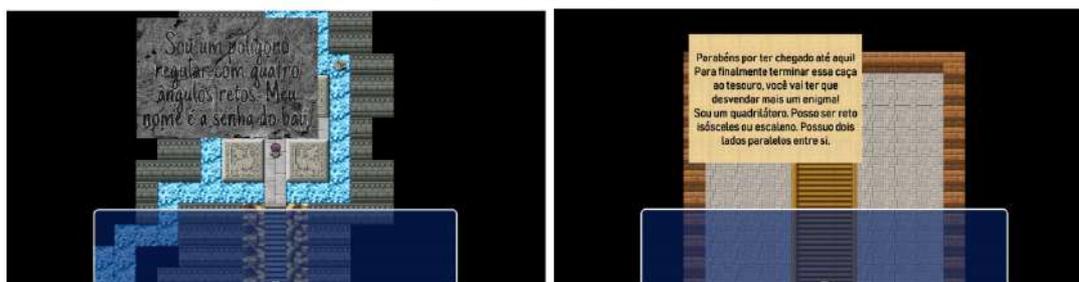


Fonte: Plataforma *Wordwall* (2025).

Em busca de jogos no estilo *RPG* voltados para o conteúdo de Geometria, encontramos o site “Reforço Virtual de Matemática”, que apresenta cinco jogos. Após jogá-los e analisá-los, selecionamos apenas um que aborda algumas questões sobre polígonos. O jogo intitulado *Caça à Prova de Riemann* apresenta uma narrativa na qual o jogador, chamado Calixto, precisa encontrar com urgência a tábua secreta da demonstração de uma conjectura chamada Hipótese de Riemann. Caso essa tábua caia em mãos erradas, os conhecimentos nela contidos podem revelar os segredos das criptografias usadas nos bancos mundiais. O jogador se envolverá em um jogo de mistério e ação e deverá ajudar Calixto a descobrir o local onde a tábua está, utilizando seus conhecimentos em Geometria (Santos, 2021).

Com relação ao conteúdo de polígono, o jogo apresentou duas questões envolvendo polígonos, como mostra a Figura 34. A primeira questão leva o jogador a reconhecer o quadrado, um polígono regular com quatro ângulos retos, enquanto a segunda o desafia a distinguir um trapézio, considerando suas variações de ângulos e lados.

Figura 34 – Enigmas do jogo Caça à Prova de Riemann



Fonte: Santos (2021).

Considerando a análise externa aqui discutida, percebemos que os possíveis diferenciais no desenvolvimento do jogo digital, discutido nesta tese, incluem a inserção de vídeos explicativos com tradução em Libras, tornando-o acessível para estudantes surdos e garantindo a compreensão dos conceitos do conteúdo. Ademais, o jogo contará com *feedback* visual em tempo real, utilizando luzes e outras sinalizações visuais para ajudar os jogadores a identificar acertos e erros imediatamente. No entanto, os sons serão mantidos para contemplar também os alunos ouvintes.

O jogo digital *Geomaze*, produto educacional discutido nesta tese, busca trazer inovações em relação ao que já existe, ao integrar acessibilidade bilíngue (Português e Libras) com a mecânica de *RPG*, criando uma experiência interativa e acessível para estudantes surdos no aprendizado de polígonos. Além disso, o jogo pretende incentivar o desenvolvimento do pensamento geométrico e crítico, indo além da simples memorização de conceitos, por meio de questões contextualizadas, desafios lógicos e situações do cotidiano.

Após a realização das análises internas e externas, elaboramos o documento de requisitos apresentado no Quadro 9, que define as características essenciais do jogo digital para o alcance dos objetivos específicos. Para isso, o documento foi estruturado com base nas dimensões didática, cognitiva, epistemológica, informática e acessível.

Com base no estudo das análises prévias e da fundamentação teórica, categorizamos os requisitos em duas classes: Cognitivo-Epistemológico-Didático e Informático-Acessível, com o objetivo de organizar os elementos que podem ser relevantes no jogo digital *Geomaze*, atentando aos aspectos pedagógicos e tecnológicos. Na primeira classe, foram considerados os fatores que favorecem o desenvolvimento do pensamento geométrico na construção do conceito de polígono. Já na segunda, priorizamos elementos que garantem acessibilidade e usabilidade no jogo para alunos surdos.

Quadro 9 – Documento de requisitos

Cognitivo-Epistemológico-Didático	Informático-Acessível
<p>Possibilitar no jogo perceber a diferença entre linhas abertas e fechadas;</p> <p>Proporcionar diferenciação dos polígonos e não polígonos;</p> <p>Oportunizar a diferenciação entre polígonos convexos e não convexos;</p> <p>Permitir classificar os polígonos de acordo com o número de lados, vértices e ângulos;</p> <p>Possibilitar o reconhecer e diferenciar polígonos regulares e irregulares;</p> <p>Proporcionar a classificação dos polígonos.</p> <p>Propor situações problemas do cotidiano com o conteúdo de polígonos evidenciando aspectos visuais;</p> <p>Propor desafios que desenvolva o pensamento lógico.</p>	<p>Intérprete em Libras</p> <p>Legenda bilingue (Português e Libras)</p> <p>Forneça controles de volume ou mudo separados para efeitos, fala e música de fundo;</p> <p><i>Feedback</i> visual em tempo real (luzes diferentes para indicar acertos e erros);</p> <p>O uso de elementos como componente de áudio seja apresentado de outras formas, como redundâncias visuais;</p> <p>Legendas ou subtítulos de forma clara e fácil de ler;</p> <p>Garantir que as informações não sejam apresentadas apenas por sons;</p> <p>Enredo Interessante;</p> <p>Regras;</p> <p>Colocar o tempo da duração dos desafios;</p> <p>Recompensas;</p> <p>Desenvolver o jogo de forma gradual e progressiva, do fácil ao difícil;</p> <p>Permitir obstáculo, algo que precisa ser conquistado ou algo que visa criar um senso de urgência;</p> <p>Adicionar componentes surpresa ou atrapalhar os jogadores;</p> <p>Permitir que o jogador tenha a liberdade de fazer escolhas, explorar o cenário do jogo, investigar e desenvolver a capacidade de resolver problemas;</p> <p>Inserir o conteúdo de polígonos através da narrativa do jogo e trazer desafios e curiosidades para motivar os alunos;</p> <p>Inserir vídeos explicativos.</p>

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Ressaltamos que o documento de requisitos foi elaborado ao longo da pesquisa e pôde ser modificado a qualquer momento para contemplar os elementos importantes que deveriam estar presentes no jogo. Por fim, concluímos que o levantamento de requisitos foi uma etapa para conhecer os jogos digitais educacionais já existentes no mercado e para refletir sobre o que pretendíamos desenvolver, considerando tanto os aspectos educacionais quanto os computacionais.

8 CICLO HIPOTÉTICO-EXPERIMENTAL: PROTÓTIPOS DO JOGO GEOMAZE

Neste ciclo, realizamos o desenvolvimento e a experimentação do protótipo. Iniciamos com a apresentação da primeira ideia do protótipo, das situações de uso, das hipóteses de interação dos usuários com o sistema e dos possíveis problemas relacionados à utilização do jogo digital. Em seguida, apresentamos a aplicação do protótipo com duas alunas surdas e um professor de matemática. Por fim, reformulamos o protótipo do *Geomaze*, desenvolvido à luz da Engenharia Didático-Informática (EDI).

8.1 Primeira ideia do protótipo do Geomaze

A proposta inicial do protótipo consistiu em desenvolver um jogo educacional no *RPG Maker*, com o objetivo de propor desafios lógicos baseados no conteúdo de figuras geométricas planas. Para isso, elaboramos uma narrativa em forma de jogo de aventura. A história se passa em uma ilha misteriosa chamada *Geometry*, situada em um arquipélago formado por 300 ilhas minúsculas no meio do oceano Índico. Nesse cenário, um artefato lendário conhecido como “Talismã Octaedro” foi roubado, no século XVIII, do Museu Geométrico do palácio, causando alvoroço no reino e dando início a uma jornada repleta de enigmas e descobertas.

O talismã detém um poder capaz de tornar qualquer desejo realidade; em mãos erradas, esse artefato pode representar uma ameaça devastadora ao equilíbrio do mundo. Para impedir que isso aconteça, um grupo de investigadores especialistas em Geometria é convocado, e o jogador assume o papel de um dos escolhidos para cumprir essa missão crucial de recuperar o talismã e preservar a harmonia global.

O jogo é estruturado em três fases, distribuídas por cinco cenários distintos. No primeiro cenário, o jogador é recebido pela Rainha no palácio, que lhe dá as boas-vindas e apresenta a missão. O segundo cenário é o portal de acesso ao Labirinto do *Geomaze*, que conduz aos três cenários finais, compostos por diferentes trechos do labirinto, onde os desafios geométricos se intensificam até a conclusão da jornada (ver mais detalhes no Apêndice B).

Os personagens foram concebidos com funções distintas dentro da narrativa: guardiões do conhecimento e vilões. Os guardiões atuam como aliados do jogador, apresentando desafios relacionados ao conteúdo geométrico e oferecendo pistas que contribuem para o avanço na missão; já os vilões têm como papel dificultar o progresso, propondo enigmas com o objetivo de barrar o acesso a novas fases ou caminhos no jogo.

É importante destacar que, na primeira questão (canto superior esquerdo), propõe-se que o jogador reconheça o sinal em Libras da figura geométrica, no caso o triângulo, e conte quantos aparecem na imagem, estimulando a percepção visual. Na segunda questão (canto superior direito), o jogador deve identificar qual das figuras sobre os pilares não pertence ao grupo dos quadriláteros, o que exige o reconhecimento de propriedades geométricas, como o número de lados. A terceira questão (canto inferior esquerdo) apresenta um desafio lógico em Libras, no qual se deve completar uma matriz de símbolos, relacionando formas visuais e raciocínio sequencial. Por fim, a quarta questão (canto inferior direito) apresenta um enigma matemático que associa formas geométricas a valores numéricos, permitindo ao aluno deduzir a relação entre elas e descobrir o valor oculto. As demais questões são apresentadas no Apêndice B.

No que diz respeito às situações de uso, às hipóteses de interação dos usuários com o sistema, aos possíveis problemas relacionados à utilização do jogo digital e ao desenvolvimento do protótipo, buscamos antecipar fatores críticos para orientar os testes da etapa seguinte. Entre os desafios previstos, destacamos o fato de que estudantes surdos podem não dominar a língua portuguesa, o que dificulta a leitura das legendas do jogo. Existe também a possibilidade do aluno, inicialmente, não conseguir interagir com o sistema do jogo por não compreender quais teclas controlam o movimento do personagem no cenário, que são as teclas direcionais do teclado.

Outra limitação potencial é a carência de recursos visuais adequados para apoiar a compreensão dos conceitos e garantir a continuidade da experiência lúdico-educativa. A ausência de *feedback* visual imediato pode comprometer a fluidez da jogabilidade e desmotivar o aluno. Adicionalmente, a falta de um intérprete de Libras no jogo pode comprometer significativamente a experiência dos estudantes surdos, ao limitar o acesso às instruções, narrativas e explicações dos desafios propostos.

8.1.1 Teste do protótipo

No dia 25 de abril de 2024, realizamos uma experimentação com duas alunas surdas e o professor de Matemática do CAS. O objetivo foi testar a proposta do protótipo com as alunas, a fim de obter *insights* que orientassem as características de acessibilidade que o produto finalizado deveria apresentar.

Neste primeiro teste, as análises prévias e o levantamento de requisitos ainda não estavam desenvolvidos na pesquisa, e a pesquisadora já havia elaborado um protótipo com ideias iniciais do jogo e com questões que abordavam figuras geométricas planas.

Apesar de os primeiros ciclos da Engenharia Didático-Informática estarem em fase inicial de desenvolvimento, consideramos pertinente aplicar a ideia do jogo, denominada “primeiro protótipo”, com o intuito de avaliar se o *RPG Maker* seria uma ferramenta acessível para o desenvolvimento do jogo com estudantes surdos, bem como verificar a viabilidade dos tipos de questões matemáticas propostas. Ademais, buscamos identificar requisitos essenciais a serem incorporados para aprimorar a acessibilidade do jogo.

As alunas selecionadas pela coordenadora do CAS para participar da aplicação do protótipo do jogo foram duas estudantes, ambas com a Libras como primeira língua, o português como segunda língua e oralizadas, o que enriqueceu sua participação no teste, considerando suas competências linguísticas e tecnológicas.

Para a aplicação da ideia do protótipo, utilizamos o computador da pesquisadora, uma vez que o jogo ainda estava em fase de desenvolvimento. Assim, as alunas foram organizadas em duplas, e o professor acompanhou de perto todo o processo, contribuindo com *feedbacks* durante o teste. A pesquisadora iniciou explicando quais teclas do computador utilizar para movimentar o jogador e interagir com os personagens. Em seguida, a Figura 37 apresenta como utilizar as teclas no jogo.

Figura 37 – Teclas



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

No início, foi perceptível a dificuldade das alunas em compreender a mecânica do jogo. Após o personagem conversar com a Rainha, uma das alunas questionou: “E agora, vou fazer o quê?”. A pesquisadora explicou a direção, e a aluna continuou o jogo. No entanto, imediatamente ficou evidente que elas precisavam interagir com os personagens e seguir suas

dicas. A Figura 38 mostra as alunas jogando a primeira fase, acompanhadas pelo professor, que prestava auxílio durante o jogo.

Figura 38 – Primeira fase do protótipo



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

As alunas, ao lerem o diálogo do personagem com o NPC¹⁵, realizavam a sinalização em Libras. As participantes encontraram dificuldades quanto ao significado de algumas palavras, tais como “distorção”, “enigma”, “revelar”, “talismã” e “labirinto”. A Figura 39 exhibe as alunas perguntando o que é “octaedro”.

Figura 39 – Dúvida da palavra “octaedro”



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

¹⁵ (Non-Playable Characters), ou personagens não jogáveis inseridos no jogo.

Após a apresentação da primeira questão, uma das alunas identificou que o tempo foi insuficiente e, conseqüentemente, errou a questão. Observe o diálogo das estudantes com o professor e a pesquisadora (traduzido da Libras para a Língua Portuguesa).

***Aluna 1:** A pergunta apareceu muito rápido. Alguns surdos não conhecem o português, por isso é necessário um avatar em Libras.*

***Professor:** Se for possível, poderia colocar o Hand Talk, por exemplo.*

***Pesquisadora:** Acredito que seja viável inserir um vídeo com um intérprete.*

***Professor (dirigindo-se às alunas):** Se colocarmos um vídeo com explicações em Libras, fica melhor?*

***Alunas:** Pode sim, é bom!*

***Aluna 1:** Pode colocar um intérprete em Libras, porque às vezes o surdo sabe português, mas às vezes não.*

Na segunda tentativa, as alunas resolveram o problema da questão rapidamente, mas não compreenderam como responder e prosseguir no jogo, pois as alternativas ainda não haviam sido apresentadas. A pesquisadora explicou que era necessário aguardar o tempo para que as opções de resposta aparecessem, e uma das alunas sinalizou explicando que era preciso esperar pela colega, conforme mostrado na Figura 40.

Figura 40 – Respondendo a primeira questão



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

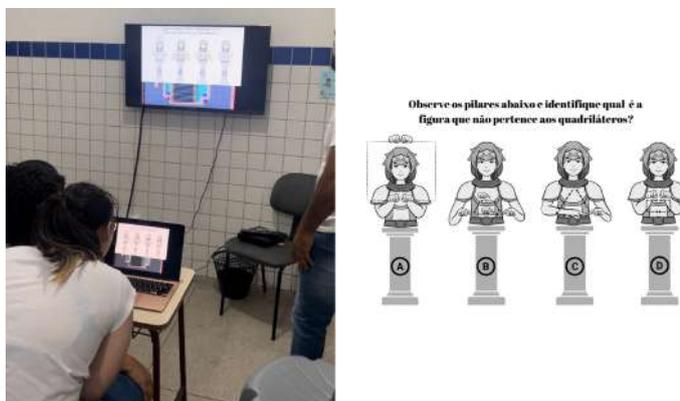
Nesse momento, o professor sugeriu estabelecer um tempo visível, de modo que os jogadores compreendessem ser necessário aguardar antes de responder à questão.

***Aluna 1:** Precisa desse tempo. Porque, se ficar esperando, o surdo não vai entender o motivo. Mas, ao ver o tempo, ele vai perceber.*

Dessa experiência, confirmamos os indicativos apresentados pela literatura da área: “a utilização de recursos visuais, assim como utilização de dicas visuais como estratégia pedagógica, torna-se importante para que o aluno surdo tenha maiores possibilidades de compreensão e apreensão sobre o que está sendo ensinado” (Strobel, 2008, *apud* Viana; Barreto, 2014, p. 47).

Na próxima questão, as alunas observaram e sinalizaram que a imagem do quadrado estava com o enquadramento inadequado, pois deveria ser semelhante ao desenho do retângulo, conforme mostra a Figura 41. O professor questionou se os desenhos das alternativas “a” e “b” eram iguais e se ambos representavam um quadrado em Libras. A pesquisadora respondeu que não: a letra “a” sinaliza o quadrado e a letra “d”, o retângulo.

Figura 41 – Desafio dos pilares



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Dando continuidade ao jogo, as alunas responderam à questão e avançaram no labirinto. Na questão seguinte (Figura 42), proposta pelo personagem “Senhor Caos”, elas responderam com facilidade. Em seguida, não conseguiram compreender para onde deveriam seguir no labirinto. Uma das alunas sugeriu que houvesse uma seta ou uma luz que indicasse a direção que o jogador deveria seguir.

Figura 42 – Questão proposta pelo Senhor Caos



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Outra observação feita por uma das alunas foi a de que o texto precisava ser adaptado para surdos, já que os diálogos estavam em português voltado para ouvintes. A pesquisadora e as participantes interromperam o jogo e iniciaram uma conversa:

A aluna 1 incentivou a outra participante a apresentar sua opinião, dizendo: “Sua opinião, ela quer sua opinião”.

Aluna 2: “A conversa precisa ser adaptada para o surdo, porque tem surdo que não entende português”.

Professor: “Elas duas sabem português, mas há muitos surdos que não sabem”.

Aluna 1: “Precisa de uma adaptação no português, porque o português está voltado para ouvintes”.

Professor: “Um exemplo é quando um ouvinte diz: ‘Vim para o CAS hoje’. Já um surdo pode dizer: ‘Hoje CAS Mossoró’. Para quem entende português, pode parecer errado, mas, para uma pessoa com deficiência auditiva, essa é a forma como ela fala e compreende”.

Professor: “Pode-se fazer até duas versões do jogo”.

Dando continuidade ao jogo, no próximo desafio, localizado na biblioteca do labirinto, uma das alunas afirmou que não entendeu a questão (Figura 43).

Figura 43 – Primeira questão do labirinto



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

O professor explicou: “Tem quatro lados iguais. É retângulo? Não. É qual?”

Aluna 1: “Como assim, igual?”

Professor: “Triângulo tem três lados. E o quadrado?”

Aluna 1: “Quadrado, tem quatro lados.”

Para tornar a explicação mais clara, o professor pegou um papel, desenhou um quadrado e mostrou que os lados e os ângulos eram iguais, como ilustrado na Figura 44.

Aluna 1: “É o quadrado. Entendi”.

Figura 44 – Professor explicando a questão



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

No cenário do jogo ambientado na biblioteca, as alunas não apresentaram dificuldades com a segunda questão proposta. Após responderem aos dois desafios, as participantes seguiram pela escada indicada no jogo e encontraram o personagem “Mágico Deformes”, que solicitou que escolhessem um caminho: o caminho dos quadrados ou o caminho dos triângulos. As alunas optaram pelo caminho dos quadrados e, ao iniciar o diálogo do jogador com o

personagem “Gênio”, a Aluna 1 não conseguiu compreender a fala do Gênio, quando ele afirmou: “Transformo figuras geométricas em objetos”.

Aluna 1: Como assim?

O professor explicou oralmente e sinalizou: criar, transformar, misturar, ou seja, transformar em objetos.

Aluna 1: Entendi.

