

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**

Theysmara Menon

Realidade Aumentada na Educação Matemática: promovendo a inclusão de
estudantes com Transtorno do Espectro Autista

Juiz de Fora (MG)
2025

Theysmara Menon

Realidade Aumentada na Educação Matemática: promovendo a inclusão de
estudantes com Transtorno do Espectro Autista

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação Matemática. Área de concentração: Educação Matemática.

Orientadora: Profa. Dra. Liamara Scortegagna

Juiz de Fora (MG)

2025

Theysmara Menon

Realidade Aumentada na Educação Matemática: promovendo a inclusão de estudantes com Transtorno do Espectro Autista

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação Matemática. Área de concentração: Educação Matemática.

Aprovada em 17 de dezembro de 2025

Profa. Dra. Liamara Scortegagna
Orientadora

Profa. Dra. Mylena Cristina Santiago
Convidada externa FACED/UFJF

Prof. Dr. Marco Antônio Escher
Convidado interno UFJF

Theysmara Menon

Realidade Aumentada na Educação Matemática: promovendo a inclusão de estudantes com Transtorno do Espectro Autista

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- graduação em Educação Matemática da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Educação Matemática. Área de concentração: Educação Matemática.

Aprovada em 17 de dezembro de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Liamara Scortegagna -
Orientadora Universidade Federal de Juiz de
Fora

Profa. Dra. Mylene Cristina Santiago -
Membro externo Faculdade de Educação -
UFJF

Prof. Dr. Marco Antônio Escher
Universidade Federal de Juiz de Fora



Juiz de Fora, 19/12/2025.

Documento assinado eletronicamente por **Liamara Scortegagna, Professor(a)**, em 08/01/2026, às 23:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Marco Antonio Escher, Professor(a)**, em 09/01/2026, às 14:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Documento assinado eletronicamente por **Mylene Cristina Santiago, Professor(a)**, em 15/01/2026, às 16:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Uff (www2.uff.br/SEI) através do Conferência de Documentos, informando o código verificador **2803092** e o código CRC **71A474C6**.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, que em inúmeros momentos abdicaram de suas próprias vidas pela minha.

Aos meus irmãos, que sempre me impulsionaram mesmo quando o cansaço me alcançava.

Ao meu namorado, pela acolhida e serenidade nos momentos de desespero.

Agradeço também a todos os professores que fizeram parte da minha trajetória durante este processo, em especial à minha orientadora, Profa. Dra. Liamara Scortegagna, pelo apoio, pela disponibilidade, pelas discussões e pelas reflexões que tanto contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa.

RESUMO

A inclusão de estudantes com Transtorno do Espectro Autista (TEA) na sala de aula regular tem se intensificado nos últimos anos. Embora amparada pela legislação brasileira, essa inclusão ainda enfrenta desafios para se concretizar de maneira efetiva, especialmente no que diz respeito ao acesso ao currículo com as adaptações necessárias. A disciplina de Matemática, frequentemente percebida como complexa, pode representar barreiras adicionais para estudantes com TEA. Nesse contexto, a Educação Matemática Inclusiva surge como uma alternativa pedagógica potente ao reconhecer as singularidades dos estudantes e oferecer estratégias que favorecem sua aprendizagem. Esta pesquisa teve como objetivo identificar e avaliar as contribuições da Realidade Aumentada (RA) no ensino de Geometria Espacial para estudantes com TEA. Utilizando uma abordagem qualitativa e fundamentada na metodologia *Design Science Research* (DSR), o estudo desenvolveu um Recurso Educacional Digital (RED) denominado “Ana e Pingo”, estruturado em três vídeos animados, articulados ao aplicativo Sólidos RA. O RED foi avaliado em duas etapas: por pesquisadoras da área de Educação Inclusiva e por professoras de apoio, além de ter sido aplicado em um estudo de caso com quatro estudantes com TEA. Os resultados evidenciaram que o uso da RA contribuiu significativamente para a visualização de conceitos abstratos como vértices, faces e arestas, promovendo maior engajamento, atenção e compreensão por parte dos alunos. A interação entre o ambiente virtual e o real se mostrou eficaz para tornar o aprendizado mais concreto, acessível e significativo. O RED demonstrou ser um recurso viável, gratuito e adaptável a diferentes contextos escolares, reforçando o papel da tecnologia como aliada da inclusão na Educação Matemática. Como Produto Educacional dessa pesquisa foi elaborado e validado o manual “TEARA- Inclusão na palma da mão” que orienta o uso de um Recurso Educacional Digital como estratégia para apoiar o ensino e a aprendizagem de Geometria Espacial por estudantes com Transtorno do Espectro Autista.

Palavras-chave: Educação Matemática. Transtorno do Espectro Autista. Educação Matemática Inclusiva. Geometria Espacial. Realidade Aumentada.