Nesse momento do labirinto, as participantes responderam à seguinte pergunta: “Quantos quadrados têm nas janelas?” Elas disseram oito quadrados dentro das duas janelas, porém não contaram os quadrados que compõem as próprias janelas. Nesse caso, a resposta correta seria um total de 10.

Antes de as alunas responderem no jogo, o professor questionou: “E o quadrado da janela?”

Então, elas compreenderam e responderam 10 quadrados. Na última fase, no diálogo com o rei, as alunas precisavam escolher entre a opção de o rei estar falando a verdade ou mentindo. Elas escolheram a opção de que o rei estava falando a verdade e, em seguida, resolveram o desafio para sair do labirinto sem dificuldade.

Após sair do labirinto, o personagem principal teve um encontro com a Rainha, no qual lhe foi proposto o último desafio para recuperar uma parte do talismã e salvar o reino. Nesse desafio, percebemos a dificuldade na compreensão da lógica da questão, pois era necessário entender que os lados das figuras são multiplicados para se obter o resultado. Seguindo esse padrão, ao multiplicar os quatro lados do quadrado pelos três lados do triângulo, a resposta é 12. O professor explicou às alunas como resolver o problema, como mostra a Figura 45.

Figura 45 – Explicação do último desafio



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Após a aplicação, compreendemos que a questão da Figura 43 não foi compreendida pelas alunas. Sendo assim, considerou-se pertinente aprimorar os enunciados das questões quanto às explicações, de modo que os próximos jogadores entendam claramente o que é necessário para resolver o desafio.

Concluimos essa primeira experimentação, evidenciando que tanto as alunas quanto o professor demonstraram grande interesse e satisfação com a ideia do protótipo. As principais sugestões foram: incluir sinalização com cores ou luzes para indicar onde o jogador precisa se direcionar; inserir um botão ou algum avatar que sinalize em Libras o texto quantas vezes forem necessárias para o jogador; aumentar o tempo das questões que possuem imagens para um minuto e adicionar um cronômetro.

Com isso, entendemos que essa aplicação foi imprescindível para ajudar a identificar desafios e oportunidades de melhoria na próxima versão do protótipo, garantindo que o *Geomaze* seja realmente útil na aprendizagem para o público-alvo com surdez. Visto que “as tecnologias podem ser um instrumento potencializador de mediação no processo de desenvolvimento do pensamento matemático de estudantes surdos, explorando a visualidade surda, que se constitui a partir da sua própria subjetividade e relação mediada com o mundo” (Sansão, 2020, p. 52).

Portanto, como esse primeiro protótipo não foi desenvolvido com o suporte teórico da Engenharia Didático-Informática, propomos, a seguir, uma reformulação do protótipo *Geomaze*, agora fundamentado nos princípios da Engenharia Didático-Informática.

8.2 Reformulação do protótipo Geomaze desenvolvido à luz da EDI

Para a reformulação do protótipo do *Geomaze*, foi necessário realizar o Ciclo Analítico-Hipotético da Engenharia Didático-Informática, incluindo a especificação, as análises prévias e o levantamento de requisitos, com o intuito de fundamentar o jogo e identificar as necessidades de melhoria do protótipo.

Da mesma forma, o ciclo Hipotético-Experimental permitiu o levantamento de hipóteses sobre a interação dos usuários com o sistema, a identificação de possíveis problemas relacionados ao uso do jogo digital e o direcionamento do desenvolvimento do protótipo. Nessa etapa, o protótipo foi aplicado em testes com duas alunas surdas, possibilitando a observação de aspectos da usabilidade, acessibilidade e compreensão das questões propostas.

A primeira modificação no protótipo consistiu em uma reflexão sobre o conteúdo proposto, que inicialmente incluía, de forma ampla, as figuras geométricas planas. Diante disso,

a equipe decidiu delimitar o tema, optando por especificar o conteúdo em polígonos, com o objetivo de proporcionar uma revisão dos conceitos fundamentais para alunos do 6º ano do Ensino Fundamental, assegurando a acessibilidade para estudantes surdos por meio de uma proposta lúdica e interativa, desenvolvida na plataforma *RPG Maker* e fundamentada nos princípios da Engenharia Didático-Informática (EDI).

A narrativa também foi adaptada para uma linguagem com elementos do cotidiano dos estudantes surdos, com o intuito de facilitar a tradução do texto para Libras. Nessa perspectiva, o talismã roubado foi substituído por um anel perdido, por ser uma imagem mais familiar. Da mesma forma, o cenário do labirinto foi substituído por uma floresta, ambiente mais conhecido pelos estudantes e com maior potencial de gerar identificação e compreensão visual.

O primeiro protótipo apresentava falas muito extensas, o que poderia gerar cansaço e desmotivação no jogador. Durante a aplicação do protótipo, identificou-se a necessidade de reduzir e tornar as falas mais diretas, a fim de facilitar a compreensão por parte dos estudantes surdos e viabilizar a produção de vídeos com avatar intérprete de Libras.

Desse modo, reduzimos as falas do jogo e realizamos um encontro com professores e a diretora do CAS – Mossoró, com o objetivo de validar se a estrutura textual estava adequada para a tradução em Libras, como mostra a Figura 46.

Figura 46 – Encontro com professores e diretora do CAS (Mossoró)



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

O professor de Matemática contribuiu na elaboração e no esclarecimento das questões, explicando os conceitos ao professor Eliedson e às demais participantes, como mostra a Figura 47. Juntos, os quatro envolvidos discutiram e definiram, de forma colaborativa, a tradução mais adequada para Libras, considerando a clareza linguística e a acessibilidade para os estudantes surdos.

Figura 47 – Conversa dos professores

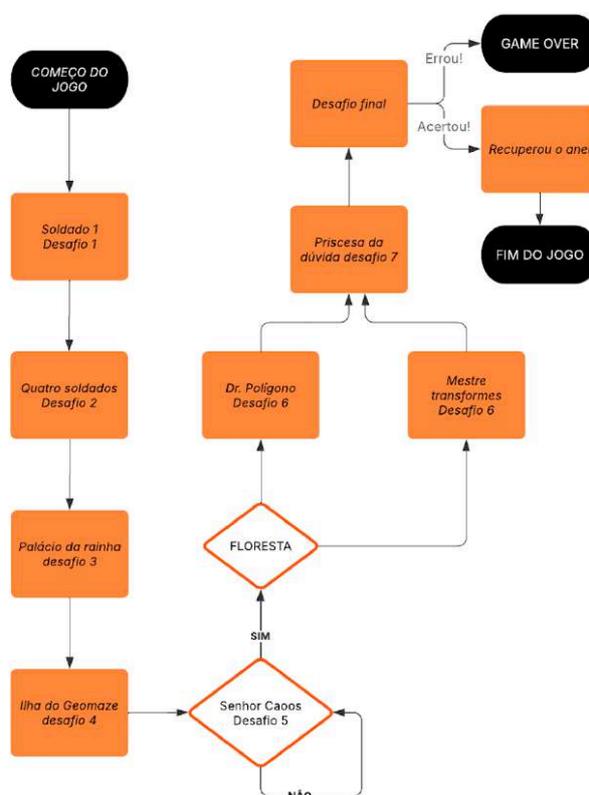
Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

A questão discutida que permaneceu no jogo foi a seguinte: “Eu não tenho ângulos retos. Eu não sou um quadrilátero. Todos os meus lados têm o mesmo comprimento. Eu tenho mais de quatro lados. Quem eu sou?”. Após análise coletiva, os professores propuseram a seguinte estrutura para ser utilizada pela intérprete de Libras: “Não ter ângulos retos. / Não quadrilátero. / Lado igual. / Ter mais de 4 lados. / Quem sou?”.

Com esse encontro e após conhecerem o primeiro protótipo do jogo, os professores sugeriram que ele fosse mais curto e menos complexo, visando facilitar a compreensão dos estudantes surdos e otimizar a tradução para Libras. A partir dessa sugestão, refizemos o fluxo do jogo para torná-lo mais objetivo, com falas diretas e uma progressão narrativa mais clara.

No Apêndice B, é possível observar uma comparação entre o primeiro fluxograma e a versão atual, evidenciando a simplificação realizada no novo modelo. Essa revisão tornou o jogo mais direto e acessível, alinhando-se às orientações dos professores, como mostra a Figura 48.

Figura 48 – Fluxograma do protótipo atual do *Geomaze*



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Nesse novo protótipo, utilizamos as falas dos personagens que já haviam sido revisadas pelos professores do CAS, a fim de aproveitar as contribuições previamente discutidas. Como as questões foram elaboradas para abordar o conteúdo de polígonos, foi necessário enviá-las ao professor de matemática para que ele analisasse os enunciados e colaborasse na definição da tradução mais adequada para Libras.

O jogo foi criado observando os critérios apontados no documento de requisitos, e buscamos inserir, sem falta, um avatar como intérprete de Libras para tornar o jogo mais acessível aos estudantes surdos. Para isso, após diversas pesquisas, encontramos uma inteligência artificial chamada *GoEnhance* (plano pago), que permite criar curtas animações a partir de qualquer vídeo. Nessa perspectiva, realizamos alguns testes e utilizamos essa ferramenta no desenvolvimento dos vídeos, com o objetivo de criar um avatar do intérprete de Libras para o jogo. Portanto, a partir das pesquisas, das contribuições dos professores e das modificações no protótipo, finalizamos o jogo educacional *Geomaze*, que apresentamos a seguir.

8.2.1 *Jogo educacional Geomaze desenvolvido à luz da EDI*

O jogo educacional intitulado *Geomaze*¹⁶ foi desenvolvido no gênero aventura e ficção, em 2D, incorporando elementos de exploração, resolução de desafios, orientação em labirintos e decodificação de mensagens. O nome *Geomaze* resulta da combinação das palavras “geometria” e “labirinto”, podendo ser interpretado como um percurso desafiador relacionado à geometria, no qual os jogadores devem transitar por caminhos complexos e solucionar enigmas envolvendo polígonos para avançar no jogo.

O enredo do jogo se passa em uma ilha chamada *Geometry*, onde a Rainha perdeu um poderoso anel mágico na floresta. Esse anel tem o poder de realizar qualquer desejo e, caso seja encontrado por pessoas mal-intencionadas, o mundo poderá estar em perigo. Para evitar essa ameaça, foi convocado um grupo de investigadores especialistas em Geometria, com a missão de recuperar o anel. O jogador é um desses convidados e deverá enfrentar enigmas, superar desafios e impedir que o mal triunfe.

Para encontrar o anel mágico perdido, o jogador precisa superar desafios até chegar à Rainha e conquistar o direito de ser escolhido para a missão de recuperá-lo na floresta e devolvê-lo. Durante a jornada, ele encontrará enigmas, desafios e quebra-cabeças sobre o conteúdo de polígonos.

No *Geomaze*, o jogador encontrará três fases com uma série de desafios que testarão suas habilidades em Geometria. Cada fase representa um quebra-cabeças e enigmas geométricos únicos, envolvendo conceitos de polígonos com tradução em Libras. Para avançar, é necessário resolver esses enigmas, desvendar os segredos da Geometria e desbloquear novos caminhos até encontrar o anel.

Para recuperar o anel mágico perdido, o jogador deve superar diversos desafios até chegar à Rainha e ser reconhecido como digno da missão. Durante sua jornada pela floresta, enfrentará enigmas, perguntas e quebra-cabeças relacionados ao conteúdo de polígonos. O *Geomaze* é composto por três fases, cada uma estruturada com uma sequência de desafios que exigem raciocínio geométrico. Esses desafios apresentam situações únicas envolvendo conceitos de polígonos, acompanhados por tradução em Libras, o que permite acessibilidade para estudantes surdos. Para prosseguir, o jogador deve resolver os enigmas propostos, explorar os conteúdos geométricos e abrir caminhos até alcançar o anel perdido.

¹⁶ [Baixar jogo](#)

Na primeira fase, são apresentadas três questões relacionadas ao conteúdo de polígonos. Para acessar o castelo, o jogador precisa resolver o primeiro desafio: “Qual é o menor número de lados necessário para se formar um polígono?”, que explora a compreensão da definição mínima exigida para que uma figura seja considerada um polígono.

Na segunda questão, o jogador interage com três soldados que se apresentam: o primeiro se chama Triângulo, o segundo, Retângulo, e o terceiro, Pentágono, como mostra a Figura 49. Eles explicam que seus nomes seguem uma sequência lógica e desafiam o jogador a descobrir o nome do próximo soldado. Esse desafio foi elaborado com base na sequência de nomes de polígonos — “triângulo, quadrado e pentágono” — para estimular o reconhecimento e a nomeação dos polígonos de acordo com a quantidade de lados, além de desenvolver a habilidade de identificar padrões.

Figura 49 – Questão 2 do *Geomaze*



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Já a terceira questão é apresentada pela Rainha como condição para que o jogador seja escolhido para ajudar a encontrar o anel mágico: “O polígono de 10 lados é um...?”. Essa pergunta tem como objetivo consolidar a nomenclatura dos polígonos e ampliar o vocabulário geométrico dos alunos, reforçando a associação entre o número de lados e o nome correspondente.

Com o mesmo objetivo da questão anterior, a segunda fase se inicia com o jogador a caminho da floresta. Para que o soldado lhe forneça uma dica, é necessário responder à pergunta: “Qual é o nome do polígono de 12 lados?”.

Após acertar a questão anterior, o jogador é conduzido a um novo cenário, situado nas proximidades da floresta, onde encontra a professora Hipátia. Ela informa ter encontrado uma dica e, ao ser solicitada, apresenta a seguinte pergunta: “Os três polígonos são convexos? Sim ou não?”, conforme ilustrado na Figura 50. A imagem exibida ao jogador apresenta um

hexágono regular, um triângulo equilátero e um retângulo, propondo, assim, a análise das propriedades dos polígonos e a identificação de sua convexidade.

Figura 50 – Questão da segunda fase



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Ao acertar essa questão, o jogador avança para a terceira fase, que consiste em entrar na floresta. Dentro do labirinto florestal, ele encontra personagens que o desafiam com perguntas sobre polígonos. A cada acerto, o jogador desbloqueia novos caminhos, aprofundando sua jornada e reforçando o aprendizado sobre polígonos.

Essa última fase apresenta cinco questões, sendo a primeira um enigma proposto pelo personagem Senhor Caos, conforme ilustrado na Figura 51: “Eu não tenho ângulos retos. Não sou um quadrilátero. Todos os meus lados têm o mesmo comprimento. Tenho mais de quatro lados.”

Figura 51 – Enigma do Senhor Caos

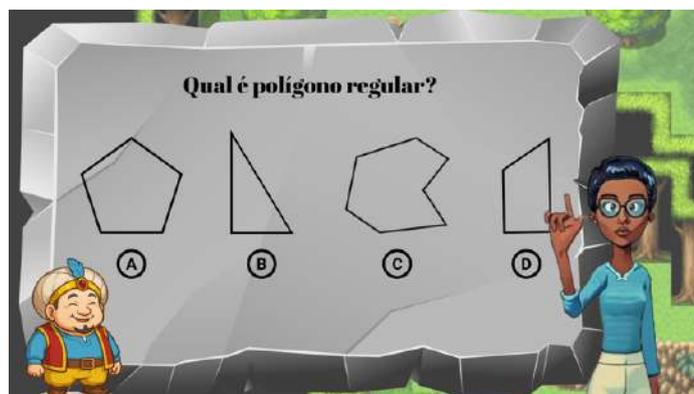


Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Nesse momento do jogo, há dois caminhos possíveis a serem percorridos. Em um deles, o jogador encontra o personagem Dr. Polígono, que o desafia com uma inscrição esculpida em pedra contendo a seguinte pergunta: “Qual não é polígono?”, com as opções: a) Círculo; b)

Hexágono; c) Triângulo. A questão visa reforçar a compreensão da definição formal de polígono, destacando que polígonos são figuras planas, fechadas e formadas exclusivamente por segmentos de reta. Sendo assim, o círculo, por possuir linha curva, é a alternativa incorreta. Caso o jogador siga pelo outro caminho na floresta, encontrará Aladim, que o desafiará a responder uma questão sobre polígonos regulares, como mostra a Figura 52.

Figura 52 – Questão de polígono regular

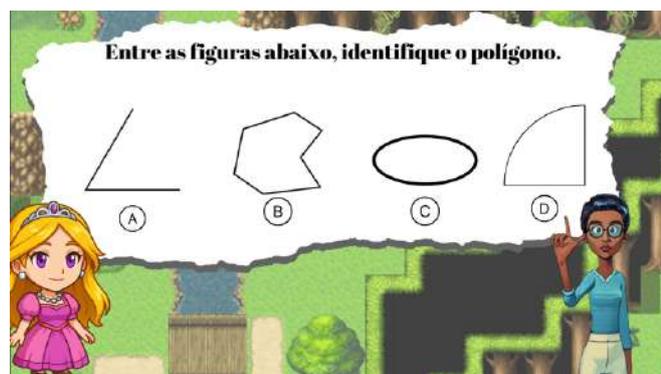


Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

A questão “Qual é o polígono regular?” tem o propósito de levar o aluno a identificar e diferenciar os polígonos regulares dos irregulares, reconhecendo que um polígono regular possui todos os lados e ângulos congruentes.

Após a resolução da questão em um dos caminhos, o jogador é conduzido até a personagem “Princesa da Dúvida”, que solicita sua ajuda para resolver uma pergunta, como mostra a Figura 53.

Figura 53 – Questão sobre identificação de polígono

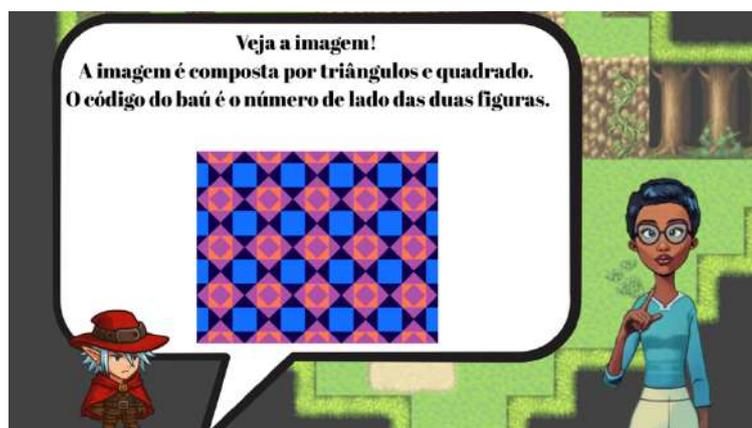


Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Nessa questão, o intuito é que o aluno desenvolva a habilidade de reconhecer figuras geométricas planas que se enquadram na definição de polígono. É importante que ele identifique, entre as opções apresentadas, aquela que é composta exclusivamente por segmentos de reta e forma uma figura fechada, diferenciando-a de figuras abertas ou que contêm curvas, o que reforça o entendimento conceitual do que caracteriza um polígono.

Por fim, para que o jogador conclua a última fase e recupere o anel mágico perdido, será necessário descobrir a senha do baú, a qual está relacionada à quantidade de lados da imagem apresentada em um mosaico, como mostra a Figura 54.

Figura 54 – Desafio final



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Esse desafio final visa reforçar a contagem e o reconhecimento dos lados de um polígono, estimulando a aplicação prática dos conceitos geométricos aprendidos ao longo do jogo. Diante da proposta do jogo educacional *Geomaze*, defendemos que ele pode contribuir para a consolidação do conteúdo sobre polígonos, especialmente no que se refere à habilidade “EF06MA18”, que tem como objetivo “reconhecer, nomear e comparar polígonos, considerando lados, vértices e ângulos, e classificá-los em regulares e não regulares, tanto em suas representações no plano como em faces de poliedros” (Brasil, 2018, p. 303).

Nessa perspectiva, o jogo foi desenvolvido para atender ao público de estudantes do 6º ano do Ensino Fundamental, tanto surdos quanto ouvintes, possibilitando a inclusão no ambiente escolar.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de jogos digitais pode parecer uma tarefa simples para quem sabe programar ou utilizar plataformas específicas, mas, no contexto educacional, exige a articulação de diversas áreas do conhecimento para que o jogo atinja seus objetivos, o que está longe de ser trivial. Quando se trata de alunos com surdez, é necessário considerar uma série de elementos adicionais para garantir a acessibilidade e a efetiva aprendizagem.