ABSTRACT

The inclusion of students with Autism Spectrum Disorder (ASD) in regular classrooms has intensified in recent years. Although supported by Brazilian legislation, this inclusion still faces challenges in being effectively implemented, especially with regard to access to the curriculum with the necessary adaptations. Mathematics, often perceived as a complex subject, can pose additional barriers for students with ASD. In this context, Inclusive Mathematics Education emerges as a powerful pedagogical alternative by recognizing students' individual differences and offering strategies that promote their learning. This study aimed to identify and evaluate the contributions of Augmented Reality (AR) in teaching Spatial Geometry to students with ASD. Using a qualitative approach grounded in the Design Science Research (DSR) methodology, the study developed a Digital Educational Resource (DER) called "*Ana e Pingo*," structured into three animated videos integrated with the *Sólidos RA* application. The DER was evaluated in two stages: by researchers in the field of Inclusive Education and by support teachers, and it was also applied in a case study with four students with ASD. The results showed that the use of AR significantly contributed to the visualization of abstract concepts such as vertices, faces, and edges, promoting greater student engagement, attention, and understanding. The interaction between the virtual and real environments proved effective in making learning more concrete, accessible, and meaningful. The DER proved to be a viable, free, and adaptable resource for different school contexts, reinforcing the role of technology as an ally of inclusion in Mathematics Education. As the Educational Product of this research, the manual "*TEARA – Inclusion in the Palm of Your Hand*" was developed and validated. The manual provides guidance on the use of a Digital Educational Resource as a strategy to support the teaching and learning of Spatial Geometry for students with Autism Spectrum Disorder.

Keywords: Mathematics Education. Autism Spectrum Disorder. Inclusive Mathematics Education. Spatial Geometry. Augmented Reality.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEE	Atendimento Educacional Especializado
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CDC	Centro de Controle e Prevenção de Doenças
Ciptea	Carteira de Identificação da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista
DSR	Design Science Research
DUA	Desenho Universal de Aprendizagem
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
MOA	Metodologia do Objeto de Aprendizagem
OA	Objeto de Aprendizagem
PCDs	Pessoas com Deficiência
PE	Produto Educacional
RA	Realidade Aumentada
RED	Recurso Educacional Digital
RSL	Revisão Sistemática de Literatura
TA	Tecnologia Assistiva
TEA	Transtorno do Espectro Autista
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
VA	Virtualidade Aumentada
RA	Realidade Aumentada
RED	Recurso Educacional Digital

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Princípios fundamentais da DUA	25
Figura 2 – Menu principal sólidos RA	32
Figura 3 – Visualização da pasta no Drive	33
Figura 4 – Cubo no modo visualização	34
Figura 5 – Pirâmide de base quadrada no modo planificação	34
Figura 6 – Eixo de coordenadas no modo criação	35
Figura 7 – Pentágono no módulo modelagem	35
Figura 8 Geoplano 3D no modo Geoplano	36
Figura 9 – Fluxograma do estudo da RSL	41
Figura 10 – Mapa dos elementos da DSR	56
Figura 11 – Mapeamento dos elementos da DSR da pesquisa (“Realidade aumentada como ferramenta de inclusão na Matemática: um estudo com estudantes com TEA”)	57
Figura 12 – Tela inicial do primeiro desenho	63
Figura 13 – Desenvolvimento do conteúdo do primeiro desenho	63
Figura 14 – Tela inicial do segundo desenho	64
Figura 15 – Desenvolvimento do conteúdo no segundo desenho	65
Figura 16 – Imagem da reprodução do poliedro no aplicativo Sólidos RA	65
Figura 17 – Tela inicial do terceiro desenho	66
Figura 18 – Desenvolvimento do conteúdo no terceiro desenho	67
Figura 19 – Atividade desenvolvida pela pesquisadora	68
Figura 20 – Atividade desenvolvida pela pesquisadora	69
Figura 21 – Atividade feita pelo Aluno 1	82
Figura 22 – Atividade feita pelo Aluno 1	84
Figura 23 – Atividade feita pelo Aluno 2	86
Figura 24 – Atividade feita pelo Aluno 2	88
Figura 25 – Atividade feita pelo Aluno 3	90

Figura 26 – Atividade feita pelo Aluno 3	92
Figura 27 – Atividade feita pelo Aluno 4	94
Figura 28 – Atividade feita pelo Aluno 4	96
Figura 29 – Atividade 1 feita pelos alunos da pesquisa	98
Figura 30 – Atividade 2 feita pelos alunos da pesquisa	99
Figura 31 – Atividade feita pelos alunos participantes da pesquisa	100
Figura 32 – Atividade feita pelos alunos participantes da pesquisa	101
Figura 33 – Atividade feita pelos alunos participantes da pesquisa	102
Figura 34 – Capa e-book “TEARA - Inclusão na palma da mão”	105
Figura 35 – Estrutura do manual	105
Figura 36 – Carta ao professor	106
Figura 37 – Sobre o Produto Educacional	107
Figura 38 – Embasamento teórico	107
Figura 39 – RED “Ana e Pingo”	108
Figura 40 – Apresentação do desenho	109
Figura 41 – Guia ao professor	109
Figura 42 – Atividades complementares	110
Figura 43 – Ao professor	110

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Critérios para a Revisão Sistemática de Literatura	38
Quadro 2 – Resultado da aplicação da <i>String</i> de busca nas bases de pesquisa...	39
Quadro 3 – Resultado da aplicação da String de busca nas bases de pesquisas	40
Quadro 4 – Trabalhos selecionados para análise	42
Quadro 5 – Contribuições dos trabalhos selecionados para a pesquisa	52

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA	20
2.1.1	Legislações sobre o TEA e Educação Inclusiva no Brasil	21
2.2	EDUCAÇÃO INCLUSIVA E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA INCLUSIVA	22
2.3	TECNOLOGIAS ASSISTIVAS	26
2.4	REALIDADE AUMENTADA	29
3	REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA: O QUE DIZEM AS PUBLICAÇÕES	CIENTÍFICAS 37
<hr/>		
3.1	DESCRIÇÃO DO PROCESSO PARA A RSL	37
3.2	O ESTADO DO CONHECIMENTO DOS TRABALHOS SELECIONADOS	43
4	METODOLOGIA	54
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	54
5	RECURSO EDUCACIONAL DIGITAL “ANA E PINGO” E ATIVIDADES	62
5.1	DESENHO ANIMADO 1: “ANA E PINGO EM REALIDADE AUMENTADA”	62
5.2	DESENHO ANIMADO 2: “ANA E PINGO EM POLIEDROS E SUAS PARTES”	64
5.3	DESENHO ANIMADO 3: “ANA E PINGO EM RELAÇÃO DE EULER”	66
5.4	ATIVIDADES PROPOSTAS	67
5.4.1	Atividade poliedros e suas partes	68
5.4.2	Atividade Relação de Euller	69
6	APRESENTAÇÃO DA ANÁLISE DOS DADOS	71
6.1	FASE 1 – PESQUISADORAS	71

6.1.1	Participantes	71
6.1.2	Aplicação do Questionário e Análise dos Dados	72
6.1.3	Síntese e ajustes realizados na fase 1	74
6.2	FASE 2: PROFESSORAS DE APOIO	75
6.2.1	Contexto e Participantes	75
6.2.2	Avaliação do Recurso Educacional Digital “Ana e Pingo”	76
6.2.3	Percepções sobre o uso da Realidade Aumentada	77
6.2.4	Abrangência e aplicabilidade do RED	77
6.2.5	Observações específicas sobre o desenho	78
6.2.6	Relação com os alunos acompanhados	79
6.2.7	Síntese e ajustes realizados na Fase 2	79
6.3	FASE 3: APLICAÇÃO DO RED COM OS PARTICIPANTES – ALUNOS COM TEA	80
6.3.1	Caracterização dos participantes	81
6.3.2	Contexto da aplicação	81
6.3.3	Descrição da aplicação	81
6.4	ANÁLISE DOS DADOS	97
6.4.1	Primeiro Encontro: interação com o aplicativo <i>Sólidos RA</i>	97
6.4.2	Segundo encontro: compreensão de poliedros e seus elementos	97
6.4.3	Terceiro encontro: aplicação da Relação de Euler	100
6.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	102
7	PRODUTO EDUCACIONAL “TEARA – INCLUSÃO NA PALMA DA MÃO”	104
7.1	DESCRÍÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	104
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	112
	REFERÊNCIAS	116
	APÊNDICE A – Elaboração do RED usando MOA	123

INTRODUÇÃO

O aumento do número de alunos com deficiências no ensino regular gerou a necessidade de adaptações e resultou no surgimento do conceito de Educação Inclusiva. Segundo Silva, Pedro e Jesus (2017), incluir significa proporcionar espaço para a expressão das diferenças, que devem ser vistas não como desigualdades, mas como uma afirmação do princípio de que todos são iguais em relação aos direitos humanos, à liberdade de expressão, à dignidade e às oportunidades.

Nesse contexto, a matemática é uma das áreas do conhecimento que está buscando a inclusão no processo educacional e pesquisando possibilidades para que todos possuam oportunidades. Dessa forma, surgiu o conceito de Educação Matemática Inclusiva, que tem se desenvolvido como um campo de debate científico sobre o ensino e a aprendizagem de Matemática, propondo pesquisas em favor de grupos socialmente marginalizados. Milli, Corrêa e Thiengo (2024) defendem que a matemática não é exclusividade de um grupo seletivo, mas pode ser aprendida por todos os estudantes em suas singularidades. Com isso, essa abordagem se tornou uma grande aliada no ensino de alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA).

O Transtorno do Espectro Autista caracteriza-se por ser um desenvolvimento acentuado prejudicado na interação social e na comunicação, além de um repertório restrito de atividades e interesses. Segundo Belisário Filho e Cunha (2010), as manifestações desse transtorno variam conforme o nível de desenvolvimento e a idade da pessoa. O nível de desenvolvimento intelectual em indivíduos com TEA é extremamente variável. Orrú (2012) afirma que, devido às características únicas desses alunos, é necessário que os professores adotem ações diferenciadas, transformando-se a partir de novos princípios que orientam seu papel como agentes de mediação.

Para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de Matemática para estudantes com TEA, as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) podem desempenhar um papel significativo, auxiliando de forma acessível, envolvente e adaptado às necessidades individuais de cada aluno. Dentre variadas tecnologias, enfatizamos nesta pesquisa a utilização da Realidade Aumentada (RA) como suporte para o ensino de matemática a esses alunos. Berenguer (2020) destaca que o uso da Realidade Aumentada tem demonstrado diversas vantagens, pois possibilita que indivíduos com TEA recebam tratamento em ambientes mais ecológicos e realistas,

os quais podem ser manipulados e adaptados às características específicas e variadas de crianças e adolescentes autistas.