Nesse contexto, o objetivo geral da presente pesquisa foi desenvolver um jogo digital abordando o conteúdo de polígonos, ancorado no estudo teórico-metodológico da Engenharia Didático-Informática (EDI), considerando a dimensão acessível para contemplar estudantes surdos. Para isso, buscou-se responder às seguintes perguntas: quais são os requisitos essenciais para o projeto de jogos, os elementos de interface e o enredo adequados ao público-alvo com surdez? Como desenvolver um jogo digital, baseado no estudo teórico-metodológico da Engenharia Didático-Informática, acessível a estudantes surdos para a aprendizagem do conteúdo de polígonos?

Para fundamentar teoricamente este trabalho, desenvolvemos três capítulos teóricos. O capítulo dois foi para a contextualização da Educação Matemática Inclusiva e dos aspectos históricos e legais da educação de surdos, bem como para o mapeamento que permitiu compreender o que já vinha sendo discutido nas pesquisas sobre a surdez no ensino de Geometria, identificando problemas como a ausência de sinais matemáticos em Libras, a dificuldade de concentração dos estudantes surdos (uma vez que a comunicação exige deles atenção visual constante e direcionamento do olhar) e os desafios comunicacionais como um todo, que representam uma das principais barreiras enfrentadas por esses alunos. Constatamos, neste estudo, que o uso de materiais didáticos, especialmente recursos visuais e concretos, contribui para as intervenções pedagógicas, pois favorece a visualidade, que é a principal via de aprendizagem para estudantes surdos. A visualização e o uso de materiais didáticos são, portanto, elementos centrais para facilitar a compreensão de conceitos geométricos. Evidenciamos, ainda, a carência na formação inicial e continuada de professores para o trabalho com Geometria voltado a estudantes surdos, bem como a escassez de jogos digitais específicos para esse público nessa área.

O capítulo sobre jogos digitais possibilitou uma discussão sobre sua definição, contribuições para o ensino e características dos diferentes gêneros de *games*, além de abordar a aprendizagem baseada em jogos digitais. Nele, evidenciamos que essa abordagem favorece a aprendizagem dos conteúdos em sala de aula, ao promover a imersão dos alunos em ambientes

dinâmicos, interativos e personalizáveis, despertando sua motivação para interagir com os jogos. A revisão sistemática da literatura que desenvolvemos também mostrou a carência de jogos de Geometria voltados para estudantes surdos. Concluimos, ainda, que a maioria dos jogos digitais analisados aborda conteúdos das quatro operações, utilizando mecânicas simples, como jogos da memória ou de associação, sem envolver resolução de problemas. Identificamos, também, uma escassez de jogos desenvolvidos em gêneros como *RPG* e simulação.

O capítulo que abordou a Engenharia Didático-Informática como suporte para a prototipação de um jogo digital discutiu o referencial teórico da Engenharia Didática e da Engenharia de *Software*, bem como a integração entre ambas, que originou a EDI. Na sequência, apresentamos o Modelo de Processo da Engenharia Didático-Informática e promovemos uma discussão sobre sua aplicação no desenvolvimento de jogos digitais, destacando pesquisas na área e os elementos fundamentais para a criação de um GDD.

No desenvolvimento prático da EDI, a participação da equipe transdisciplinar contribuiu com a experiência de cada integrante para tornar o jogo acessível. No que diz respeito às questões educacionais, a etapa de especificação permitiu, por meio do questionário e das reflexões dos textos, identificar problemas comuns em jogos digitais voltados ao público surdo e delimitar os saberes que representariam o diferencial do uso desse jogo digital em comparação ao ambiente tradicional de papel e lápis. Assim como as análises prévias foram importantes para o desenvolvimento das dimensões didática, cognitiva, epistemológica, informática e de acessibilidade.

A dimensão didática foi imprescindível, pois visou compreender o estado atual do ensino do conceito de polígonos, considerando sua abordagem no currículo escolar, nos principais documentos orientadores da educação básica e nos livros didáticos. A dimensão cognitiva foi necessária para a discussão do pensamento geométrico, com base em textos acadêmicos sobre o modelo de Van Hiele. O jogo utilizou, especificamente, os dois primeiros níveis desse modelo: visualização e análise. A dimensão epistemológica foi importante para apresentarmos o saber sábio sobre os polígonos, desde sua formulação nos Elementos de Euclides até sua aplicação nos livros didáticos do ensino superior, evidenciando a evolução histórica do conceito. A dimensão informática teve o intuito de discutirmos como os jogos digitais desenvolvidos no *RPG Maker* influenciam o currículo e as práticas docentes e discentes, ao aumentar o interesse e a motivação dos alunos e envolvê-los ativamente na aprendizagem.

Por fim, na dimensão acessível, abordamos os elementos necessários para garantir acessibilidade em jogos digitais, especificamente para pessoas surdas.

O desenvolvimento do levantamento de requisitos possibilitou a análise de produtos educacionais sobre o conteúdo de polígonos, com o objetivo de identificar os possíveis diferenciais do jogo digital que pretendíamos desenvolver, considerando tanto os aspectos educacionais quanto os computacionais. Nesse processo, identificamos jogos semelhantes aos encontrados no mapeamento, com mecânicas simples, ausência de enredo e estrutura de correspondência semelhante à de um jogo da memória. Apenas um jogo, *Caça à Prova de Riemann*, desenvolvido no *RPG Maker*, apresentou semelhanças com o que pretendíamos criar, com a diferença de que o nosso se propõe a ser acessível.

A aplicação do protótipo *Geomaze* foi necessária para corrigir erros no programa e identificar pontos de melhoria. A participação das alunas surdas, do professor surdo e de especialistas em Libras foi necessário para o desenvolvimento do jogo, pois proporcionou *feedbacks* específicos sobre os aspectos que precisavam ser aprimorados. Considerou-se, para a modificação do protótipo, a inclusão de um avatar que sinalizasse em Libras, atuando como intérprete dentro do jogo. Não foram inseridos cronômetro nem limite de tempo, visto que as questões foram modificadas e, caso o jogador erre, poderá retornar quantas vezes forem necessárias à mesma questão. Também se observou que o tempo disponível foi suficiente, devido à presença do vídeo com a intérprete de Libras. Por fim, os enunciados das questões foram aprimorados e as falas nos diálogos, reduzidas.

Com base nos resultados da presente pesquisa, constatamos que, para projetar jogos educacionais acessíveis a estudantes surdos, é imprescindível, inicialmente, partir do reconhecimento de suas especificidades linguísticas, cognitivas e culturais. Em seguida, torna-se necessário escolher e delimitar, com cuidado, o conteúdo matemático, alinhado ao currículo e pertinente ao nível de escolaridade a ser contemplado. O enredo deve ser construído com linguagem clara, objetiva e visualmente acessível, incluindo a presença de intérprete de Libras em vídeos (podendo-se utilizar avatar), além de textos escritos em português com estrutura adequada à compreensão de estudantes surdos, assegurando múltiplas vias de acesso à informação. Essas múltiplas vias de acesso (visual, textual e sinalizada) ampliam as possibilidades de compreensão e engajamento. Essas considerações nos permitiram responder à primeira questão de pesquisa: “*Quais são os requisitos essenciais para o projeto de jogos, os elementos de interface e o enredo adequados ao público-alvo com surdez?*”.

Respondendo à segunda questão de pesquisa: “*Como desenvolver um jogo digital baseado no estudo teórico-metodológico da Engenharia Didático-Informática, acessível aos alunos surdos para a aprendizagem do conteúdo de polígonos?*”, consideramos que desenvolver um jogo digital acessível a estudantes surdos, com base na Engenharia Didático-Informática (EDI), requer articular as fases Analítico-Hipotética e Hipotético-Experimental, considerando tanto os aspectos educacionais quanto os informáticos. Compreendemos, a partir da pesquisa, que é necessário mapear as dificuldades recorrentes na aprendizagem do conteúdo por alunos surdos e identificar os elementos que facilitam sua compreensão. No *design*, o jogo deve incorporar representações visuais (*feedback* visual, imagens coloridas), sinalização em Libras por meio de avatares ou vídeos, legendas sincronizadas e interações que estimulem o raciocínio geométrico, respeitando os princípios da comunicação visual acessível. Já na experimentação, o protótipo deve ser testado em contextos reais com estudantes surdos, avaliando-se sua usabilidade e sendo adaptado conforme os resultados.

Dessa forma, alcançamos o objetivo geral da presente pesquisa: desenvolver um jogo digital abordando o conteúdo de polígonos, ancorado no estudo teórico-metodológico da Engenharia Didático-Informática (EDI), considerando a dimensão acessível para contemplar estudantes surdos, a partir das fases analítico-hipotética e hipotético-experimental da EDI. Essas fases permitiram mapear as necessidades específicas do público-alvo, estruturar o *design* do jogo com recursos visuais e comunicacionais adequados e validar o protótipo em contextos reais.

Com a finalização do jogo *Geomaze* e da pesquisa, confirmamos a hipótese de que a utilização de um jogo digital desenvolvido sob a ótica do aporte metodológico da Engenharia Didático-Informática, em consonância com a dimensão acessível, tem potencial para contribuir na promoção da acessibilidade dos estudantes surdos na aprendizagem de polígonos.

Por meio do estudo da EDI e da criação da dimensão acessível, identificamos os principais elementos que favorecem a acessibilidade em jogos digitais, tais como: *feedback* visual em tempo real (com luzes distintas para indicar acertos e erros), controles de volume ou opção de silenciar separados para os efeitos sonoros, e a apresentação de componentes sonoros por meio de redundâncias visuais, legendas ou subtítulos claros e de fácil leitura. Com isso, é necessário pensar em questões que contemplem as principais habilidades previstas na BNCC.

Dessa forma, confirmamos a nossa tese de que a criação da dimensão “Acessível” à Engenharia Didático-Informática (EDI) possibilita o desenvolvimento de jogos digitais

educacionais com potencial para atender às necessidades específicas de alunos surdos, como demonstrado no processo de concepção e desenvolvimento do jogo *Geomaze*, voltado para o ensino de polígonos.

Com a finalização da presente tese, consideramos, como possibilidades para pesquisas futuras, a continuidade do terceiro ciclo, Experimental-Operacional, e do quarto ciclo, Operacional-Analítico, da Engenharia Didático-Informática. O ciclo Experimental-Operacional poderá ser aplicado com estudantes surdos do CAS – Mossoró, bem como com turmas da educação básica que incluam alunos surdos e ouvintes, promovendo a inclusão em sala de aula. No ciclo Operacional-Analítico, poderão ser realizados os procedimentos de análise dos dados e validação do jogo.

Como a presente pesquisa foi realizada com um público surdo, identificamos algumas possibilidades de novas investigações, que podem ser estendidas a outros públicos, como pessoas com cegueira ou com outras deficiências ou transtornos, além de permitir a utilização do Desenho Universal para a Aprendizagem.

Observamos, também, uma carência de jogos voltados ao ensino de conteúdos de Geometria; nessa perspectiva, vislumbramos a possibilidade de desenvolver novos jogos abordando outros conteúdos além dos polígonos, que foram o foco desta pesquisa. Outra proposta para pesquisas futuras pode ser o envolvimento direto dos próprios estudantes surdos no desenvolvimento de seus jogos utilizando o *RPG Maker*. Dessa forma, seriam trabalhados tanto o ensino do uso da ferramenta quanto o processo de criação dos jogos em colaboração com os alunos.

Finalizamos a escrita desta tese comparando o doutorado a um jogo de *RPG*, com diferentes fases, missões e desafios, além da evolução do personagem até chegar à fase final. A missão principal do jogo é a defesa da tese. No entanto, ao longo da caminhada, surgiram missões secundárias, como cursar disciplinas, publicar artigos, participar de eventos científicos, realizar estágio, aprender Libras, apresentar seminários, desenvolver jogos digitais e passar nas proficiências de inglês e espanhol. Em cada fase, aparecia um chefe: o medo de não conseguir cumprir cada missão que surgia, como o exame de qualificação.

Para a superação desses desafios, foram necessários estudos e preparação, permitindo a evolução do personagem, que ganhava experiência a cada revisão sistemática, leitura de artigos, dissertações e teses. Com isso, suas habilidades de escrita, argumentação e análise foram se aprimorando ao longo do tempo. Havia fases que pareciam impossíveis, momentos em que o jogador se entristecia, mas também existiam conquistas que traziam alegria, tornando as dificuldades mais fáceis de esquecer.

Durante essa jornada, surgiram NPCs: colegas que estavam no mesmo jogo ou em grupos de estudo, que serviam para a troca de conhecimento, e, claro, os mestres, o orientador e o coordenador, que, com suas explicações, davam dicas valiosas para vencer os desafios. Na última fase, a tão esperada defesa, acontece o confronto final. Foram necessários anos de preparo para explicar, em poucos minutos e com muita argumentação, o trabalho realizado ao longo de quase quatro anos. Após a defesa, o jogo foi zerado. No entanto, sempre é possível iniciar novos jogos, seguir novos caminhos, continuar na carreira acadêmica e, quem sabe, tornar-se mentor de novos jogadores, assumindo o papel de orientador.

REFERÊNCIAS

- ADAMO-VILLANI, Nicoletta; BENES, Bedrich; BRISBIN, Matt; HYLAND, Bryce. A natural interface for sign language mathematics. **Springer-Verlag Berlin Heidelberg**, Heidelberg, p. 70–79, 2006.
- ADAMO-VILLANI, Nicoletta; WRIGHT, Kelly. SMILE: An immersive learning game for deaf and hearing children. **Researchgate**, 2007.
- AGUILERA, Earl; ROOCK, Roberto de. Digital *Game*-Based Learning: Foundations, applications, and critical issues. **Oxford University Press**, 2022.
- ALMEIDA, Henrique Wakimoto de; SILVA, Josimara Cristina da; LINS, Heloisa Andréia de Matos. Criação de jogo matemático digital com crianças e jovens surdos: contribuições da pedagogia visual. **Revista Cocar**. v. 13 n. 27, p. 399-422, 2019.
- ALMOULOU, Saddo Ag; COUTINHO, Cileda de Queiroz e Silva. Engenharia didática: Características e seus usos em trabalhos apresentados no GT-19 / ANPED. **Revista Eletrônica de Educação Matemática – REVEMAT**, Santa Catarina, v. 3, n. 1, p. 62-77, 2008.
- ALMOULOU, Saddo Ag; SILVA, Maria José Ferreira da. Engenharia didática: Evolução e diversidade. **Revista Eletrônica de Educação Matemática - REVEMAT**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 22-52, 2012.
- ALVES, Lynn. Relações entre os jogos digitais e aprendizagem: Delineando percurso. **Revista EFT**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 3–10, 2008.
- ALVES, Lynn Rosalina Gama. Jogos eletrônicos e violência: O retorno. **Revista Universitária do Audiovisual – RUA**, São Carlos, v. 1, p. 1-7, 2009.
- ALVES, Lynn. Videojogos e aprendizagem: Mapeando percursos. *In*: CARVALHO, Ana Amélia A. (Org.). **Aprender na era digital: Jogos e Mobile Learning**. Portugal: De Facto Editores, 2012.
- ANDRADE, Luiz Henrique Ferreira Barbosa de; COSTA, Rosa Maria Esteves Moreira da; WERNECK, Vera Maria Benjamim. Acessibilidade em jogos: Um mapeamento sistemático. *In*: Simpósio brasileiro de jogos e entretenimento digital (SBGAMES). 2021. Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021. p. 840-848.
- ANTUNES, Maria de Fátima Nunes. **Matemática e surdos: O software GeoGebra como recurso para auxiliar o ensino de geometria**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Exatas) – Universidade do Vale Taquari, Lajeado, 2020.
- ARAÚJO, Aylla Gabriela Paiva de; SANTOS, William de Souza; SANTOS, Ricardo Tibúrcio dos; MENEZES, Marcus Bessa. Jogos digitais e Geometria: Uma revisão sistemática das produções brasileiras. **Educação Temática Digital – ETD**, Campinas, v. 26, n. 00, p. 1-18, 2024.

ARTIGUE, Michèle. Ingénierie didactique. **Recherches en Didactique des Mathématiques**. Grenoble, v. 9, n. 3, p. 281-308, 1988.

ARTIGUE, Michèle. Didactical design in mathematics education. *In*: WINSLOW, Charles-Edward Amory. **Nordic Research in Mathematics Education**. Rotterdam, Boston, Taipei: Sense Publishers, 2009. p. 7-16.

ARTIGUE, Michèle. Perspective on design research: The case of didactical engineering. *In*: AHSBAHS, Angelika Bikner; KNIPPING, Christine; PRESMEG, Norma. **Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education**. Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer, 2015. p. 467-496.

AZEVEDO, Manoel. **Geometria plana**. Fortaleza: Francisco Alves Editora S.A, 2001.

BARBOSA, João Lucas Marques. **Geometria Euclidiana Plana**. Rio de Janeiro: SBM, 2018.

BASTOS, Andreia dos Anjos; CAVALCANTI, José Dilson Beserra. Panorama da produção científica acerca da noção de relação ao saber (RAPPORT AU SAVOIR) no Período de 2015 a 2018. **International Journal Education and Teaching**, Pernambuco, v. 1, n. 3, p. 127-152, 2018.

BENITTI, Fabiane Barreto Vavassori; SEARA, Everton Flávio Rufino; SCHLINDWEIN, Luciane Maria. Processo de Desenvolvimento de *Software* Educacional: proposta e experimentação. **Novas Tecnologias na Educação – RENOT**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, 2005.

BIANCHINI, Edwaldo. **Matemática Bianchini 6º ano**. São Paulo: Moderna, 2022.

BIEMBENGUT, Maria Salett. **Mapeamento na Pesquisa Educacional**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2008.

BOGDAN, Robert C.; BIKLEN, Sari Knopp. **Investigação Qualitativa em Educação: Uma introdução à teoria e aos métodos**. São Paulo: Porto Editora, 1994.

BOLLER, Sharon; KAPP, Kapp. **Jogar para aprender: tudo o que você precisa saber sobre o design de jogos de aprendizagem eficazes**. São Paulo: DVS Editora, 2018.

BORBA, Marcelo de Carvalho; SILVA, Ricardo Scucuglia Rodrigues da; GADANIDIS, George. **Fases das tecnologias digitais em Educação Matemática: sala de aula e internet em movimento**. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2015.

BORGES, Fábio Alexandre; NOGUEIRA, Clélia Maria Ignatius. Um panorama da inclusão de estudantes surdos nas aulas de matemática. *In*: NOGUEIRA, Clélia Maria Ignatius. **Surdez, Inclusão e Matemática**. Curitiba: CRV, 2013.

BOUZID, Yosra; KHENISSI, Mohamed Ali; ESSALMI, Fathi; JEMNI, Mohamed. Using educational *games* for sign language learning - A sign writing learning game: Case study. **Educational Technology & Society**, v. 19, n. 1, p. 129–141, 2016.

BOYLE, Elizabeth; CONNOLLY, Thomas M; HAINEY, Thomas. The role of psychology in understanding the impact of computer *games*. **Elsevier Ltd. Computers & Education**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 69-74, 2011.

BRAGA, Maria Cristina do Nascimento; PONTELLO, Luiza Santos. Geometria e libras: Uma comunicação mediada pela lógica matemática. *In: Encontro nacional de educação matemática*. 2013. Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: Sociedade brasileira de educação matemática, 2013. p. 1-13.

BRASIL. [Constituição (1988)]. Constituição Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 2016. p. 01-496. Disponível em:
<https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf>
Acesso em: 10 jan. 2025.

BRASIL. Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. **Diário oficial da união**: seção 1, Brasília, DF, n. 243, p. 2-3, 19 dez. 2000.

BRASIL. Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002. Dispõe sobre a língua brasileira de sinais - Libras e dá outras providências. **Diário oficial da união**: seção 1, Brasília, DF, n. 78, p. 23, 24 abr. 2002.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a lei brasileira de inclusão da pessoa com deficiência (Estatuto da pessoa com deficiência). **Diário oficial da união**: seção 1, Brasília, DF, n. 127, p. 2-11, 07 jul. 2015.