A RA combina o mundo real com elementos virtuais, sobrepondo informações digitais ao ambiente físico. Essa tecnologia oferece oportunidade para fornecer estímulos terapêuticos personalizados, engajamento sensorial e reabilitação cognitiva (Anjos *et al.*, 2024). Na Educação, o uso de Realidade Aumentada melhora o aprendizado de formas tridimensionais, tornando a experiência mais dinâmica e interessante. Em vez de usar apenas objetos físicos como no método tradicional, também faz com que os alunos se tornem mais ativos no processo de aprendizagem devido à interatividade de suas aplicações, melhorando suas experiências e compreensão com o pensamento crítico e criativo (Saidin; Halim; Yahaya, 2015).

O Censo Escolar de 2023 traz informações importantes e alarmantes sobre matrículas na educação especial, dentre as quais estão as dos alunos com TEA. Das 1.771.430 matrículas na educação especial, a maior concentração está no Ensino Fundamental, com 62,90% (1.114.230) das matrículas. Em seguida, está a Educação Infantil, com 16% (284.847); e o Ensino Médio, que contabilizou 12,6% (223.258) dos estudantes. Do total de matrículas, 35,9% (636.202) são de estudantes com o Transtorno Espectro Autistas (Brasil, 2023).

Levando em consideração esses números de alunos autistas matriculados nas escolas, faz-se necessária uma Educação Inclusiva, que leve em consideração a individualidade de cada um. Para Mendes e Reis (2021), no Brasil, uma escola inclusiva é almejada por toda a comunidade escolar, mas isso só irá ocorrer quando houver de fato políticas educacionais gradativas, contínuas e sistemáticas.

A Lei de Inclusão (Lei 13.146/2015), de 6 de julho de 2015, determina que a educação constitui direito da pessoa com deficiência, assegurados sistema educacional inclusivo em todos os níveis e aprendizado ao longo de toda a vida, de forma a alcançar o máximo desenvolvimento possível de seus talentos e habilidades físicas, sensoriais, intelectuais e sociais segundo suas características, interesses e necessidades de aprendizagem (Brasil, 2015). Apesar disso, observa-se que as escolas não se adequaram. Muitas não possuem salas de recursos funcionais, professores com conhecimentos específicos no ensino, como Libras e sistema Braile por exemplo, conhecimento de Tecnologia Assistiva (TA), entre outros. A esse cenário, soma-se ainda a falta de estrutura física adequada.

Especificamente quanto ao ensino de Matemática para alunos com deficiência, verificam-se algumas adaptações, porém ainda há um longo caminho a seguir. Como atestam Viana e Manrique (2018), é necessária atualmente uma atenção da Educação Matemática na perspectiva inclusiva para o estudante na sua integralidade, observando não apenas suas necessidades, mas também as suas potencialidades para que, no futuro, a Educação Matemática seja atenta à diversidade humana para toda e qualquer discussão teórica, sendo dispensável anunciar explicitamente a sua perspectiva inclusiva.

Para os alunos com TEA, Takinaga e Manrique (2018) afirmam que o ensino de Matemática deve se adaptar a esses estudantes. Para isso, é preciso considerar as características desse público, efetuar as escolhas corretas dos materiais, recursos e estratégias para que estejam em consonância com as habilidades a serem desenvolvidas.

Ademais, a pesquisa ora apresentada traz as inquietações advindas da atuação da pesquisadora-autora deste trabalho em turmas de ensino regular que possuem estudantes com TEA. Isso porque, ao lecionar em salas de aula do Ensino Fundamental II, observamos que nelas não eram propagadas metodologias e tecnologias para incluir os alunos autistas, assim como capacitação para os professores que atuam.

Apesar da obrigatoriedade do acompanhamento de um especialista para discentes com TEA na sala de aula da rede pública, constatamos que poucos profissionais da área se preocupam ou possuem capacitação para fazer adaptações ou criação de estratégias e metodologias que atendam a especificidade de cada aluno. Especificamente no estado de Minas Gerais, conforme a Resolução 4.256 de 09 de janeiro de 2020, um professor especializado pode acompanhar até cinco estudantes caso tenha apenas uma turma de cada ano (Minas Gerais, 2020), o que dificulta ainda mais o processo de uma educação individualizada. Podemos citar o uso do Desenho Universal de Aprendizagem (DUA) como proposta para esse ensino individualizado. Segundo Zerbato e Mendes (2021), o plano educacional baseado no DUA visa ao planejamento do ensino e acesso ao conhecimento para todos os estudantes, considerando as especificidades individuais do aprendizado. Outra inquietação está no contexto de que normalmente esses estudantes estão na escola regular apenas para “socializar” e poucos professores se preocupam com a aprendizagem deles.

Sendo assim, este estudo busca responder a seguinte questão: De que maneira é possível potencializar o processo de ensino e aprendizagem de Geometria Espacial para crianças com Transtorno do Espectro Autista utilizando a tecnologia de Realidade Aumentada?

Alguns objetivos foram definidos para auxiliar responder à questão da pesquisa. Como objetivo geral, buscamos identificar e avaliar as contribuições da Realidade Aumentada para potencializar o processo de ensino e aprendizagem de Geometria Espacial em estudantes com o Transtorno do Espectro Autista. Como objetivos específicos, elencamos: a) analisar e identificar como as Tecnologias de Informação e Comunicação contribuem para o processo de ensino e aprendizagem de Matemática para estudantes com TEA; b) analisar como a Realidade Aumentada auxilia os alunos com TEA no ensino de Geometria Espacial; c) desenvolver e implementar Recursos Educacionais Digitais (RED) utilizando a Realidade Aumentada para alunos com TEA; e d) analisar e avaliar as contribuições do uso da RA no processo de ensino e aprendizagem a partir da aplicação do RED no ensino de Geometria Espacial para alunos com TEA.

A pesquisa possui uma abordagem de natureza qualitativa, a qual, para Bogdan e Biklen (2007), tem como característica a compreensão dos comportamentos a partir da perspectiva dos sujeitos da investigação, enfatizando a importância do contexto. Os autores defendem que a pesquisa qualitativa é um meio para entender fenômenos sociais em profundidade, além de valorizar o contexto em que os dados são coletados, reconhecendo que fatores culturais, sociais e históricos que influenciam as experiências.

Como metodologia para o desenvolvimento da pesquisa, utilizaremos o *Design Science Research* (DSR), uma abordagem metodológica que se concentra na criação e avaliação de artefatos projetados. A metodologia envolve etapas interativas de desenvolvimento, nas quais os artefatos são criados, testados e refinados com base no *feedback* e na avaliação. A DSR também contribui para o conhecimento científico com isso, aumentando o rigor e a qualidade das pesquisas.

Para a elaboração do artefato, usaremos a Metodologia do Objeto de Aprendizagem (MOA), criada por Scortegagna (2016), a qual é constituída por 5 fases, a saber: Análise, Projeto, Implementação, Revisão e Submissão/Publicação do recurso.

Os artefatos propostos, aqui denominados de Recursos Educacionais Digitais, possuem formato de vídeos com animações, abordando o tema Geometria Espacial e o uso da Realidade Aumentada para potencializar o processo de ensino e aprendizagem de alunos com Transtorno do Espectro Autista e, com ele, analisar como o uso da Realidade Aumentada pode contribuir com esse processo.

O público participante da pesquisa foi composto por três grupos distintos: o primeiro grupo formado por pesquisadores da área de Educação Especial com foco em estudantes com Transtorno do Espectro Autista; o segundo, por professores especialistas ou com formação em Educação Especial, que atuam diretamente no acompanhamento desses alunos em seu cotidiano escolar; e o terceiro, por estudantes com diagnóstico de TEA, regularmente matriculados do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental em uma escola pública do estado de Minas Gerais. Este último grupo participou ativamente das atividades propostas, utilizando os Recursos Educacionais Digitais e a tecnologia de Realidade Aumentada desenvolvidos no âmbito da pesquisa.

Para a coleta de dados, adotamos estratégias específicas para cada grupo. No primeiro grupo, foram aplicados questionários elaborados no *Google Forms* e disponibilizados *online*; no segundo, aplicamos entrevistas semiestruturadas; e, no terceiro grupo, realizamos a observação do uso dos RED e a análise dos resultados obtidos a partir das atividades desenvolvidas com os estudantes.

A estrutura da pesquisa comprehende oito capítulos. O primeiro apresenta uma visão geral do tema, incluindo a justificativa e a motivação para a discussão, além de detalhar a questão de pesquisa, os objetivos gerais e específicos, bem como a metodologia adotada.

O segundo capítulo pormenoriza a fundamentação teórica, trazendo o conceito de Transtorno do Espectro Autista e como seu diagnóstico foi evoluindo até os dias atuais. Na sequência, apresentamos as leis que regem as escolas de ensino regular no Brasil com o objetivo de incluir os alunos com autismo nas salas de aula regulares. Após essa contextualização, nos aprofundamos acerca do conceito a Educação Inclusiva, também da temática da Educação Matemática Inclusiva e como essa se caracteriza. Finalizamos o capítulo com a apresentação dos temas Tecnologias Assistidas e Realidade Aumentada.

O terceiro capítulo traz uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) com o intuito de apresentar as pesquisas publicadas sobre a temática deste estudo com foco no ensino de Matemática com uso das tecnologias para crianças com TEA.

Já no quarto capítulo, descrevemos a metodologia proposta para o desenvolvimento da pesquisa.

No quinto capítulo, apresentamos o RED “Ana e Pingo”, vídeo com desenho animado que trabalha os conteúdos de Geometria Espacial com o auxílio da Realidade Aumentada e ensina os alunos a utilizar o aplicativo de RA. Também detalhamos as atividades desenvolvidas para a aplicação com os estudantes durante a pesquisa.

No sexto capítulo, descrevemos as três fases da pesquisa: na Fase 1, o Recurso Educacional Digital foi apresentado e analisado por três pesquisadoras da área; já na Fase 2, o RED foi avaliado por três professoras de apoio; e, por fim, na Fase 3, o recurso foi apresentado a quatro alunos com Transtorno do Espectro Autista, público-alvo desta pesquisa. Após essa etapa, realizamos a análise dos dados obtidos na Fase 3.