BRASIL. Lei nº 14.191, de 3 de agosto de 2021. Altera a Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996 (Lei de diretrizes e bases da educação nacional), Para dispor sobre a modalidade de educação bilíngue de surdos. **Diário oficial da união**: seção 1, Brasília, DF, n. 146, p. 1-1, 04 ago. 2021.

BRASIL. Decreto nº 5.626, de 22 de dezembro de 2005. Regulamenta a lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002, que dispõe sobre a língua brasileira de sinais - Libras, e o art. 18 da Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. **Diário oficial da união**: seção 1, Brasília, DF, n. 245, p. 28-30, 28 dez. 2005.

BRASIL. **Declaração de Salamanca e linha de ação sobre necessidades educativas especiais**. 2. ed. Brasília, DF: Corde, 1997.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática / Secretaria de Educação Fundamental**. Brasília: MEC/SEF, 1997.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. **Direito à Educação: subsídio para a gestão dos sistemas educacionais – orientações gerais e marcos legais**. Brasília: MEC/SEESP, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. **Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva**. Brasília: MEC, 2008.

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

BRASIL. Ministério da Educação. **Conheça o INES**. Brasília: Ministério da Educação. 21. out. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ines/pt-br/acesso-a-informacao-1/institucional/conheca-o-ines>. Acesso em: 05 nov. 2024.

BRASIL. **PCN + Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino médio, ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: 2002.

BREITENBACH, Fabiane Vanessa; HONNEF, Cláucia; COSTAS, Fabiane Adela Tonetto. Educação inclusiva: As implicações das traduções e das interpretações da Declaração de Salamanca no Brasil. **SciELO – Scientific electronic library online**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 90, p. 359-379, 2016.

BROUSSEAU, Guy. Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. **Recherches em Didactique des Mathématiques**, Grenoble, v. 7, n. 2, p. 33-115, 1986.

BUENO, Rosenilda Rocha. **Ensino de matemática para alunos surdos**. Curitiba: Editora Appris, 2021.

CALDEIRA, Verônica Lima de Almeida. **Ensino de Geometria para alunos surdos: Um estudo com apoio digital ao analógico e o ciclo da experiência Kellyana**. 2014. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

CALDEIRA, Verônica Lima de Almeida; MOITA, Filomena Maria Gonçalves da Silva Cordeiro. Geometria e a teoria dos construtos: Uma investigação com alunos surdos. *In: Encontro nacional de educação matemática*. 2013. Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: Sociedade brasileira de educação matemática, 2013. p. 1-12.

CALDEIRA, Verônica Lima de Almeida; SOUSA, Danielly Barbosa de; ANANIAS, Eliane Farias. Do giro ao ângulo: Uma experiência com alunos surdos bilíngues. *In: Encontro nacional de educação matemática*. 2013. Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: Sociedade brasileira de educação matemática, 2013. p. 1-10.

CARVALHO, Carlos Vaz de. Aprendizagem baseada em jogos. *In: World congress on systems engineering and information technology*. 2015, Vigo. **Anais [...]**. Vigo: wceseit, 2015. p. 176-181.

CARVALHO, Lilian Milena Ramos; CARVALHO, Edson Rodrigues; GUILHERME, Ana Paula de Oliveira; SOUZA, Natália Taíse de; CREMOLICH, Samara dos Santos Duarte. O ensino de geometria utilizando origami: Uma experiência no ensino médio com inclusão de alunos portadores de deficiência auditiva. *In: Encontro nacional de educação matemática*. 2010. Salvador. **Anais [...]**. Salvador: Via Litterarum Editora, 2010. p. 1-10.

CASTRO, Maria Cristina Polito de. O ensino da matemática e o aluno surdo - Um cidadão bilíngue. *In: Encontro nacional de educação matemática*. 2010. Salvador. **Anais [...]**. Salvador: Via Litterarum Editora, 2010. p. 1-8.

CAVADA, Bento; MESTRINHO, Nelson. Uma experiência de inquiry no ensino da matemática e das ciências naturais. **Didática e Formação de Educadores e Professores**, p. 426-435, 2018. *Apud*. MENDES, Amanda Vieira; SIMÕES, Nara de Freitas. Reflexões sobre uma prática com abordagem baseada em inquérito em aulas de matemática com alunos surdos. *In*: Encontro Nacional de Matemática Inclusiva. 2020. Online. **Anais [...]**. Online: 2020. p. 1-12.

CAVALCANTE, Damares; SILVA, Ana Thais da; VITORINO, Anderson. LSGames: Plataforma de jogos educacionais para o ensino de matemática para surdos através da Libras. *In*: Escola regional de computação Bahia, Alagoas e Sergipe (ERBASE). 2020. Arapiraca. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2020. p. 203-208.

CAVALCANTI, José Dilson Beserra. **A noção de relação ao saber: História e epistemologia, panorama do contexto francófono e mapeamento de sua utilização na literatura brasileira**. 2015. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

CHEIRAN, Jean Felipe Patikowski. **Jogos inclusivos: Diretrizes de acessibilidade para jogos digitais**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

COSTA, Walber Christiano Lima da; BORGES, Fábio Alexandre; SILVEIRA, Marisa Rosâni Abreu da. Reflexões acerca do ensino de geometria para alunos surdos incluídos em escolas comuns. **Revista BoEM**, Joinville, v. 7, n. 14, p. 132-152, 2019.

COUTINHO, Isa de Jesus. **Avaliação da qualidade de jogos digitais educativos: trajetórias no desenvolvimento de um instrumento avaliativo**. 2017. Tese (Doutorado em Educação e Contemporaneidade) – Universidade do Estado da Bahia, Salvador, 2017.

CROWLEY, Mary L. O modelo Van Hiele de desenvolvimento do pensamento geométrico. *In*: LINDQUIST, Mary Montgomery; SHULTE, Albert P. **Aprendendo e ensinando Geometria**. São Paulo: Atual, 1994.

CYSNEIROS, Paulo Gileno. RESENHA CRÍTICA: The connected family: Bridging the digital generation gap. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, Porto Alegre, n. 6, 2000.

DALL'ASEN, Taise; PIECZKOWSKI, Tania Mara Zancanaro. Surdez, identidade e diferença. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 1129-1147, 2022.

D'AMBROSIO, Ubiratan. Sociedade, cultura, matemática e seu ensino. **Educação e Pesquisa**. São Paulo, v.31, n.1, p. 99-120, 2005.

D'AMORE, Bruno. **Elementos de Didática Da Matemática**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2007.

DIAS, Cristina Helena Bovo Batista. Construção de um polígono regular de 17 lados. **Revista BICMat**. São Paulo, v.5, p. 1-10, 2008.

DOUADY, Régine. Jeux de cadres et dialectique outil-objet dans l'enseignement des mathématiques. Thèse d'État, Univ. de Paris. **Recherches en didactique des mathématiques**, v. 7, n. 2, p. 5-31, 1986. *Apud*. D'AMORE, Bruno. **Elementos De Didática Da Matemática**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2007.

DOUADY, Régine. A Universidade e a Didática da Matemática. **Caderno da Revista do Professor de Matemática - RPM**, Rio de Janeiro, v. 1, n.1, 1993.

ESPINOSA, Ruth Sofia Contreras; GÓMEZ, Jose Luis Eguia. Pesquisa da Avaliação e eficácia da aprendizagem baseada em jogos digitais: reflexões em torno da literatura científica. *In*: ALVES, Lynn; COUTINHO, Isa de Jesus. **Jogos digitais e aprendizagem: fundamentos para uma prática baseada em evidências**. São Paulo: Papirus, 2017.

EUCLIDES. **Euclides**: Elementos de geometria. São Paulo: Editora Cultura, 1944.

EUCLIDES. **Os Elementos/Euclides**; tradução e introdução de Irineu Bicudo. São Paulo: Editora UNESP, 2009.

EVES, Howard. **Introdução à história da matemática**. Campinas: Editora Unicamp, 2011.

FERNANDES, Sueli. **Educação de surdos**. Curitiba: Ed. InterSaberes, 2012.

FIorentini, Dario; LOrenzato, Sergio. **Investigação em Educação Matemática**: Percursos teóricos e metodológicos. São Paulo: Autores Associados, 2006. (Coleção formação de professores).

FLEURY, Afonso; SAKUDA, Luiz Ojima; CORDEIRO, José Henrique Dell Osso. **I Censo da Indústria Brasileira de Jogos Digitais**. São Paulo: Pesquisa do GEDIGames, NPGT, Escola politécnica, USP, para o BNDES, 2014.

FORTIM, Ivelise. (Org). **Pesquisa da indústria brasileira de games 2022**. ABRAGAMES: São Paulo, 2022.

FRANCISCO, Wesley Kelvyn; PADILHA, Tereza Patricia; LIMA, Robson Soares; BRITO, Wilma Isôlda. MatLibras: Um jogo para crianças surdas exercitarem as quatro operações básicas da matemática. **EaD & Tecnologias Digitais na Educação**, v.5, n 7, p. 75–85, 2017.

FRANZIN, Rozelaine de Fátima; ZWAN, Liciara Daiane; ROSISKI, Ana Maria. A educação de surdos e o contexto tecnológico: Uma experiência com a lousa digital. *In*: Encontro nacional de educação matemática. 2016. São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Programa de pós-graduação em ensino de ciências e matemática da universidade cruzeiro do sul, 2016. p. 1-11.

FURTH, Hangs G. **Thinking without language**: The psychological implications of deafness. New York: The Free Press, 1966.

GAMA, Francisco de Assis de Lima. **Desenvolvimento de games educativos aplicado ao ensino de matemática**: MEDIG – Uma modelização a partir da engenharia didático-informática e os processos de desenvolvimento de *Games*. 2023. Tese (Doutorado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2023.

Game accessibility guidelines - GAG. **Game accessibility guidelines full list**. 2012. Disponível em: <<http://www.gameaccessibilityguidelines.com/guidelines/full-list/>> Acesso em: 16. fev. 2024.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Editora da UFRGS, Porto Alegre, 2009.

GERVÁZIO, Natascha Carolina de Oliveira. **A geometria na educação infantil: Da aparência de suas formas à essência de suas relações**. 2020. Dissertação (Mestrado em Docência para a Educação Básica) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2020.

GESSER, Audrei. **LIBRAS? Que língua é essa?:** Crenças e preconceitos em torno da língua de sinais e da realidade surda. São Paulo: Parábola Editorial, 2009.

GOLDFELD, Marcia. **A criança surda: Linguagem e cognição numa perspectiva sociointeracionista**. 7 ed. São Paulo: Plexus Editora, 2002.

GÓMEZ, Ángel I. Pérez. **Educação na era digital: A escola educativa**. Porto Alegre: Penso, 2015.

GONÇALVES, Francisca Aglaiza Romão Sedrim. O uso do jogo Tangram como material pedagógico matemático para alunos com surdez. **Boletim Cearense De Educação E História da Matemática – BOCEHM**, Fortaleza, v. 8, n. 23, p. 1301-1313, 2021.

GREENFIELD, Patricia Marks. **O desenvolvimento do raciocínio na era da eletrônica: Os efeitos da TV, computadores e videogames**. São Paulo: Editora Summus, 1988.

Grupo Mathema. Qual a diferença entre polígonos e região poligonal?. Youtube, 27 de fevereiro de 2018. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=xVxve5iWhHA>>. Acesso 03 de maio de 2025.

GRUTZMANN, Thaís Philipsen; UMETSUBO, Patricia Michie; MARTINS, Marcos Aurélio da Silva; LEBEDEFF, Tatiana Bolivar; PHILIPSEN, Thaiana Neuenfeld. Projeto de extensão “MathLibras – Ano I”: um relato sobre a oficina de origami, **Revista Expressa Extensão**, Pelotas, v. 25, n. 3, p. 234-246, 2020.

GUIMARAES, Felipe. **Acessibilidade em games: Desenvolvendo jogos mais inclusivos**. Disponível em: <<https://aelaschool.com/pt/experienciadousuario/acessibilidade-em-games-desenvolvendo-jogos-mais-inclusivos/>> Acesso em: 14. mar. 2021.

HENRICHSEN, Luana; RONCAGLIO, Viviane; MARCHEZAN, Analice. Apreensões e desafios na educação inclusiva: discussões a partir de atividades propostas em aulas de geometria analítica, **Revista Eletrônica da Matemática**, Bento Gonçalves, v. 9, n. 1, p. 1-18, 2023.

HIRA, Willian Kenji; MARINHO, Marcus Vinícius Prata; PEREIRA, Felipe Barros; JR, Alcides T. Barboza. Criação de um modelo conceitual para Documentação de *Game Design*. In: Simpósio brasileiro de jogos e entretenimento digital. 2016. São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Sbgames, 2016. p. 329-336.

HUIZINGA, Johan. **Homo ludens**. 9 ed. São Paulo: Perspectiva, 2019.

International Game Developers Association – IGDA. **Accessibility in games: Motivations and approaches**. 2004. Disponível em:
<http://archives.idga.org/accessibility/IGDA_Accessibility_WhitePaper.pdf> Acesso em: 16. fev. 2024.

JESUS, Thamires Belo de. **(Des)Construção do pensamento geométrico**: Uma experiência compartilhada entre professores e uma aluna Surda. 2014. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

JESUS, Thamires Belo de; RODRIGUES, Mylena Sarah Louzada. O repositório de pesquisas em educação matemática inclusiva: um olhar para estudos sobre surdez. **Boletim Cearense de Educação e História da Matemática – BOCEHM**, Fortaleza, v. 9, n. 25, p. 50-60, 2022.

JESUS, Thamires Belo de; THIENGO, Edmar Reis. Abordagem de polígonos mediada pelo uso do tangram: Relato de uma experiência com alunos surdos. *In*: Encontro nacional de educação matemática. 2013. Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: Sociedade brasileira de educação matemática, 2013. p. 1-10.

JESUS, Thamires Belo de; THIENGO, Edmar Reis. Ressignificação do conceito de diagonais de um polígono convexo por estudantes surdos à luz dos mecanismos compensatórios. *In*: Seminário internacional de pesquisa em educação matemática. 2018. Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: Sociedade brasileira de educação matemática, 2018. p. 1-12.

JUNIOR, Manoel Batista Souza. **As contribuições da construção de jogos eletrônicos para a formação matemático-pedagógica-tecnológica de professores das séries iniciais do Ensino Fundamental**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Luterana do Brasil – ULBRA, Canoas, 2010.

KITCHENHAM, Barbara; BRERETON, O. Pearl; BUDGEN, David; TURNER, Mark; BAILEY, John; LINKMAN, Stephe. Systematic literature reviews in *software engineering*: A systematic literature review. **Information and Software Technology**, n. 51, p. 7–15, 2009.

KRANZ, Cláudia Rosana. **Os jogos com regras na educação matemática inclusiva**. 2011. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal, 2011.

KRANZ, Cláudia Rosana. **Os jogos com regras na perspectiva do desenho universal**: Contribuições à educação matemática inclusiva. 2014. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal, 2014.

KRITZER, Karen L; PAGLIARO, Claudia M. Matemática: Um desafio internacional para estudantes surdos. **Caleidoscópio**, Campinas, v. 33, n. 91, p. 431-439, 2013.

LACERDA, Cristina Broglia Feitosa de. Um pouco da história das diferentes abordagens na educação dos surdos. **SciELO – Scientific Electronic Library Online**, São Paulo, v. 19, n. 46, 1998.

LACERDA, Cristina Broglia Feitosa de; SANTOS, Lara Ferreira dos; MARTINS, Vanessa Regina de Oliveira. **Libras aspectos fundamentais**. Curitiba: Intersaberes, 2019.

LEIVAS, José Carlos Pinto. Educação geométrica: Reflexões sobre o ensino e aprendizagem em geometria. **Educação Matemática em Revista - EMR**, [S. l.], v. 1, n. 13, p. 9-16, 2012.

LIMA, Cristina Maria da Silva; ARAÚJO, Marcelo Marques de; SALES, Elielson Ribeiro de. Aprendendo geometria através do uso do tangram: Um relato de experiência em uma sala especializada com alunos surdos. *In*: Encontro nacional de educação matemática. 2016. São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Programa de pós-graduação em ensino de ciências e matemática da Universidade Cruzeiro do Sul, 2016. p. 1-12.

LIMA, José Vítor Ramos de. **Prototipação de uma versão digital do jogo do nim com base no modelo de processo de *software* da engenharia didático-informática**. 2023. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica) - Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife, 2023.

LORENZATO, Sergio. Por que não ensinar geometria?. **Educação Matemática em Revista - EMR**, Campinas, v. 3, n. 4, p. 3-13, 1995.

LORENZATO, Sérgio. **O laboratório de ensino de matemática na formação de professores**. 2. ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2006.

LUDKE, Menga; ANDRÉ, Marli Elisa Dalmazo Afonso. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MACHADO, Silvia Dias Alcântara. **Educação matemática: uma (nova) introdução**. 3 ed. São Paulo: EDUC, 2008.

MACHADO, Nilson José. **Vivendo a matemática: Polígonos, centopeias e outros bichos**. São Paulo: Editora Scipione, 1988.

MACHADO, Paulo Cesar. **A política educacional de integração/inclusão um olhar do egresso surdo**. Dissertação (Mestrado em Psicopedagogia) – Universidade do Sul de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis. 2002. *Apud*. BUENO, Rosenilda Rocha. **Ensino de matemática para alunos surdos**. Curitiba: Appris Editora, 2021.

MANTOAN, Maria Teresa Eglér. **Inclusão escolar: O que é? Por quê? Como fazer?** São Paulo: Summus, 2015.

MARCONI, Mariana de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. - São Paulo: Atlas, 2003.

MAYO, Merrilea J. Video games: A route to large - scale STEM education?. **Revista Science**, Washington D.C., v. 323, p. 78–82, 2009.

MCGONIGAL, Jane. **A realidade em jogo: Por que os games nos tornam melhores e como eles podem mudar o mundo**. Rio de Janeiro: Bestseller, 2012.

MELO, Samara Maria Sousa; SANTIAGO, Zélia Maria de Arruda. Geometria em aulas de matemática com surdos: estratégias de ensino inclusivo. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 8, n. 7, p. 53049-53061, 2022.

MEIRA, Luciano; BLIKSTEIN, Paulo. **Ludicidade, jogos digitais e gamificação na aprendizagem**. Porto Alegre: Penso, 2020.

MENDES, Amanda Vieira; SIMÕES, Nara de Freitas. Reflexões sobre uma prática com abordagem baseada em inquérito em aulas de matemática com alunos surdos. *In: Encontro nacional de matemática inclusiva*. 2020. **Anais [...]**. Online: 2020. p. 1-12.

MENEZES, Douglas Carvalho de; OLIVEIRA, Camila Rezende. O ensino de geometria para alunos surdos nos anos iniciais do Ensino Fundamental – Relato de experiência. *In: Encontro nacional de matemática inclusiva*. 2020. **Anais [...]**. Online. 2020. p. 1-20.

MIRANDA, Crispim Joaquim de Almeida; MIRANDA, Tatiana Lopes de. O ensino de matemática para alunos surdos: Quais os desafios que o professor enfrenta?. **Revista Eletrônica de Educação Matemática – REVEMAT**, Florianópolis, v. 06, n. 1, p. 31-46, 2011.

MONSALVE, Elizabeth Suescún. **Uma abordagem para transparência pedagógica usando aprendizagem baseada em jogos**. 2014. Tese (Doutorado em Informática) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

MORAN, José Manuel. Ensino e aprendizagem inovadores com apoio de tecnologias. *In: MORAN, José Manuel; MASETTO, Marcos Tarciso; BEHRENS, Marilda Aparecida. **Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica***. 21. ed. rev. atual. Campinas, São Paulo: Papirus, 2013.

MOREIRA, Júlio César dos Santos; SANTOS, Rodrigo Cardoso dos; VIANNA, Claudia Segadas; OLIVEIRA, Edney Dantas de; SILVA, Amanda dos Santos da. Quantos cabem? Uma proposta de atividade para introdução do conceito de área para alunos com deficiência visual e alunos surdos. *In: Encontro nacional de educação matemática inclusiva*. 2023. Vitória. **Anais [...]**. Vitória: 2023. p. 1-12.

MORGADO, Antônio Carlos; WAGNER, Eduardo; JORGE, Maria. **Geometria I**. 5. ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1990.

NETO, Artur Maciel de Oliveira. Práticas inclusivas na curadoria digital: relato de experiência de docentes do CAS Mossoró/RN. **Revista Educação Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, nº 9, p. 1-6, 2023.

NETO, Davi Pereira; BALDESSAR, Maria José. Jogos digitais educativos em línguas de sinais: Uma revisão sistemática da literatura. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 173–182, 2019.

NETO, Djalma Fernandes da Silva. **A Engenharia Didático-Informática na prototipação de um jogo educativo digital**. 2021. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021.

NEWZOO. **Key Insights Into Brazilian Gamers**. 2022. Disponível em: <<https://newzoo.com/resources/trend-reports/key-insights-into-brazilian-gamers-newzoo-gamer-insights-report>> Acesso em: 19. mai. 2023.

NOGUEIRA, Clélia Maria Ignatius. Matemática inclusiva na sala de aula: É possível? *In*: BASTOS, Marcelo Silva; FARVES, Aline Mendes Penteadó; SILVA, André Luiz Souza; COSTA, Cláudio Bispo de Jesus da; ROSA, Heitor Aquiles Dutra da; CORREIA, João Carlos Caldato; GASPAR, José Carlos Gonçalves; FONSECA, Vilmar Gomes da. **Práticas docentes e o reconhecimento de diferenças na sala de aula de matemática**. Divinópolis: Meus Ritmos Editora e Produções Artísticas, 2022.

NOGUEIRA, Clélia Maria Ignatius. Educação especial na escola que atende às diversidades: E o ensino de matemática?. *In*: Encontro paranaense de educação matemática – EPREM. 2017. Cascavel. **Anais [...]**. Cascavel: SBEM-PR, 2017.

NOGUEIRA, Clélia Maria Ignatius; BORGES, Fabio Alexandre.; FRIZZARINI, Silvia Teresinha. Os surdos e a inclusão: Uma análise pela via do ensino de Matemática nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental. Surdez *In*: NOGUEIRA, Clélia Maria Ignatius (Org.). **Surdez, inclusão e matemática**. Curitiba, PR: CRV, 2013.

NOGUEIRA, Clélia Maria Ignatius; FARIAS, Luiz Márcio Santos; MORÁS, Nadjanara Ana Basso. Aportes teóricos da didática da matemática para pesquisas em educação matemática inclusiva. **Boletim Grupo de Estudos e Pesquisas em Educação Matemática - (GPEM)**, Rio de Janeiro, n. 76, p. 184-201, 2020.

NOGUEIRA, Clélia Maria Ignatius; PEIXOTO, Jurema Lindote Botelho; MENDUNI-BORTOLOTTI, Roberta D'Angela; ESQUINCALHA, Agnaldo da Conceição. Educação matemática inclusiva: desafios para o ensino, a aprendizagem, a formação e a pesquisa. **Com a palavra, O professor**, Vitória da Conquista, v. 7, n. 17, p. 54–59, 2022.

NOGUEIRA, Denise N.; COUTINHO, Flávio R. S.; JUNIOR, Wellington A. S.; PRATES, Raquel O.; CHAIMOWICZ, Luiz. Analyzing the use of sounds in FPS games and its impact for hearing Impaired users. *In*: SBGames. 2012. Brasília. **Anais [...]**. Brasília: 2012. p. 127-133.

NOVAK, Jeannie. **Desenvolvimento de games**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

NUNES, Ludimila Alves. **Figuras geométricas planas como contribuição na aprendizagem de uma aluna Surda**: Um estudo de caso. 2020. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência, Tecnologia e Educação) – Faculdade Vale do Cricaré, São Mateus, 2020.

OLIVEIRA, Leandro Bernardo; ISHITANI, Lucila; CARDOSO, Ana M. Jogos computacionais e transtorno de déficit de atenção e hiperatividade. **Nuevas Ideas en Informática Educativa – TISE**, Natal, v. 9, p. 223-230, 2013.

OLIVEIRA, Francisco César de. **Desenvolvimento de uma ferramenta computacional com recursos de realidade aumentada e acessibilidade para surdos aplicada ao ensino da Geometria Espacial**. 2022. Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) – Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, 2022.

OSSMANN, Roland; MIESENBERGER, Klaus. Guidelines for the development of accessible computer games. *In: International conference computers helping people with special needs*. 2006. Linz. **Anais [...]**. Berlin: Springer-Verlag, 2006. p. 403-406.

PAN, Liuxia; TLILI, Ahmed; LI, Jiaping; JIANG, Feng; SHI, Gaojun; Yu, Huiju; YANG, Junfeng. How to implement game-based learning in a smart classroom? A model based on a systematic literature review and delphi method. **Frontiers In Psychology**. V. 12, p. 1-13, 2021.

PANTOJA, Almir Elison Rodrigues; LEITE, Ederson Wilcker Figueiredo; GOMES, Jeondson Costa. **Aprendizagem ativa com aplicativo de matemática em Libras**. 2022. Disponível em: <<http://repositorio.ifap.edu.br/jspui/bitstream/prefix/713/7/PANTOJA%20%282022%29%20-%20Aprendizagem%20ativa%20com%20aplicativo.pdf>> Acesso em: 07. mar. 2024.

PAPASTERGIOU, Marina. Digital game-based learning in high school computer science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. **Elsevier Computers & Education**, São Paulo, v. 52, n. 1, p. 1-12, 2009.

PEDERSEN, Roger E. **Game Design Foundations**. Sudbury: Wordware publishing, INC. 2003. *Apud*. HIRA, Willian Kenji; MARINHO, Marcus Vinícius Prata; PEREIRA, Felipe Barros; JR, Alcides T. Barboza. Criação de um modelo conceitual para documentação de game design. *In: Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, 2016, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: 2016. p. 329-336.

PEREZ, Leonardo Anselmo. **Um estudo sobre o uso de avaliações apoiadas pelas tecnologias**. 2015. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) – Universidade de São Paulo - USP, São Carlos, 2015.

PERRIN-GLORIAN, Marie-Jeanne. L'ingénierie didactique a l'interface de la recherche avec l'enseignement. Développement des ressources et formação des enseignants. in Margolinas et all.(org.): En amont et en aval des ingénieries didactiques, **XV^a École d'Été de Didactique des Mathématiques** – Clermont-Ferrand (PUY-de-Dôme). Recherches em didactique des mathématiques. Grenoble: La Pensée Sauvage, v. 1, p. 57-78, 2009.

PETRY, Luís Carlos. O conceito ontológico de jogo. *In: ALVES, Lynn.; COUTINHO, Isa Jesus*. **Jogos digitais e aprendizagem: fundamentos para uma prática baseada em evidências**. São Paulo: Papirus, 2017.

PFLEEGER, Shari Lawrence. **Engenharia de Software: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Person, 2004.

PG 22. **Pesquisa game Brasil. 2022**. Disponível em: <<http://pesquisagamebrasil.rds.land/2022-painel-gratuito-pgb22>>. Acesso em: 12 dez. 2023.

PIRES, Célia Maria Carolino; CURY, Edda; CAMPOS, Tânia Maria Mendonça. **Espaço e forma: A construção de noções geométricas**. São Paulo, PROEM, 2000.

PONTES, Herleson Paiva; DUARTE, João Batista Furlan. MatLibras Racing: Um jogo educativo para o aprendizado de libras. **Nuevas Ideas en Informática Educativa**, Santiago de Chile, v. 13, p. 239-248., 2017.

PONTES, Herleson Paiva; DUARTE, João Batista Furlan; PINHEIRO, Plácido Rogério. An educational game to teach numbers in brazilian sign language while having fun. **Computers in Human Behavior**, v. 107, 2018.

PRATES, Rafaella Trindade Cunha. **Libras game**: Trabalhando o ensino da matemática com alunos surdos dos anos iniciais através do uso de aplicativo educacional. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Informática) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2018.

PRENSKY, Marc. **Aprendizagem baseada em jogos digitais**. São Paulo: Editora Senac, 2012.

PRESSMAN, Roger S. **Engenharia de Software**: Uma abordagem profissional. 8 ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

PROENÇA, Marcelo Carlos de; PIROLA, Nelson Antonio. O conhecimento de polígonos e poliedros: Uma análise do desempenho de alunos do ensino médio em exemplos e não-exemplos. **Ciência & Educação**. Bauru, v. 1, n. 17, p. 199-217, 2011.

QUADROS, Ronice Muller de. Situando as diferenças implicadas na educação de surdos: Inclusão/Exclusão. **Revista Ponto de Vista**, Santa Catarina, n. 5, p. 81-111, 2003.

RAMOS, Carolina Soares. **Princípios da engenharia de software educativo com base na Engenharia Didática**: Uma prototipação do bingo dos racionais. 2014. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica) – Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife, 2014.

RIBETTO, Anelice Astrid; CARDOSO, Arina Costa Martins. Anotações de Pesquisa no Mundo dos Sem Sons. **Notandum**, Paraná, v. 25, n. 59, p. 21-40, 2022.

RIOS, Lenington C.; BATISTA, Washington Pagotto; PEREIRA, Cláudia Pinto; SARINHO, Víctor T. ForcaBRAS: Um jogo educativo para o aprendizado básico de libras. *In*: Simpósio brasileiro de informática na educação. 2018. Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: 2018. p. 1840-1844.

ROCHA, Fernanda Bittencourt Menezes; KAWASAKI, Teresinha Fumi. Desenvolvimento de conceitos da geometria espacial com alunas surdas à luz da teoria histórico-cultural. *In*: Encontro nacional de Educação Matemática. 2016. São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Programa de pós-graduação em ensino de ciências e matemática da Universidade Cruzeiro do Sul, 2016. p. 1-10.

ROPOLI, Edilene Aparecida; MANTOAN, Maria Teresa Eglér; SANTOS, Maria Terezinha da Consolação Teixeira dos; MACHADO, Rosângela. **A educação especial na perspectiva da inclusão escolar**: A escola comum inclusiva. Brasília: Ministério da Educação; Secretaria de Educação Especial, 2010.

ROQUE, Tatiana. **História da matemática**: Uma visão crítica, desfazendo mitos e lendas. 1 ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2012.

ROSA, Mauricio. **Role playing game eletrônico**: Uma tecnologia lúdica para aprender e ensinar matemática. 2004. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 2004.

ROUSE III, Richard. **Game Design**: Theory & Practice. Sudbury: Wordware publishing, Inc. 2001.

SACKS, Oliver. **Vendo Vozes**: Uma viagem ao mundo dos surdos. São Paulo: Editora Schwarcz Ltda, 2010.

SALES, Elielson Ribeiro de. A imagem no ambiente logo enquanto elemento facilitador da aprendizagem com crianças surdas. 2004. Monografia (Especialização em Informática Educativa) - Universidade da Amazônia, Belém, 2004.

SALES, Elielson Ribeiro de. A visualização no ensino de Matemática: Uma experiência com estudantes surdos. *In*: Encontro nacional de educação matemática. 2013. Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: Sociedade brasileira de educação matemática, 2013. p. 1-15.

SALES, Elielson Ribeiro de; PENTEADO, Miriam Godoy; MOURA, Amanda Queiroz. A negociação de Sinais em libras como possibilidade de ensino e de aprendizagem de geometria. **SciELO – Scientific Electronic Library Online**, São Paulo, v. 29, n. 53, p. 1268-1286, 2015.

SANSÃO, Welbert Vinicius de Souza. **O ensino de geometria plana**: Uma análise do desenvolvimento do pensamento teórico de surdos em situações desencadeadoras de aprendizagem. 2020. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2020.

SANTOS, Cleane Aparecida dos; NACARATO, Adair Mendes. **Aprendizagem em geometria na educação básica**: A fotografia e a escrita na sala de aula. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2014.

SANTOS, Gilberto Lacerda. Alguns princípios para situações de engenharia de *softwares* educativos. **Inter-Ação: Revista da Faculdade de Educação da UFG**, Goiânia, v. 34, n. 1, p. 17-36, 2009.

SANTOS, Wuallison Firmino dos; MENEZES, Marcus Bessa de. Com a palavra, O professor de matemática e o intérprete de libras. **Bolema**, Rio Claro (SP), v. 37, n. 76, p. 919-935, 2023.

SANTOS, Tarcisio Rocha dos. **A engenharia didático-informática e o processo de produção de jogos matemáticos de simulação para situações didáticas: um estudo da concepção de uma versão digital do jogo mankala colhe três**. 2023. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Universidade Federal De Pernambuco - UFPE, Recife, 2023.

SANTOS, William de Souza. **PAJDE**: Um modelo de avaliação para jogos digitais educacionais. 2018. Tese (Doutorado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial) – Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, 2018.

SANTOS, William de Souza; ALVES, Lynn Rosalina Gama. Jogos digitais e matemática: Uma revisão sistemática das produções brasileiras. *In*: SOUZA, Claudio Reynaldo de; RIOS,

Jocelma Almeida Rios.; SANTOS, Leandro Brito; CARNEIR, Tereza Kelly Gomes Carneiro. **Tecnologias Aplicadas à Saúde e Educação**. EDIFBA, Salvador, 2018.

SANTOS, William de Souza; ALVES, Lynn Rosalina Gama. Jogos digitais educacionais. **Obra digital: Journal of Communication and Technology**, Barcelona, v. 1, n. 18, p. 13-24, 2020.

SANTOS, William de Souza. Caça à prova de Riemann. **Reforço virtual de matemática**. 2021. Disponível em:<https://www.reforcovirtualdematematica.com.br/_files/ugd/5d4133_f7b9d2db5f6540ac9f80af1043d9045d.pdf>. Acesso em:03 mai. 2025.

SARNIK, Mariana Victoria Todeschini. **Libras**. Curitiba: Contentus, 2020.

SCHELL, Jesse. **A Arte de Game Design: O livro original**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

SCHUYTEMA, Paul. **Design de Games: Uma abordagem prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

SERRA, Ilka Márcia R. de Souza; SENA, Lilian de Sousa. **Gamificação no ensino inclusivo de surdos**. São Luís: UEMAnet, 2022.

SHELTON, Brett E.; PARLIN, Mary Ann. Teaching math to deaf/hard-of-hearing (DHH) children using mobile games: Outcomes with student and teacher perspectives. **International Journal of Mobile and Blended Learning**, Mumbai, v. 8, n. 1, p. 1-17, 2016.

SILVA, Tomaz Tadeu da (Org.). **Identidade e diferenças: A perspectiva dos estudos culturais**. Petrópolis: Vozes, 2000.

SILVA, Anderson Douglas Pereira Rodrigues da. **Prototipação, desenvolvimento e validação de um micromundo com suportes para o ensino de área e perímetro**. 2019. Tese (Doutorado em Educação Matemática e Tecnológica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

SILVA, Ana Lúcia da. **Mundo virtual minecraft: Um contexto de aprendizagens de conceitos geométricos**. 2018. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2018.

SILVA, Ana Paula Souza Lira da; DANTAS, Anna Rafaella de Paiva; COSTA, Arnaldo Gomes da; NETO, Artur Maciel de Oliveira; TAVARES, Elaine Cristina Gonzaga; MADEIROS, Elayne Caroline Bezerra; TAVARES, Eliedson Gonzaga; SILVA, Francisca Cleidimara da; PEDROSA, Giany Paiva; SANTOS, Maria Lucicleide dos; SANTOS, Welton Batista dos. **Projeto político pedagógico do centro estadual de capacitação de educadores e atendimento ao surdo** – CAS, Rio Grande do Norte, Mossoró, 2022.

SILVA, César Thiago José da. **A engenharia Didático-Informática na prototipação de um software para abordar o conceito de taxa de variação**. 2016. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

SILVA, Daniela Maria da. **Práticas educativas inclusivas com os surdos: O uso de sinalário para compreensão do vocabulário relativo a geometria.** 2020. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação) – Universidade Municipal de São Caetano do Sul, São Caetano do Sul, 2020.

SILVA, Débora Karyna dos Santos Araújo Bernardino da; CARVALHO, Lidiane Pereira de; SILVA, José Jefferson da. Teorema de Pitágoras e as etapas das ações mentais de Galperin: Uma proposta para alunos surdos e ouvintes. *In: Encontro Nacional de Educação Matemática.* 2016. São Paulo. **Anais [...].** São Paulo: Programa de pós-graduação em ensino de ciências e matemática da Universidade Cruzeiro do Sul, 2016. p. 1-10.

SILVA, Hudson Willian da. **Estudo sobre as potencialidades do jogo digital minecraft para o ensino de proporcionalidade e tópicos de geometria.** 2017. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2017.

SILVA, Joabe de Oliveira. **Uma sequência didática voltada para definição de polígono no sexto ano.** 2019. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, Ilhéus, 2019.

SILVA, Joaby de Oliveira; JESUS, Gilson Bispo de. Polígono: uma linha ou uma região?. **Educação matemática pesquisa - Revista do programa de estudos pós-graduados em educação matemática,** São Paulo, v. 20, n. 3, 2019.

SILVEIRA, Ênio. **Matemática: compreensão e prática: manual do professor.** 5 ed. São Paulo: Moderna, 2018.

SIQUEIRA, José Edeson de Melo. **Articulando os registros de representação semiótica das Curvas Cônicas através da integração de recursos computacionais.** 2019. Tese (Doutorado em Educação Matemática e Tecnológica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

SKLIAR, Carlos Bernardo. A educação para os surdos: Entre a pedagogia especial e as políticas para as diferenças. *In: Seminário desafios e possibilidades na educação bilíngue para surdos.* 1997. Rio de Janeiro. **Anais [...].** Rio de Janeiro: Ed. Lítera Maciel Ltda., 1997. p. 32-47.

SKLIAR, Carlos. Bilingüismo e biculturalismo: Uma análise sobre as narrativas tradicionais na educação dos surdos. **Revista Brasileira de Educação,** Rio de Janeiro, n. 8, p. 44-57, 1998.

SKLIAR, Carlos. Os estudos surdos em educação: Problematizando a normalidade. *In: SKLIAR, Carlos. (Org.). A surdez: um olhar sobre as diferenças.* Porto Alegre: Mediação, 2016.

SKOVSMOSE, Ole. Inclusões, encontros e cenários. **Educação Matemática em Revista,** Brasília, v. 24, n. 64, p. 16-32, 2019.

SMOLSKI, Luciana Carlize Juliani. **Terminologias matemáticas na tradução para libras: Um instrumento mediador do processo de ensino de geometria plana e espacial.** 2016.

Dissertação (Mestrado em Ensino Científico e Tecnológico) – Universidade Regional e Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Santo Ângelo, 2016.

SMOLSKI, Luciana Carlize Juliani; FRANZIN, Rozelaine de Fátima; SANTOS, Antonio Vanderlei dos; STRACKE, Marcelo Paulo. Terminologias matemáticas em libras: a geometria plana e espacial. **Revista Insignare Scientia - RIS**, Chapecó, v. 3, n. 5, p. 249-269, 2020.

SOBRINHO, Maria Eliane. **Game serra pelada**: Projeto, implementação e avaliação de um jogo educativo para o ensino de geometria para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Pará, Marabá, 2017.

Sociedade brasileira de educação matemática. **GT13 - Diferença, inclusão e educação matemática**. Disponível em: <<https://www.sbembrasil.org.br/sbembrasil/index.php/grupo-de-trabalho/gt/gt-13>> Acesso em: 05. mar. 2024.

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de software**. 10. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2018.

SOUSA, Rafael Ferreira de Camargo. **O software RPG Maker e a construção do jogo Apolo**: Uma experiência com professores de matemática. 2018. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

STATISTA, 2022. Disponível em: <https://www.statista.com/> Acesso em: 5 mai 2022. **Apud**. FORTIM, Ivelise (Org). **Pesquisa da indústria brasileira de games 2022**. São Paulo, ABRAGAMES, 2022.

STEWART, Ian. **Uma história da simetria na matemática**. Rio de Janeiro: Zahar, 2012.

STEWART, Ian. **O fantástico mundo dos números: a matemática do zero ao infinito**. 1. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2016.

STROBEL, Karin. **As imagens do outro sobre a cultura surda**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2008. **Apud**. VIANA, Flávia Roldan; BARRETO, Marcília Chagas. **O ensino de matemática para alunos com surdez: desafio docentes, aprendizagens discentes**. Curitiba: CRV, 2014.

TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach; ROLAND, Leticia Coelho; FABRE, Marie-Christine Julie Mascarenhas; KONRATH, Mary Lúcia Pedroso. Jogos educacionais. **Novas Tecnologias na Educação - RENOT**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 1-7, 2004.

TIBURCIO, Ricardo dos Santos. **Processo de desenvolvimento de software educativo**: Um estudo da prototipação de um *software* para o ensino de função. 2016. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

TIBURCIO, Ricardo dos Santos. **A engenharia didático-informática**: Uma metodologia para a produção de *software* educativo. 2020. Tese (Doutorado em Educação Matemática e Tecnológica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.

TIBURCIO, Ricardo dos Santos; BELLEMAIN, Franck. Aperfeiçoamento da engenharia didático-informática com contribuições da metodologia de desenvolvimento do *Software modellus*. **Perspectivas da Educação Matemática**, Campo Grande, v. 14, n. 35, p. 1-21, 2021.

TIZIAM, André Luiz. **A tecnologia educacional no ensino da geometria: Jogos Digitais**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ensino Científico e Tecnológico) – Universidade Regional Integrada Do Alto Uruguai e das Missões, Santo Ângelo, 2018.

VAN ECK, Richard. Digital game-based learning: It's not just the digital natives who are restless. **EDUCAUSE Review**, Denver, v. 41, n. 2, p. 16–30, 2006.

VAN ECK, R. N. Digital game-based learning: Still restless, after all these years, **EDUCAUSE Review**, Denver, 2015.

VELASQUEZ, Carlos Eduardo Lé. **Modelo de engenharia de software para o desenvolvimento de jogos e simulações interactivas**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Informática) – Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2009.

VIANA, Flávia Roldan; BARRETO, Marcília Chagas. **O ensino de Matemática para alunos com surdez: Desafios docentes, Aprendizagens discentes**. Curitiba: CRV, 2014.

VIANNA, Claudia Segadas; GODOI, Esthela De Oliveira Santos; GOMES, Mayara Pinheiro; PAULA, Vinícius Berbat. Trabalhando o conceito de área com alunos surdos e alunos com deficiência visual por meio de material acessível. *In: Encontro nacional de educação matemática*. 2019. Cuiabá. **Anais [...]**. Cuiabá: Sociedade brasileira de educação matemática, 2019. p. 1-10.

ZABOT, Diego; ANDRADE, Saulo; MATOS, Ecivaldo. Game design participativo com crianças surdas e com deficiência auditiva: Uma experiência no Ensino Fundamental. *In: Workshop sobre interação e pesquisa de usuários no desenvolvimento de jogos (WIPLAY)*. 2019. Vitória. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2019. p. 49-58.

ZWAN, Liciara Daiane; FRANZIN, Rozelaine de Fátima; RETZLAFF, Eliane; ROSISKI, Ana Maria. Matemática inclusiva para alunos surdos da educação básica. *In: Encontro nacional de educação matemática*. 2016. São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul, 2016. p. 1-8.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

1) Nome:

2) Idade

3) Série:

4) Qual o seu grau de surdez:

Deficiência Auditiva Leve – Limiars entre 25 a 40 dB nível de audição.

Deficiência Auditiva Moderada – Limiars entre 41 e 70 dB nível de audição.

Deficiência Auditiva Severa – Limiars entre 71 e 90 dB nível de audição.

Deficiência Auditiva Profunda – Limiars acima de 90 dB.

5. Quais são os jogos digitais que você conhece, que você jogou ou que já ouviu falar?

6. Desses jogos que você mencionou quais deles você mais gostou?

7. Você já desistiu de jogar um jogo digital por falta de acessibilidade e/ou por alguma dificuldade?

Se sim. Marque ou escreva quais foram essas dificuldades:

Não compreender as regras do jogo por está toda em áudio.

Não conseguir interagir dentro do jogo com outros jogadores.

Sentiu falta de legenda no jogo.

Sentiu a falta de suporte em libras no jogo.

Sentiu a falta de *feedback* visual.

Sentiu a falta de qualidade nas imagens do jogo.

Outros

8. Você já teve alguma aula com jogos digitais educacionais?

SIM

NÃO

Se sim. Qual foi a disciplina?

9. O que deve conter em um jogo digital educacional para ele ser acessível para você?

Marque quantas acharem necessária.

Conteúdo da disciplina claro

Legenda

Feedback visual

Interprete de Libras

Uma história interessante

Outros _____

10. Quais conteúdos matemáticos você sente mais dificuldade?

APÊNDICE B – GAME DESIGN DOCUMENTO (GDD PROTÓTIPO 1 DO GEOMAZE)

A seguir apresentaremos as ideias iniciais do protótipo do jogo que está sendo desenvolvido na pesquisa.

- **Nome do jogo digital:** *Geomaze*
- **High Concept**

Jogo digital educacional em 2D de gênero aventura e ficção. O *Geomaze* é uma combinação das palavras "geometria" e "labirinto".

- **Objetivos Educacionais**

O jogo tem o objetivo de apresentar desafios lógicos com o conteúdo de figuras geométricas planas.

Engine

A *engine* utilizada é o *RPG Maker MV*, em Linguagem de *Java Script*. Licença adquirida na loja da *STEAM*.

- **Pré-Requisitos**

Jogo desenvolvido para os sistemas operacionais *Windows* e *IOS*, com a possibilidade de converter para *Android*.

- **Gameplay e Enredo**

Enredo

Em uma misteriosa ilha chamada *Geometry*, localizada em um arquipélago de 300 ilhas minúsculas no meio do oceano Índico, um lendário artefato conhecido como Talismã Octaedro foi roubado da Rainha no Museu Geométrico do palácio, no século XVIII.

Esse talismã possui um poder incomensurável: transformar qualquer desejo em realidade. Caso ele seja recuperado por mãos erradas, o nosso mundo estará em grande perigo. Assim, para recuperar o talismã e proteger o mundo do mal, um grupo de investigadores especializados em geometria é convocado — e o jogador é um dos membros selecionados para essa missão vital.

Missão

O jogador terá a missão de entrar no labirinto chamado *Geomaze*, encontrar o talismã e devolvê-lo à Rainha, no Museu Geométrico, onde ele ficará em segurança. O labirinto *Geomaze* é um lugar misterioso, repleto de enigmas e quebra-cabeças, onde se acredita que o talismã foi separado em três pedaços e escondido. No *Geomaze*, você encontrará três fases, com uma série de desafios que testarão suas habilidades em Geometria.

Cada sala representa um quebra-cabeça ou enigma geométrico único, envolvendo conceitos de figuras geométricas planas, com sinalizações em Libras. Para avançar, o jogador precisa resolver esses enigmas, desvendar os segredos da geometria e desbloquear novos caminhos dentro do labirinto.

A cada fase, o jogador deverá encontrar um pedaço quebrado do talismã e guardá-lo com cuidado, para, ao final, montá-lo.

Ao longo da jornada, o jogador encontrará personagens enigmáticos que poderão ajudá-lo ou atrapalhá-lo em sua busca.

Os mestres geométricos — guardiões do conhecimento — podem fornecer dicas valiosas para resolver os desafios, enquanto os vilões geométricos tentarão sabotar sua missão, utilizando seus conhecimentos distorcidos para criar obstáculos ainda mais complexos.

O destino da ilha *Geometry* está em suas mãos. Por meio do conhecimento e da perspicácia geométrica do jogador, ele deve percorrer o *Geomaze*, solucionar os enigmas e recuperar o Talismã Octaedro. Somente assim poderá salvar o mundo. O jogador deve se preparar para embarcar nesta emocionante jornada de investigação geométrica, enfrentando desafios fascinantes e descobrindo segredos antigos.

Fases

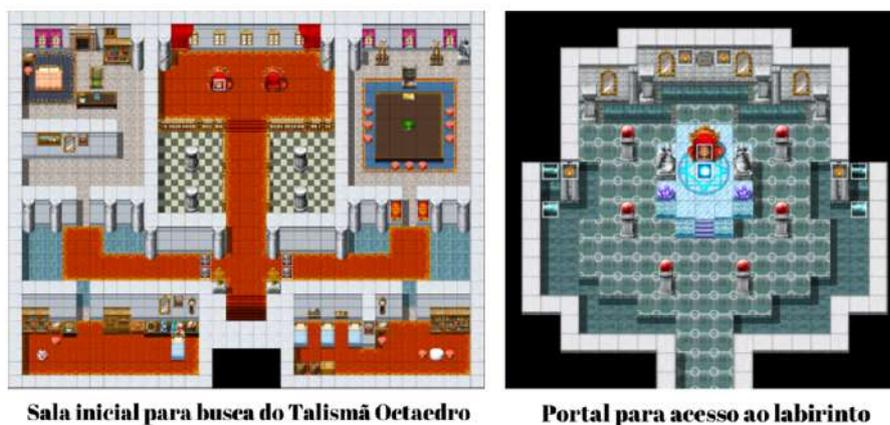
O jogo possui três fases, distribuídas em cinco cenários. O primeiro cenário é o palácio, onde a Rainha recebe o jogador com boas-vindas. O segundo cenário é o portal, que dá acesso ao labirinto *Geomaze*. Os três últimos cenários, representados na Figura 1, correspondem às fases do labirinto.

Figura 1 – Fases do jogo *Geomaze*



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Figura 2 – Cenários iniciais do jogo



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Personagens

Rainha – Soberana do reino de *Geometry*, responsável pelo Museu Geométrico do palácio, de onde o Talismã Octaedro foi roubado.

Rei – Desaparecido no labirinto *Geomaze*. Pode ser o verdadeiro vilão ou uma vítima que perdeu seu trono para a Rainha.

Jogador – Investigador especialista em Geometria, convocado para recuperar o talismã e proteger o mundo de um possível desastre.

Figura 3 – Personagens principais



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Personagens Vilões

Senhor Caos – Um cientista excêntrico que se tornou um vilão geométrico. Ele usa suas habilidades distorcidas em geometria para criar obstáculos traiçoeiros e sabotar os investigadores.

Mágico Deformes – Um mágico que entrou no labirinto por causa de uma mágica errada, não conseguiu mais sair e se tornou um vilão que usa sua mágica para atrapalhar e enganar os investigadores.

Princesa da Dúvida – Uma mulher linda que sonhava com um príncipe encantado e foi convencida a entrar no labirinto por uma bruxa, que dizia que, ao encontrar o Talismã Octaedro, ela realizaria seu sonho. Mas ela tem tanta dúvida que não consegue sair do labirinto e confunde os investigadores.

Gênio – É um ser curioso e intelectual, sempre em busca de novas maneiras de desafiar a percepção e a mente dos outros habitantes do labirinto. Ele é habilidoso em criar magia, manipulando luz e sombra para criar imagens que desafiam a compreensão dos observadores. Sua mente analítica e criativa o torna um mestre na arte da ilusão geométrica.

Figura 4 – Personagens Vilões



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Personagem Guardiã do Conhecimento

Dr. Polígono – Um jovem muito estudioso, que ama desenhar e criar figuras geométricas.

Senhora Geômetra – Uma mulher especializada em Geometria, que organizou uma investigação em busca do Talismã Octaedro. Ela é criativa, determinada e possui um grande conhecimento dos conceitos geométricos.

Professora Hipátia – Uma professora carismática e divertida, que vive no Labirinto Geométrico. Ela possui um conhecimento profundo sobre geometria plana e suas propriedades, ajudando os investigadores a resolver quebra-cabeças desafiadores.

Mestre Transforme – Um cientista excêntrico que estuda as transformações geométricas. Ele pode conceder aos investigadores habilidades especiais para manipular formas e dimensionar objetos, abrindo caminho para áreas anteriormente inacessíveis.

Sargento Polígono – Um aventureiro destemido e mestre na arte dos polígonos. Ele é um aliado confiável dos investigadores, fornecendo suporte e orientação em desafios relacionados aos polígonos.

Figura 5 – Personagens guardiões do conhecimento

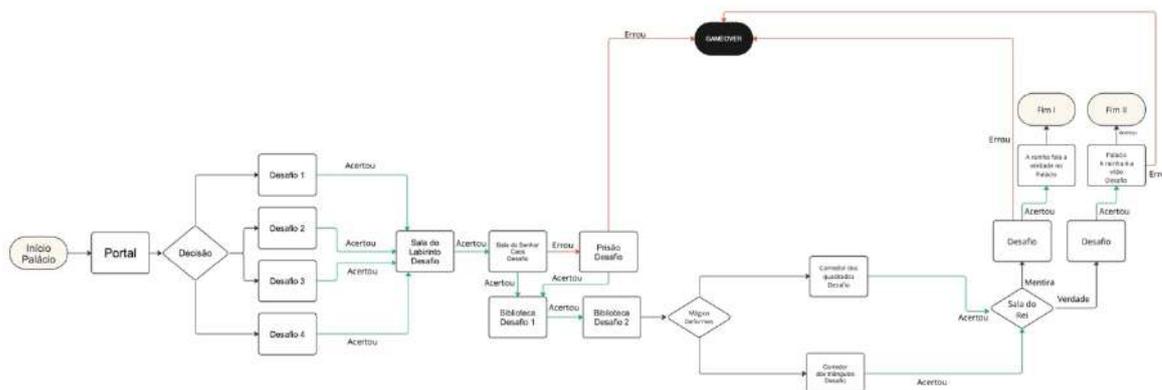


Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

- **Fluxo do jogo**

O fluxo do jogo é determinado pelas escolhas do jogador, conforme mostrado no diagrama apresentado na Figura 6.

Figura 6 – Fluxo do jogo



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

A tela inicial do jogo possui três opções, conforme apresenta a Figura 7, abaixo.

Figura 7 – Tela inicial do jogo



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

- **Level Design**

Ao iniciar o jogo, a primeira tela (Figura 8) apresenta o cenário do palácio, onde ocorre a conversa entre a Rainha e o jogador escolhido para ser o investigador que irá recuperar o talismã. A programação da conversa está apresentada na imagem abaixo.

Figura 8 – Programação da conversa inicial no palácio



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Após a conversa com a Rainha, o jogador segue para a sala do portal. Nesse momento, ele encontrará a Senhora Geômetra, que explicará que, para ser teletransportado para o Labirinto *Geomaze*, será necessário acertar a resposta de um desafio refletido nos espelhos, como mostra a Figura 9.

Figura 9 – Programação da conversa inicial no palácio



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Após o jogador escolher um dos quatro espelhos, será exibida uma imagem com a seguinte pergunta: Observe a imagem do espelho e conte quantas vezes a figura geométrica

relacionada à sinalização em Libras é refletida nele. Abaixo, segue a Figura 10, com a programação de um dos espelhos.



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Cada espelho apresenta uma sinalização diferente: especificamente, o triângulo, o trapézio, o pentágono e o retângulo. A Figura 11 apresenta os quatro desafios.

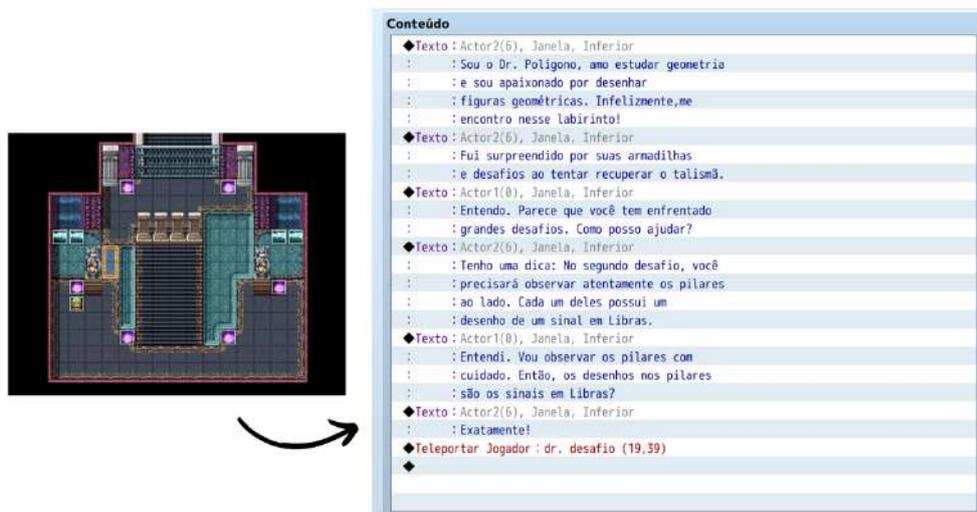


Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Após a resposta correta, o jogador será teletransportado para a primeira sala do Labirinto *Geomaze*. A primeira conversa ocorre com o Dr. Polígono, que deixa uma dica para o jogador,

indicando que ele precisa resolver o desafio nos pilares, como mostra a programação na Figura 12.

Figura 12 – Desafio do Dr. Polígono



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Terminada a conversa, o jogador segue para os pilares, onde encontrará o desafio. Na Figura 13, apresentamos a imagem que será mostrada ao jogador.

Figura 13 – Programação e imagem do desafio



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Se o jogador errar a resposta, ele poderá tentar novamente até acertar. Concluído o desafio corretamente, os portões se abrem, e o jogador terá acesso a outra sala do labirinto. Nesse momento, ele terá uma conversa com o Senhor Caos. Segue a programação e o desafio na Figura 14.



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Se o jogador errar a questão proposta pelo Senhor Caos, ficará preso e só sairá da prisão se acertar uma nova questão. Caso acerte, ele conseguirá um pedaço do talismã e abrirá os portões para continuar no labirinto.

Figura 15 – Caminho da prisão ou continuidade no labirinto



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Na prisão, o jogador encontrará a Princesa da Dúvida, que foi enganada por uma bruxa que prometeu realizar seus sonhos se ela encontrasse o talismã. Ela indica onde encontrar o desafio proposto para sair da prisão.

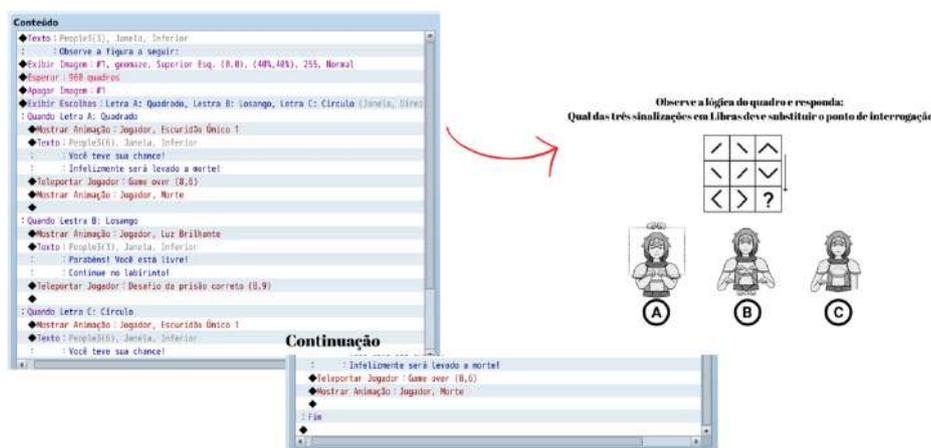
Figura 16 – Conversa com a princesa da dúvida



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Após a conversa, o jogador se dirige à cama e responde ao desafio. O desafio e a programação estão apresentados na Figura 17. Caso o jogador acerte, ele continua no labirinto; caso erre, será levado à morte!

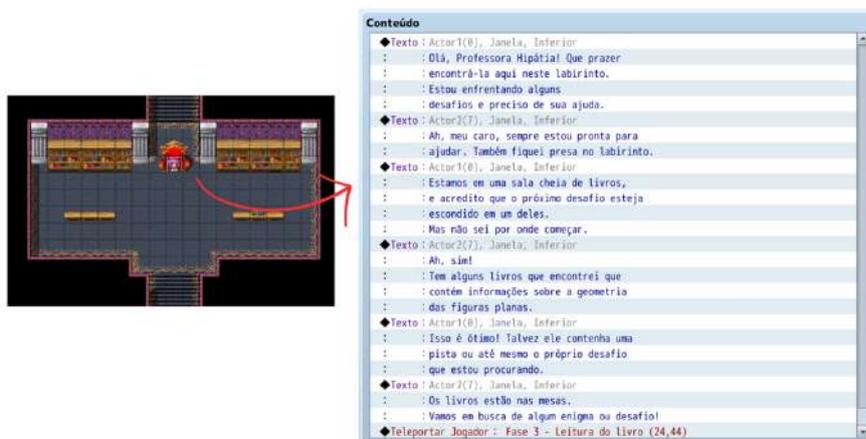
Figura 17 – Desafio da prisão



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

A próxima sala do labirinto é uma biblioteca, onde o jogador encontrará a Professora Hipátia e conversará com ela sobre uma dica para descobrir o próximo desafio.