O capítulo sete apresenta o Produto Educacional desenvolvido nesta pesquisa, requisito previsto no âmbito do Mestrado Profissional. Esse produto é composto pelo Recurso Educacional Digital, orientações de uso, sequência de atividades e sugestões complementares. O RED foi elaborado para favorecer a compreensão da Geometria Espacial por meio da interação e visualização de poliedros no aplicativo *Sólidos RA*, integrando a linguagem do desenho animado à prática pedagógica. No oitavo e último capítulo, trazemos as considerações finais desta dissertação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico deste trabalho inicia-se pela abordagem do tema Transtorno do Espectro Autista (TEA) e como seu diagnóstico foi evoluindo até os dias atuais, tendo como base os escritos de Orrú (2012) e Cunha *et al.* (2021). Ademais, apresentamos as leis sobre a inclusão de alunos com TEA nas salas regulares que foram empregadas e que direcionam as escolas no Brasil.

Na sequência, abordamos as temáticas, Educação Inclusiva e Educação Matemática Inclusiva pautadas por Camargo (2017), Silva, Pedro e Jesus (2017), Mantoan (2015), Fernandes (2017) e Takinaga e Manrique (2018).

Para fechar o Capítulo 2, apresentamos o tema tecnologias e o uso da Realidade Aumentada para alunos com TEA, com base em Sales e Kenski (2021), Brasil (2018), Bersch (2008), Bersch e Schirmer (2005), Fraz (2018), Grützmann, Lebedeff e Alves (2019), Frazão *et al.* (2020), Carvalho e Cunha (2019), Milgram *et al.*, 1994, Camargo *et al.* (2014), Escobedo *et al.* (2014), Liu *et al.* (2017), Silva (2018), Balog e Ribeiro (2020), Alves, Faceroli e Xavier (2022) e Silveira *et al.* (2020).

2.1 TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA

Autismo é um termo empregado pela psiquiatria para nomear comportamentos humanos reunidos ao redor de si mesmos, replicados para a própria pessoa. Esse termo tem sua origem na palavra grega *autos*, que quer dizer por si mesmo (Orrú, 2012).

Em 1911, Bleuler, psiquiatra suíço, defendia que o autismo era mais um sintoma da esquizofrenia. Ademais, enfatizava a danificação emocional no quadro clínico da esquizofrenia, ressaltando o autismo com relação à realidade do que ao contato afetivo. Na década de 40, Léo Kanner, psiquiatra austríaco, diferenciava o distúrbio autista do grupo das esquizofrenias. Desde o início, constatou que, apesar de o esquizofrênico se isolar do mundo, havia uma grande diferença em relação ao autista, pois este jamais conseguiu, sequer, penetrar nesse mundo mencionado por Bleuler (Orrú, 2012).

Kanner sempre destacava como características dos autistas as dificuldades no relacionamento com as pessoas, a obsessão por objetos, o apego à rotina, as

alterações no desenvolvimento da linguagem, o mutismo, além de salientar que era possível perceber essas particularidades nos dois primeiros anos de vida da criança. (Orrú, 2016).

Em 1986, Gauderer, psiquiatra brasileiro, defendeu o Transtorno do Espectro Autista como uma doença crônica, como se fosse um mal incurável e inabilitável, de origem orgânica, com fatores neurológicos de deteriorização interacional. Em 1995, Sacks, neurologista anglo-americano, reafirma que o autismo tem uma ligação com a esquizofrenia consoante era proposto no início das investigações. Ademais, afirma ainda que o autismo pode ser adquirido com o passar dos anos (Orrú, 2012).

Atualmente, a Organização Mundial de Saúde (OMS) define o TEA como uma condição de saúde caracterizada por desafios em habilidades sociais, comportamentos repetitivos, fala e comunicação não-verbal. Entretanto, terapias adequadas a cada caso podem auxiliar essas pessoas a melhorar sua relação com o mundo. Nesse contexto, Cunha (2021) enfatiza que, para identificar uma criança com TEA, é fundamental observar se ela apresenta déficits na comunicação e na interação social, padrões repetitivos e restritos de comportamento, além de outros sintomas que surgem durante o desenvolvimento. Com isso, tornou-se mais efetivo o diagnóstico de pessoas autistas.

De acordo com o Centro de Controle e Prevenção de Doenças (CDC), em 2023, o Brasil teria uma população estimada de 5.641.132 autistas. O número significativo de pessoas diagnosticadas com autismo vem crescendo. Com isso, faz-se necessário criar e implementar leis que assegurem os direitos delas. Nesse sentido, apresentamos as principais leis que regem o Brasil quanto às pessoas portadoras do Transtorno do Espectro Autista.

2.1.1 Legislações sobre o TEA e Educação Inclusiva no Brasil

Em 2012, a Lei nº 12.764, de 27 de dezembro de 2012, passou a considerar o Transtorno do Espectro Autista como uma deficiência, para todos os efeitos legais. Em relação a essa lei, destacam-se os seguintes pontos:

- garantia do direito à inclusão escolar em instituições de ensino regular às pessoas com autismo;

- necessidade de capacitação dos servidores públicos para atendimento relativos ao TEA;
- diagnóstico gratuito e precoce nos postos de saúde;
- determinação de que a recusa pelas escolas da matrícula de um aluno com Transtorno do Espectro Autista, ou qualquer outro tipo de deficiência, será punido com multa de 3 (três) a 20 (vinte) salários-mínimos;
- acessibilidade física e pedagógica em todas as instituições de ensino e apoio individualizado e adaptação razoável conforme as necessidades de cada aluno (Brasil, 2012).