Figura 18 – Conversa com Hipátia



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

A Professora Hipátia apresenta dois enigmas ao jogador.

Primeiro enigma: Uma figura plana com quatro lados, onde todos os lados são iguais e todos os ângulos são retos. O que sou?

- a) triângulo b) trapézio c) hexágono d) quadrado e) losango

Segundo Enigma: Uma figura plana com três lados, onde a soma dos ângulos internos é sempre 180 graus. O que sou?

- a) quadrado b) triângulo c) losango d) pentágono e) retângulo

Quando o jogador conseguir responder aos dois desafios, ele terá acesso a uma escada, onde encontrará o Mágico Deformes, que pedirá para que escolha um caminho: o Caminho dos quadrados ou o Caminho dos triângulos, como mostra a conversa na Figura 19.

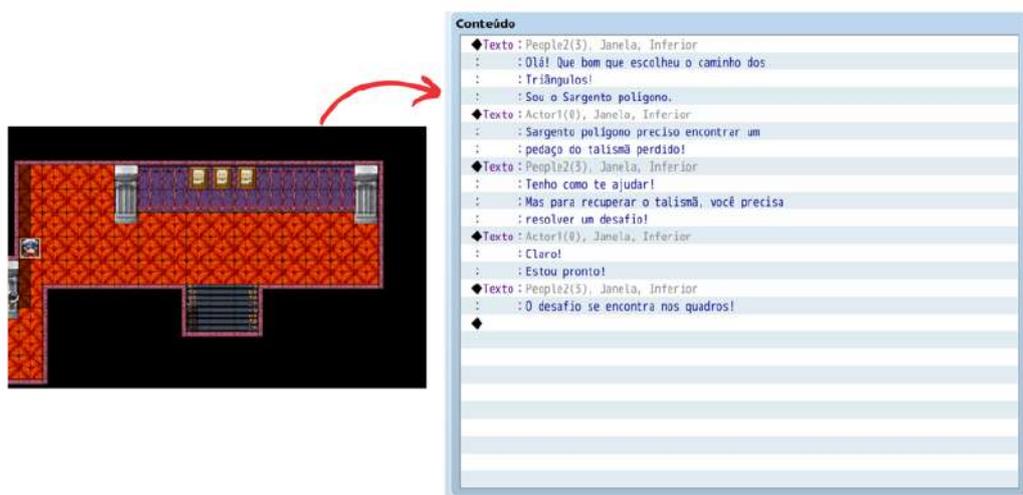
Figura 19 – Escolha do caminho



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Se o jogador escolher o triângulo, encontrará no corredor o Sargento Polígono, que dará uma dica sobre onde se encontra o desafio.

Figura 20 – Conversa com o Sargento Polígono



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

O jogador, ao se dirigir aos quadros, encontrará o seguinte desafio:

Figura 21 – Programação do desafio



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Caso o jogador escolha o Caminho dos quadrados, ele se encontrará com o Gênio e deverá resolver um desafio para encontrar um pedaço do talismã.

Figura 22 – Conversa com *Primus Illusionius*

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Com a resposta correta, o jogador terá acesso a uma escada que o levará à última sala do labirinto. Nessa etapa do jogo, o jogador deverá escolher se o Rei está falando a verdade ou

mentindo. Sua escolha determinará finais diferentes para o jogo. Vale observar que nenhum dos caminhos é certo ou errado. A seguir, apresentamos a programação da fala do Rei, na Figura 23.

Figura 23 – Programação da fala do Rei

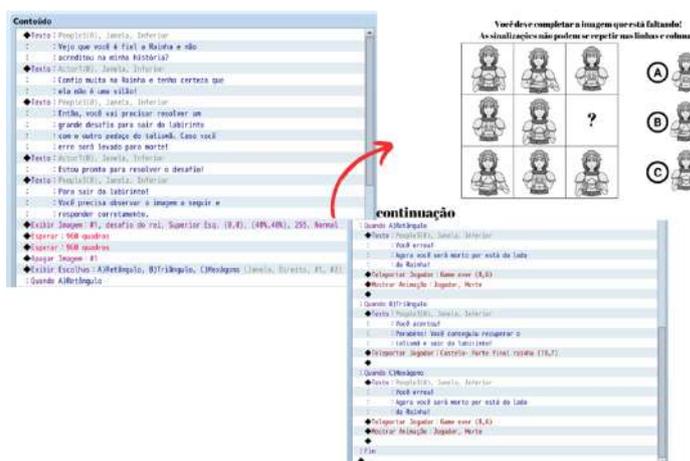


Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

O Rei está mentindo – Primeira opção de final

Se a escolha for que o Rei está mentindo, então o jogador estará confiando na Rainha. Nesse caso, o Rei é revelado como o vilão e possui o último pedaço do talismã. Para recuperá-lo, o jogador precisará acertar um desafio proposto pelo Rei. Se errar, será condenado à morte por ter ficado do lado da Rainha.

Figura 24 – Desafio do Rei



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Caso o jogador acerte o desafio, ele conseguirá sair do labirinto com o talismã e devolvê-lo à Rainha (Figura 25).

Figura 25 – Final do jogo



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Após a conversa com a Rainha, o jogo é concluído.

O Rei está falando a verdade – Segunda opção de final

Se a escolha for que o Rei está falando a verdade, descobriremos que a Rainha é uma vilã que tomou o reino, aprisionou o Rei no labirinto e está com um dos pedaços do talismã, como mostrado na conversa da Figura 26.

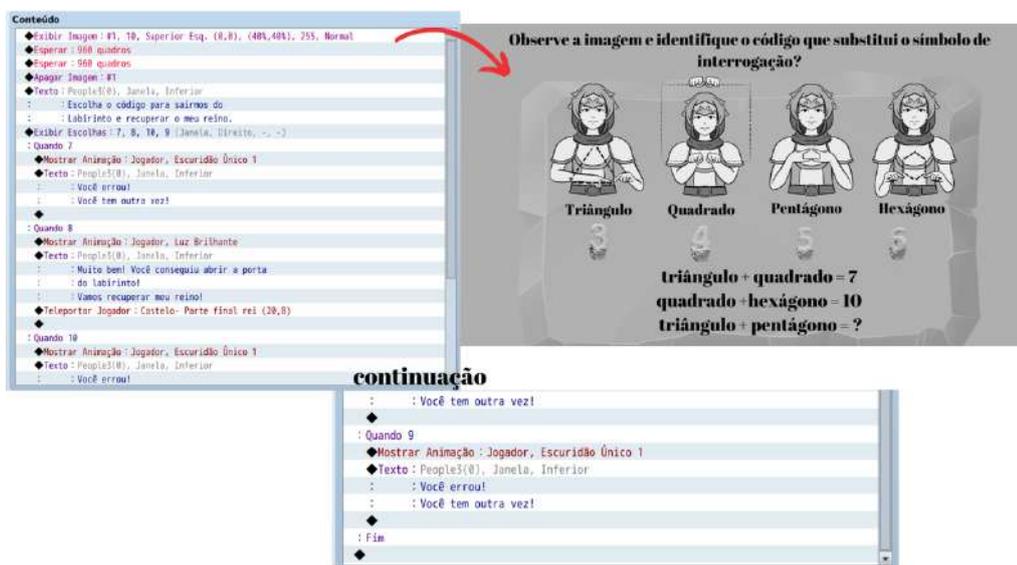
Figura 26 – Programação da conversa com o rei



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Para sair do labirinto e ajudar o Rei a recuperar seu reino e o outro pedaço do talismã, o jogador precisará desvendar um desafio entalhado em uma tábua de pedra, como mostra a Figura 27.

Figura 27 – Programação da questão final do labirinto



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Se o jogador acertar a questão, ele será teletransportado para o castelo da Rainha, junto com o Rei.

Figura 28 – Palácio da Rainha



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

A Rainha propõe ao jogador um desafio final (Figura 29). Se o jogador acertar o desafio, recuperará o último pedaço do talismã, restaurará o reino e a Rainha ficará presa pelo resto da vida. Caso o jogador erre a questão, ele perderá o jogo e morrerá.

Figura 29 – Desafio final

Qual o número que deve substituir o ponto de interrogação?

$\square = 16$ $\text{pentágono} = 15$ $\triangle = ?$

continuação

Conteúdo

- ◆ Texto: People3(1), Janela, Inferior
 - : Observe a lógica da imagem e responda:
 - : Qual o número que deve substituir o
 - : ponto de interrogação?
- ◆ Exibir Imagem: #1, geomaze 17, Superior Esq. (8,8), (48,48), 255, Normal
- ◆ Esperar: 966 quadros
- ◆ Acionar: Reagen: #1
- ◆ Exibir Escolhas: 13, 12, 10, 7 (Janela, Direito, #1, #2)
- : Quando 13
 - ◆ Mostrar Animação: Jogador, Escuridão Único 1
 - ◆ Texto: People3(1), Janela, Inferior
 - : Você errou!
 - : Agora você será morto por traição!
 - ◆ Teleportar Jogador: Game over (8,6)
 - ◆ Mostrar Animação: Jogador, Morte
- : Quando 12
 - ◆ Mostrar Animação: Jogador, Luz Brilhante
 - ◆ Texto: People3(1), Janela, Inferior
 - : Não acredito que você acertou!
 - : Você conseguiu me vencer!
 - ◆ Texto: Actor1(8), Janela, Inferior
 - : Me devolva o último pedaço do talismã
 - : e o trono do Rei!
 - : Você ficará presa para o resto de sua
 - : vida!

continuação

- ◆ Texto: People3(8), Janela, Inferior
 - : Obrigada por ter nos ajudado a recuperar
 - : o talismã e seu reino!
- ◆ Teleportar Jogador: Fim do jogo - Parabéns (16,12)
- : Quando 10
 - ◆ Mostrar Animação: Jogador, Escuridão Único 1
 - ◆ Texto: People3(1), Janela, Inferior
 - : Você errou!
 - : Agora você será morto por traição!
 - ◆ Teleportar Jogador: Game over (8,6)
 - ◆ Mostrar Animação: Jogador, Morte
- : Quando 7
 - ◆ Mostrar Animação: Jogador, Escuridão Único 1
 - ◆ Texto: People3(1), Janela, Inferior
 - : Você errou!
 - : Agora você será morto por traição!
 - ◆ Teleportar Jogador: Game over (8,6)
 - ◆ Mostrar Animação: Jogador, Morte
- : Fim

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

O jogo termina com uma conversa do Rei, agradecendo ao jogador por ajudá-lo a recuperar o reino e encerrando a jornada.

APÊNDICE C – NOVO GDD FINALIZADO DO GEOMAZE

A seguir, apresentamos o novo GDD com as ideias do jogo *Geomaze*, desenvolvido no decorrer da pesquisa.

- **Nome do jogo digital:** *Geomaze*
- **Visão Geral e resumo**

Jogo digital educacional em 2D, do gênero aventura e ficção. “*Geomaze*” é uma combinação das palavras “geometria” e “labirinto”. Seu objetivo educacional é proporcionar uma revisão dos conceitos fundamentais de polígonos para alunos do 6º ano do Ensino Fundamental, com acessibilidade para estudantes surdos, por meio de uma proposta lúdica e interativa desenvolvida no *RPG Maker* e fundamentada na Engenharia Didático-Informática (EDI).

- **Visão Geral da História**

Em uma ilha chamada *Geometry*, situada em um arquipélago de 300 ilhas minúsculas no coração do oceano Índico, a Rainha perdeu um poderoso artefato nas profundezas de uma floresta ancestral: o Anel Mágico. Dotado da incrível capacidade de realizar qualquer desejo, o anel representa um grande risco caso caia em mãos erradas, ameaçando o equilíbrio do mundo. Para evitar essa catástrofe, um grupo de investigadores especialistas em Geometria foi convocado para a missão de resgatá-lo — e você, jogador, é um dos escolhidos para enfrentar enigmas, superar desafios e impedir que o mal triunfe.

Missão

O jogador terá a missão de conversar com a Rainha e ser escolhido para recuperar o Anel Mágico, perdido na floresta, e devolvê-lo a ela, onde permanecerá em segurança.

A floresta do *Geomaze* é misteriosa, repleta de enigmas e quebra-cabeças, onde se acredita que o anel foi perdido pela Rainha. No *Geomaze*, o jogador encontrará três fases, compostas por uma série de desafios que testarão suas habilidades em Geometria. Cada fase representa um quebra-cabeça com enigmas geométricos únicos, envolvendo conceitos de polígonos, com tradução em Libras. Para avançar, será necessário resolver esses enigmas, desvendar os segredos da Geometria e desbloquear novos caminhos até encontrar o anel.

Os mestres geométricos, guardiões do conhecimento, podem oferecer dicas valiosas para recuperar o Anel, enquanto os vilões geométricos tentarão sabotar a missão, utilizando seus conhecimentos distorcidos para criar obstáculos ainda mais complexos.

O destino da ilha *Geometry* está em suas mãos. Por meio de conhecimento e perspicácia geométrica, o jogador deve percorrer o Geomaze, solucionar os enigmas e recuperar o Anel. Somente assim será possível salvar o mundo. Prepare-se para embarcar nesta emocionante jornada de investigação geométrica, enfrentando desafios fascinantes e desvendando segredos antigos.

Fases

O jogo possui três fases, distribuídas em quatro cenários. O primeiro cenário é a fortaleza do castelo, por onde o jogador passa até chegar ao palácio da Rainha. O segundo cenário é o próprio palácio, onde a Rainha recebe o jogador com boas-vindas. O terceiro cenário é a ilha do *Geomaze*, que dá acesso à floresta. Por fim, o quarto cenário é a floresta onde o Anel Mágico foi perdido.

Figura 1 – Fase 1



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Figura 2 – Fase 2



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Figura 3 – Fase 3



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

- **Personagens**

Personagens principais:

Rainha – Monarca da ilha *Geometry* que perdeu o Anel Mágico nas profundezas da floresta.

Jogador – Especialista em Geometria convocado para recuperar o Anel e restaurar o equilíbrio do mundo.

Figura 4 – Personagens principais



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Personagens vilões:

Princesa da Dúvida – Mulher encantadora que sonhava com um príncipe ideal e foi persuadida por uma bruxa a buscar o Anel Mágico, acreditando que ele realizaria seu desejo. No entanto, sua mente está repleta de incertezas, o que a impede de resolver os desafios do caminho e, por vezes, acaba confundindo os investigadores em sua missão.

Senhor Caos – Cientista excêntrico que se tornou um vilão geométrico. Ele utiliza seus conhecimentos distorcidos de Geometria para criar obstáculos traiçoeiros e sabotar os investigadores.

Personagens guardiões

Dr. Polígono – Jovem muito estudioso que ama desenhar e criar figuras geométricas.

Senhora Geômetra – Mulher especializada em Geometria que organizou uma investigação em busca do Anel Mágico. Criativa, determinada e com amplo conhecimento dos conceitos geométricos.

Professora Hipátia – Professora carismática e divertida que vive no *Geomaze*. Possui conhecimento profundo sobre Geometria e suas propriedades, auxiliando os investigadores na resolução de quebra-cabeças desafiadores.

Mestre Transforme – Cientista excêntrico que estuda Geometria e atua como o guardião do Anel Mágico.

Soldado Triângulo – Ágil e estratégico, é especialista em missões rápidas e precisas.

Soldado Quadrado – Forte e confiável, é responsável pela defesa da equipe e pela análise cuidadosa de cada situação.

Soldado Pentágono – Inteligente e criativo, possui uma mente multifacetada, capaz de enxergar soluções onde ninguém mais vê.

Soldado Hexágono – De personalidade firme, leal e protetora, estimula o pensamento geométrico e a resolução de problemas.

Aladim – Gênio da lâmpada que ama Geometria e realiza mágicas com os pedidos dos jogadores.

Figura 5 – Personagens



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

- Lista de Diferenciais

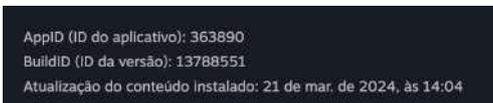
O jogo apresenta como diferencial a presença de um avatar de intérprete de Libras integrado a todas as fases, permitindo que os estudantes surdos acompanhem com autonomia as instruções e o enredo apresentados.

Abordar o conteúdo de polígonos em um jogo desenvolvido no *RPG Maker* é um dos principais diferenciais da proposta, considerando que essa plataforma é tradicionalmente voltada para narrativas ficcionais e aventuras lineares, sendo raramente explorada no ensino de conteúdos matemáticos.

Viabilidade Técnica

Engine

A *engine* utilizada é o *RPG Maker MV*, que opera com a linguagem *JavaScript*. A licença foi adquirida na loja *Steam*.



AppID (ID do aplicativo): 363890
BuildID (ID da versão): 13788551
Atualização do conteúdo instalado: 21 de mar. de 2024, às 14:04

- **Pré-Requisitos**

Jogo desenvolvido para o sistema operacional *Windows*.

- **Público-alvo e Marketing**

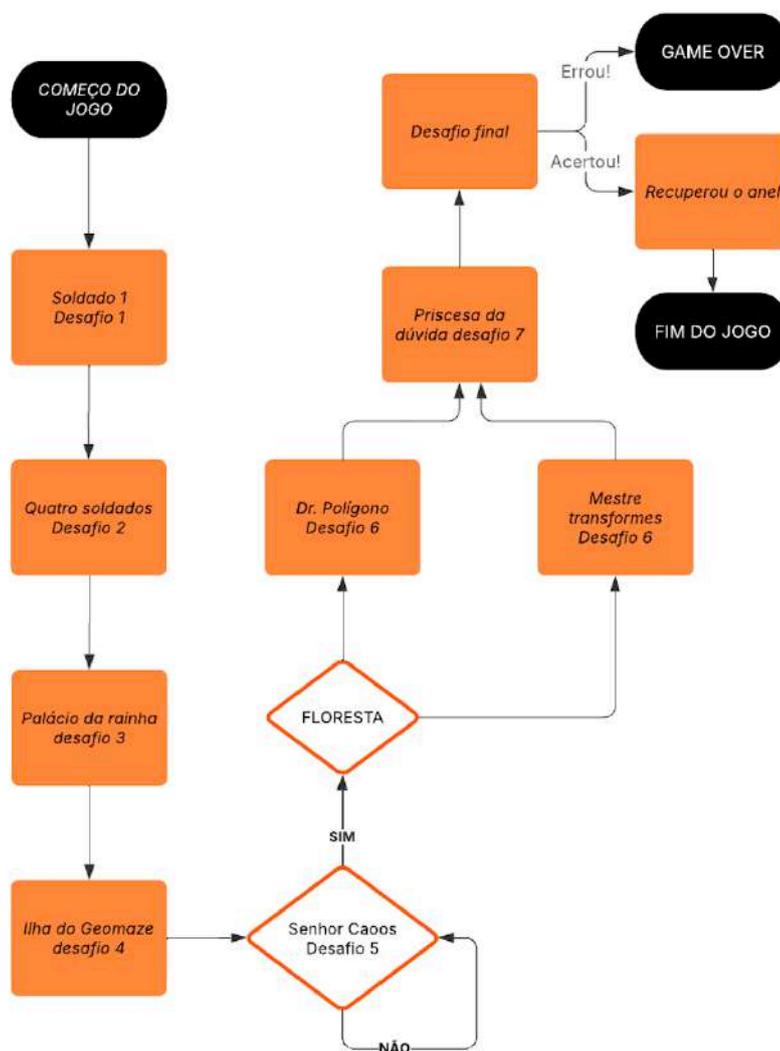
O jogo é destinado a alunos surdos e ouvintes a partir do 6º ano do Ensino Fundamental, com foco nos anos finais. A proposta inclusiva visa promover a aprendizagem de conceitos de polígonos por meio de uma experiência acessível, lúdica e visualmente atrativa.

O jogo é gratuito e pode ser utilizado por escolas públicas e privadas, bem como por redes de professores. Também pode ser divulgado em eventos educacionais voltados à Educação Matemática, à acessibilidade e à inovação pedagógica, destacando-se por seu principal diferencial: a presença de um intérprete de Libras integrado à narrativa e às instruções.

- **Fluxo do jogo:**

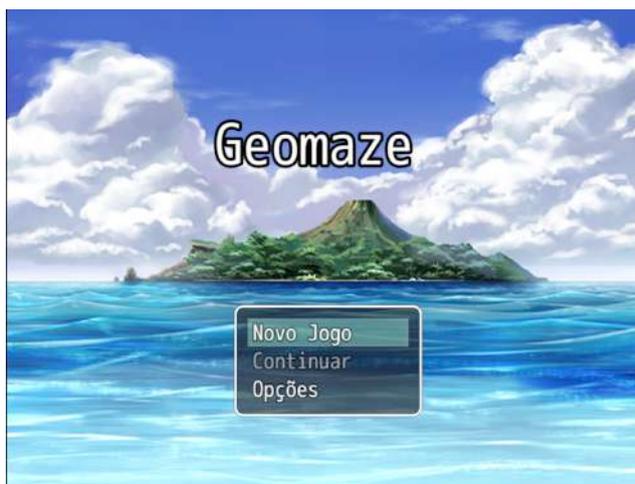
O fluxo do jogo é determinado pelas escolhas do jogador, conforme ilustrado no diagrama a seguir:

Figura 5 – Fluxo do jogo



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Na tela inicial do jogo, o jogador encontra três opções principais: “Novo Jogo”, que o direciona para a introdução ambientada no castelo da Rainha; “Continuar”, que permite retomar o jogo a partir do progresso salvo; e “Opções”, em que é possível personalizar a experiência de jogo.

Figura 6 – Tela inicial do jogo

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Ao acessar a guia “Opções” (Figura 7), o jogador é levado a uma nova tela, na qual pode ajustar o volume dos efeitos sonoros e ativar a função “Sempre Correr”, que aumenta a velocidade de deslocamento do personagem. Esses recursos visam oferecer maior controle e acessibilidade, adaptando o jogo às preferências individuais de cada usuário.

Figura 7 – Tela de opções

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Durante a partida, ao pressionar a tecla *Esc*, o jogador é direcionado para uma tela de opções (Figura 8), na qual pode acessar os itens coletados, consultar o status do personagem, ajustar o volume dos efeitos sonoros, salvar o progresso atual e encerrar o jogo. Essa funcionalidade oferece maior controle sobre a experiência, permitindo que o jogador gerencie recursos, personalize o ambiente sonoro e mantenha seu avanço de forma segura e acessível.

Figura 8 – Tela de Opções do jogador (tecla *Esc*)



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Conforme o jogador avança no jogo, ao chegar à fase final, depara-se com um desafio decisivo: responder corretamente à questão que permite abrir o baú. Caso erre a resposta, será redirecionado para uma tela intitulada “*Game Over*”, o que resultará em sua morte e exigirá o reinício do jogo.

Figura 9 – Gamer Over



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

- **Level Design**

Ao iniciar o jogo, a primeira tela apresenta o contexto do enredo, situando o jogador na história (ver figura abaixo). Após essa introdução, o jogador é recepcionado por um soldado, que lhe dá as boas-vindas ao jogo.

Figura 10 – Início do jogo

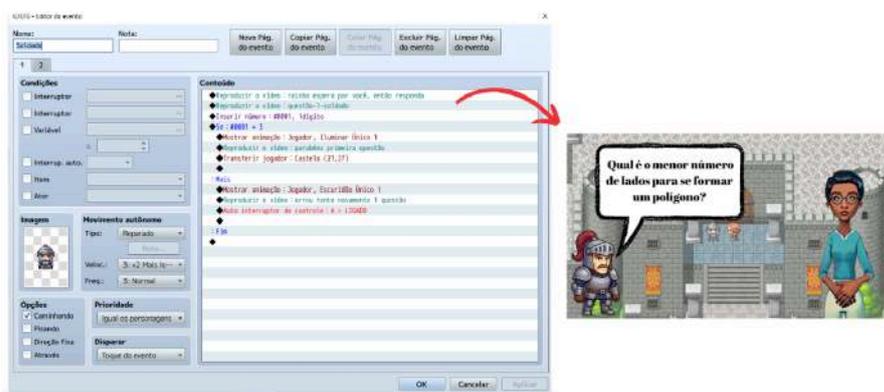


Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

A primeira fase tem início no castelo, onde o jogador precisa resolver dois desafios para conseguir chegar ao palácio da Rainha.

O primeiro diálogo ocorre com um soldado, que informa que a Rainha está à espera do jogador. No entanto, antes de prosseguir, ele propõe o seguinte desafio: “Qual é o menor número de lados necessário para se formar um polígono?”.

Figura 11 – Programação do desafio 1



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Após acertar a primeira questão, o jogador se dirige até três soldados, que se apresentam e dizem seus nomes: o primeiro se chama Triângulo, o segundo, Retângulo, e o terceiro, Pentágono. Eles explicam que seus nomes seguem uma sequência e desafiam o jogador a descobrir o nome do próximo soldado, com base nessa lógica.

Figura 12 – Programação da conversa dos soldados



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Para acessar a sala da Rainha, o soldado propõe um novo desafio ao jogador: “Qual é o meu nome?”. Em seguida, são apresentadas três alternativas de resposta:

- Dodecágono
- Heptágono
- Hexágono

A alternativa correta é a letra c, pois o soldado representa um polígono de seis lados.

Figura 13 – Programação do desafio 2



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Ao responder corretamente à segunda questão, o jogador obtém acesso ao palácio da Rainha. Lá, é recebido com boas-vindas, e a Rainha explica que precisa de ajuda para recuperar o Anel Mágico perdido na floresta. No entanto, antes de permitir que o jogador siga em missão, ela testa seus conhecimentos com a seguinte pergunta: “Um polígono de 10 lados é chamado de quê?”

A Rainha então apresenta três alternativas:

- a) Heptágono
- b) Decágono
- c) Eneágono

A resposta correta é a letra **b**, *Decágono*, que é o nome dado ao polígono com 10 lados.

Figura 14 – Desafio da Rainha



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Ao conquistar a missão de recuperar o Anel Mágico, o jogador deixa o castelo e inicia a segunda fase do jogo. Nesse momento, encontra um soldado que se oferece para ajudar, mas, antes disso, lança um novo desafio: “Qual é o nome do polígono com 12 lados iguais?”

O soldado apresenta duas alternativas:

- a) Dodecágono
- b) Decágono

A resposta correta é a letra a, *Dodecágono*, que corresponde ao nome do polígono com 12 lados.

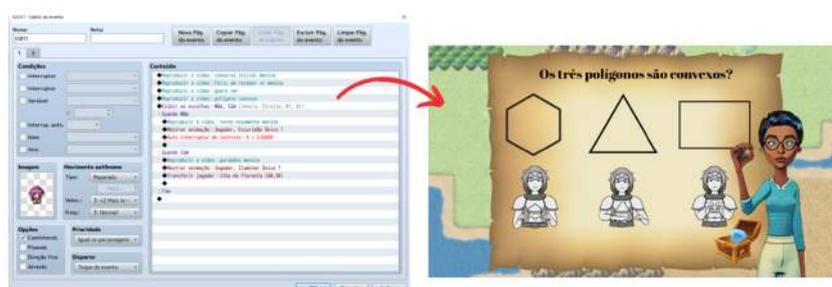
Figura 15 – Programação do desafio do soldado



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Após responder corretamente à questão, o soldado oferece uma dica ao jogador, indicando que ele deve seguir pela floresta para continuar sua missão. Em seguida, o jogador é automaticamente teletransportado para uma nova área, próxima à entrada da floresta, marcando o início de uma nova etapa da jornada em busca do Anel Mágico. Nesse momento, o jogador encontra a professora Hipátia, que o recebe com alegria e informa ter encontrado uma dica importante. O jogador demonstra interesse, e a dica é revelada: uma imagem com três polígonos — um hexágono, um triângulo e um retângulo — acompanhada da pergunta: “Os três polígonos são convexos?” Para continuar a jornada rumo à floresta, o jogador deve responder corretamente. A resposta certa é “sim”.

Figura 16 – Programação da professora Hipátia



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

O jogador avança no jogo e finalmente adentra a floresta, dando início à terceira fase da jornada. Nesse novo cenário, ele encontra o enigmático Senhor Caos, um guardião da floresta que impõe um desafio como condição para permitir sua passagem. Somente ao responder corretamente à pergunta proposta, o jogador poderá continuar explorando o caminho em direção ao Anel Mágico.

Figura 17 – Programação do desafio senhor Caos



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Como mostra a imagem acima, o Senhor Caoos propõe o seguinte enigma: “Eu não tenho ângulos retos. Eu não sou um quadrilátero. Todos os meus lados têm o mesmo comprimento. Eu tenho mais de 4 lados. Quem eu sou?”

As alternativas apresentadas são:

- a) Hexágono
- b) Triângulo
- c) Retângulo

A resposta correta é a letra **a**, *Hexágono*, pois é a única figura entre as opções que satisfaz todas as condições descritas.

Nesta etapa do jogo, o jogador se depara com dois caminhos distintos e deve escolher por qual seguir.

Primeiro Caminho

Ao escolher o primeiro caminho, o jogador encontra o enigmático Dr. Polígono, que o desafia com uma inscrição esculpida em pedra, contendo a seguinte pergunta: “Qual das figuras abaixo não é um polígono?” As alternativas apresentadas são:

- a) Circunferência
- b) Hexágono
- c) Triângulo

A resposta correta é a letra **a**, *Circunferência*, pois, ao contrário das outras opções, ela não é formada por segmentos de reta, sendo, portanto, uma curva fechada e não um polígono.

Figura 18 – Programação do Dr. Polígono



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Segundo Caminho

Ao escolher o segundo caminho, o jogador encontra Aladim, que o desafia com uma inscrição esculpida em pedra, contendo a seguinte pergunta: “Qual é o polígono regular?”

As imagens representam:

- a) Um hexágono regular
- b) Um triângulo retângulo
- c) Um heptágono irregular
- d) Um quadrilátero irregular

A resposta correta é a letra a, hexágono regular.

Figura 19 – Programação do desafio do Aladim



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Após responder corretamente a uma das questões de qualquer um dos caminhos escolhidos, o jogador é teletransportado para uma nova área da floresta, onde encontra a Princesa da Dúvida. Ela revela estar presa diante de um desafio que não consegue resolver, o que a impede de prosseguir pelo labirinto da floresta até o baú onde o anel Mágico está guardado. Aflita, ela pede ao jogador que solucione o enigma, para que juntos possam concluir a missão e impedir que o anel caia em mãos erradas.

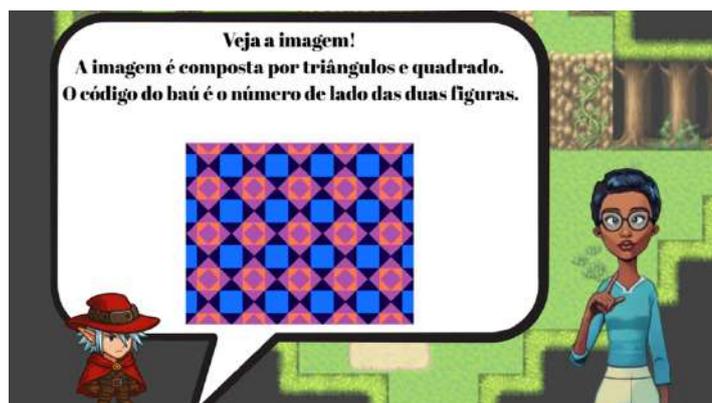
Figura 20 – Programação do desafio da princesa da dúvida



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Para finalizar o jogo, o jogador deve se dirigir até o último personagem, o Mestre Transforme, que atua como guardião do baú onde está o anel Mágico. Para recuperá-lo, o jogador precisa resolver o último desafio.

Figura 21 – Último desafio



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

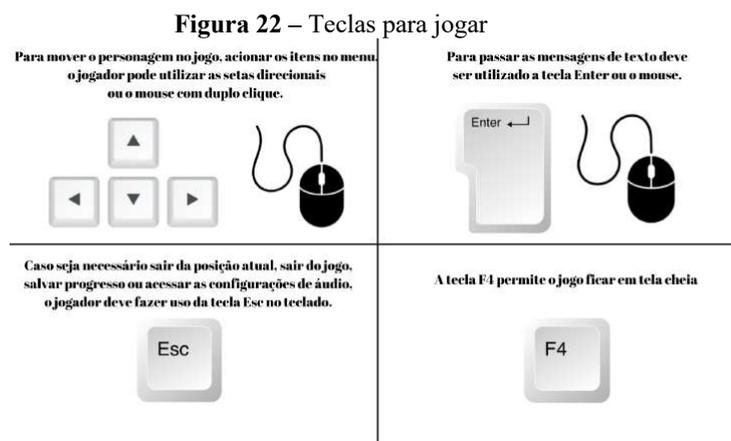
O desafio consiste em um mosaico com triângulos e quadrados, e o código do baú está relacionado à quantidade de lados dessas figuras: 3 lados do triângulo e 4 do quadrado, formando o número 34. Dada a resposta correta, o jogo é finalizado com o reencontro do Anel Mágico perdido.

Arte e Vídeo

As artes do jogo foram desenvolvidas no *Canva Pro*, utilizado para a produção dos vídeos e a elaboração das questões. Também foi empregada a inteligência artificial *GoEnhance* (plano pago) para a criação dos vídeos com o avatar do intérprete de Libras. O *Create Studio Pro* foi utilizado para a produção de alguns vídeos com efeitos especiais, enquanto o *ChatGPT* foi empregado na criação dos personagens do jogo em corpo inteiro, posteriormente inseridos nos vídeos. Também, foram realizadas capturas de tela no *RPG Maker* para compor os fundos dos vídeos, proporcionando ao jogador a sensação de ainda estar imerso no cenário do jogo durante a exibição das cenas. Para a edição dos vídeos em Libras — como cortes e junções — foi utilizado o aplicativo *CapCut*, em sua versão gratuita. Esses vídeos foram, então, inseridos no *GoEnhance*.

- **Interface**

No sistema operacional *Windows*, o jogador pode controlar o movimento do personagem no cenário do jogo utilizando as teclas direcionais do teclado. Alternativamente, é possível utilizar o botão esquerdo do mouse para movimentar o personagem.



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

ANEXO A – TERMO DO COMITÊ DE ÉTICA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA
PARAÍBA - PRÓ-REITORIA DE
PÓS-GRADUAÇÃO E
PESQUISA - UEPB / PRPGP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ENGENHARIA DIDÁTICO-INFORMÁTICA NO DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO DIGITAL GEOMÉTRICO INCLUSIVO PARA ESTUDANTES SURDOS

Pesquisador: AYLLA GABRIELA PAIVA DE ARAUJO

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 70976323.0.0000.5187

Instituição Proponente: Universidade Estadual da Paraíba - UEPB

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.194.422

Apresentação do Projeto:

A utilização de jogos digitais faz parte do contexto escolar da Educação Básica e do Ensino Superior, com aplicações nas diferentes áreas. Na Matemática não é diferente, existem pesquisas que abordam os jogos com variados públicos-alvo e com objetivos de aprendizagem específicos, que contemplam conteúdos como: Números, Álgebra, Geometria, entre outros.

Objetivo da Pesquisa:

OBJETIVO GERAL : Desenvolver um jogo digital para o conteúdo de geometria espacial ancorado no estudo teórico metodológico da Engenharia Didático-Informática – EDI, para a inclusão dos alunos surdos no ensino e na aprendizagem da Matemática. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Apresentar as dimensões Didática, Epistemológica, Cognitiva e Informática do conteúdo de geometria espacial, para serem trabalhados no desenvolvimento do jogo digital.
- Desenvolver um protótipo do jogo digital orientado pela EDI, como forma de auxiliar no ensino e aprendizagem da Matemática para a inclusão dos alunos surdos;
- Testar e analisar o uso do jogo digital no ensino e aprendizagem da Matemática através de oficinas com professores e estudantes do Ensino Médio, com o intuito de validar o jogo digital.
- Elaborar um guia com objetivos, regras e explicações do jogo digital para serem

Endereço: Av. das Baraúnas, 351- Campus Universitário
Bairro: Bodocongó **CEP:** 58.109-753
UF: PB **Município:** CAMPINA GRANDE
Telefone: (83)3315-3373 **Fax:** (83)3315-3373 **E-mail:** cep@setor.uepb.edu.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA
PARAÍBA - PRÓ-REITORIA DE
PÓS-GRADUAÇÃO E
PESQUISA - UEPB / PRPGP



Continuação do Parecer: 6.194.422

aplicados por professores

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

RISCOS: A pesquisa em questão não apresenta nenhum risco aparente, por possibilitar a melhoria de um processo de ensino e aprendizagem da Matemática para alunos com deficiência auditiva e surdez. **BENEFÍCIOS :** Os jogos digitais educacionais, por sua vez, ganharam evidência em sala de aula por conta dos seus benefícios e no ensino e aprendizagem da Matemática não é diferente. Savi e Ulbricht (2008) expõem alguns desses benefícios que são: efeito motivador; facilitador do aprendizado; desenvolvimento de habilidades cognitivas; aprendizado por descoberta; experiência de novas identidades; socialização; coordenação motora e comportamento expert.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa tem caráter relevante , pois é possível afirmar que os atuais alunos estão cada vez mais inseridos no mundo dos jogos, redes sociais e internet, conseqüentemente, surgem novos desafios educacionais, assim como novos problemas de pesquisa para serem investigados em sala de aula. Visto que, “as tecnologias digitais criaram um novo cenário para o pensamento, a aprendizagem e a comunicação humana, transformaram a natureza das ferramentas disponíveis para pensar, agir e se expressar” (DUSSEL, 2011. Apud. GOMES, 2015).

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os TERMOS estão em concordância com as exigências da CONEP

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Diante do exposto o PARECER para o desenvolvimento desta pesquisa é de APROVAÇÃO

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2155313.pdf	28/06/2023 17:25:40		Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	autorizacao_da_instituicao.pdf	28/06/2023 17:25:03	AYLLA GABRIELA PAIVA DE ARAUJO	Aceito
Projeto Detalhado	projeto_completo_comite.pdf	12/06/2023	AYLLA GABRIELA	Aceito

Endereço: Av. das Baraúnas, 351- Campus Universitário
Bairro: Bodocongó **CEP:** 58.109-753
UF: PB **Município:** CAMPINA GRANDE
Telefone: (83)3315-3373 **Fax:** (83)3315-3373 **E-mail:** cep@setor.uepb.edu.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA
PARAÍBA - PRÓ-REITORIA DE
PÓS-GRADUAÇÃO E
PESQUISA - UEPB / PRPGP



Continuação do Parecer: 6.194.422

/ Brochura Investigador	projeto_completo_comite.pdf	14:45:54	PAIVA DE ARAUJO	Aceito
Declaração de Pesquisadores	termo_pesquisador_aylla.pdf	12/06/2023 14:42:40	AYLLA GABRIELA PAIVA DE ARAUJO	Aceito
Declaração de concordância	declaracao_Aylla_orientador.pdf	12/06/2023 14:42:21	AYLLA GABRIELA PAIVA DE ARAUJO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle_.pdf	12/06/2023 14:16:20	AYLLA GABRIELA PAIVA DE ARAUJO	Aceito
Cronograma	cronograma.pdf	12/06/2023 14:11:46	AYLLA GABRIELA PAIVA DE ARAUJO	Aceito
Folha de Rosto	documento.pdf	12/06/2023 14:11:37	AYLLA GABRIELA PAIVA DE ARAUJO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

CAMPINA GRANDE, 21 de Julho de 2023

Assinado por:
Gabriela Maria Cavalcanti Costa
(Coordenador(a))

Endereço: Av. das Baraúnas, 351- Campus Universitário
Bairro: Bodocongó **CEP:** 58.109-753
UF: PB **Município:** CAMPINA GRANDE
Telefone: (83)3315-3373 **Fax:** (83)3315-3373 **E-mail:** cep@setor.uepb.edu.br