Assim, faz-se obrigatória a presença das crianças com TEA nas escolas regulares de ensino. No caso das instituições públicas, com acompanhamento dos professores especializados (Brasil, 2012).

Em 2015, a Lei 13.146, de 06 de julho de 2015, nomeada Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência, evidencia que é dever do Estado, da família, da comunidade escolar e da sociedade assegurar educação de qualidade à pessoa com deficiência, colocando-a a salvo de toda forma de violência, negligência e discriminação. Ademais, também entra nesse rol o compromisso de aprimoramento dos sistemas educacionais visando a garantir condições de acesso, permanência, participação e aprendizagem por meio da oferta de serviços e de recursos de acessibilidade que eliminem as barreiras e promovam a inclusão plena.

A Lei 13.146/2015 tem o intuito de assegurar e promover, em condições de igualdade, os direitos das pessoas com deficiência, visando à sua inclusão social e de cidadania. Além da Educação Inclusiva em escolas regulares, sem discriminação e apoio individualizado e adaptação razoável conforme as necessidades de cada aluno e adaptação de material pedagógico e garantias de acessibilidade assim como de suporte individualizado, como profissionais de apoio para alunos com necessidades específicas (Brasil, 2015).

Todavia, em 2020, a Lei 13.977, de 08 de janeiro de 2020, denominada Romeo Mion, é estabelecida com o objetivo principal de criar a Carteira de Identificação da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista (Ciptea), de expedição gratuita, além de determinar que os estabelecimentos públicos e privados poderão valer-se da fita quebra-cabeça, símbolo mundial da conscientização do Transtorno do Espectro Autista, para identificar a prioridade devida às pessoas com TEA. Com relação à

Educação Inclusiva em escolas regulares para pessoas com TEA, reforça o direito à convivência em ambientes comuns e à participação nas atividades escolares (Brasil, 2020).

As legislações citadas têm como foco estabelecer os direitos como saúde, vida social, trabalho e, principalmente, acesso à educação assegurados pelo governo. Nesse sentido, destaca-se a presença obrigatória das crianças com TEA em escolas regulares com acompanhamento especializado, além de aperfeiçoamento dos profissionais de educação para se fazer uma Educação Inclusiva nas escolas. No Brasil, há 636 mil alunos com TEA segundo dados do Censo Escolar 2023, divulgado em 22 de fevereiro de 2024 (Inep, 2024). Já no estado de Minas Gerais, encontram cerca de 21 mil estudantes matriculados nas escolas estaduais (Inep, 2024).

Com esses números, faz-se necessário um ensino que inclua a todos no contexto da escola regular, tornando-se imprescindível a Educação Inclusiva e, no caso da Matemática, uma Educação Matemática Inclusiva como veremos a seguir.

2.2 EDUCAÇÃO INCLUSIVA E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA INCLUSIVA

A inclusão hoje é muito discutida no contexto educacional, mas poucos sabem o que tal expressão quer dizer. Segundo Camargo (2017, p. 1), a inclusão é “[...] uma prática social que se aplica no trabalho, na arquitetura, no lazer, na educação, na cultura, mas, principalmente, na atitude e no perceber das coisas, de si e do outrem”.

No ambiente escolar, a inclusão deve ocorrer para todos os estudantes de forma igualitária. O termo Educação Inclusiva se refere ao ensino de forma igualitária, levando em consideração as especificidades de cada indivíduo como lembram Silva, Pedro e Jesus (2017):

A proposta de Educação Inclusiva efetiva-se prioritariamente através de turmas mistas, na qual todos os alunos, com ou sem necessidades especiais, devem estar inseridos em uma mesma turma. Integração esta, pilar central deste novo modelo de educação e ao mesmo tempo, o cerne das principais polêmicas, dificuldades e resistência para sua implantação. Parece difícil compreender que a escola deve ser igual para todos e diferente para cada um. (Silva; Pedro; Jesus, 2017, p. 6).

Conforme a inclusão é feita nas escolas, observa-se que todos os alunos são

beneficiados como destaca Mantoan (2015):

As escolas inclusivas propõem um modo de organização do sistema educacional que considera as necessidades de todos os alunos e que é estruturado em função dessas necessidades. Por tudo isso, a inclusão implica uma mudança de perspectiva educacional, pois não atinge apenas alunos com deficiência e os que apresentam dificuldades de aprender, mas todos os demais, para que obtenham sucesso na corrente educativa geral. (Mantoan, 2015, p. 16).

As escolas regulares, que, devido às leis citadas anteriormente, são também inclusivas, apresentam dificuldades em se adequar a essa realidade, provocando uma crise escolar, uma crise de identidade institucional, que por sua vez, abala a identidade dos professores e faz com que seja ressignificada a identidade do aluno (Mantoan, 2015). No contexto da Educação Inclusiva, o ensino da matemática apresenta desafios específicos, especialmente quando se trata de alunos com TEA.

Com o intuito de alcançar uma Educação Inclusiva e tendo em destaque o fato de que os estudantes com Transtorno do Espectro Autista possuem características próprias, faz-se necessário o ensino individualizado da Matemática. Para Skovsmose (2019), existem duas interpretações para Educação Inclusiva e Educação Matemática Inclusiva:

Uma das interpretações para Educação Inclusiva e Educação Matemática Inclusiva é bastante específica. Ela refere-se aos desafios de incluir na sala de aula convencional alunos com deficiências visuais, alunos surdos, alunos com transtorno do espectro autista etc. Essa interpretação específica é bem predominante no Brasil, e sustenta uma política educacional para incluir crianças com deficiência nas escolas públicas. (Skovsmose, 2019, p. 17-18).

Levando-se em conta o número crescente de alunos diagnosticados com TEA nas escolas regulares conforme atestam os dados citados anteriormente, a Educação Matemática Inclusiva se faz necessária nas salas de aula apesar da resistência de muitos profissionais como destaca Moreira (2015):

Embora o termo inclusão nos pareça bastante familiar, podendo ser aplicado a distintos contextos, parece que para muitos professores, principalmente os de Matemática, o sentido etimológico da palavra não pertence à sua sala de aula ou à escola regular, negando a uma quantidade significativa da população oportunidades de acesso à

Educação, à convivência social, aos serviços, entre outros direitos imprescindíveis para aqueles que vivem em sociedade. (Moreira, 2015, p. 6).

A inclusão é uma realidade nas escolas embora haja objeção de uma parcela considerável de professores e funcionários que atuam no nelas. Tal cenário demonstra o contraste entre os discursos verbalizados e a realidade escolar. Esse comportamento amplia a exclusão dos alunos que necessitam de um aprendizado individualizado, o que compromete a educação oferecida nas escolas. Essa postura mostra a importância de transformação das escolas regulares, principalmente em práticas pedagógicas que de fato sejam inclusivas como ressalta Fernandes (2017):

A Educação Especial na perspectiva inclusiva, no Brasil, vem se construindo historicamente, acompanhando os processos legais e os apelos sociais. No entanto, apesar de sua especificidade, ela não tem se organizado com e para seus atores. Nesse sentido, a reflexão passa a situar-se nas condições educacionais, nas mudanças que as escolas regulares precisam realizar e na provisão dos recursos humanos e materiais para que todos os alunos recebam uma educação de qualidade. Essas mudanças referem-se à infraestrutura, aos recursos didáticos, às estratégias pedagógicas e até ao próprio currículo utilizado em situações de ensino e de aprendizagem. (Fernandes, 2017, p. 82).

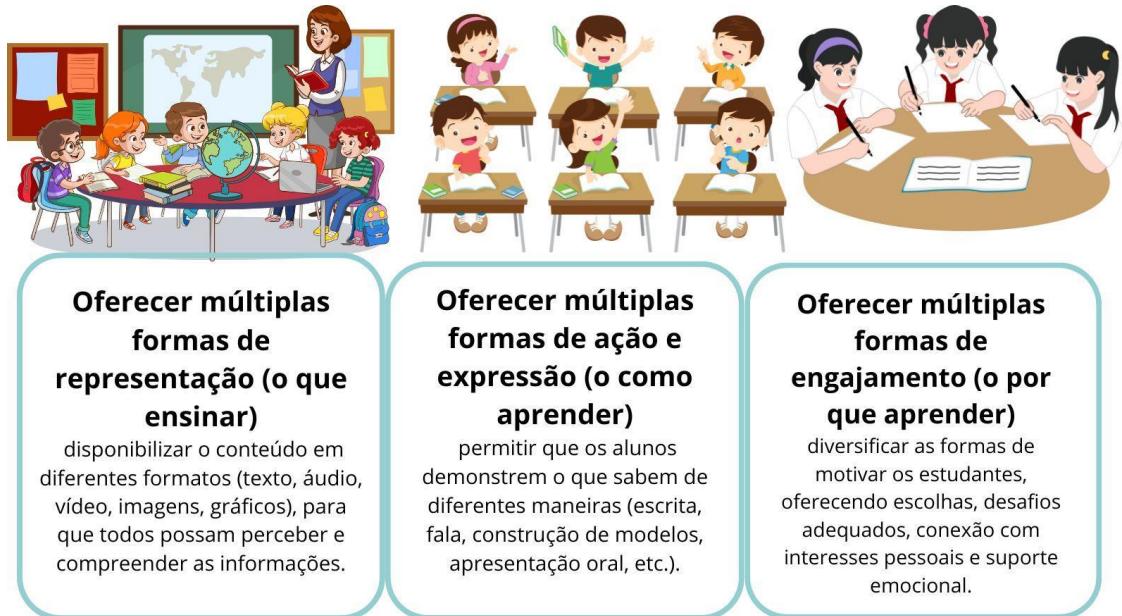
Para esse processo, destaca-se o uso do Desenho Universal de Aprendizagem, que visa a um ensino mais inclusivo, flexível e acessíveis a todos os alunos, considerando desde o início a diversidade de estilos de aprendizagem, habilidades, interesses e necessidades. A esse respeito, Pletsch *et al.* (2021) afirmam:

O DUA possibilita acesso de todos ao currículo, independentemente de suas condições, respeitando as particularidades e os talentos dos estudantes, a partir do uso de estratégias pedagógicas/didáticas e/ou tecnológicas diferenciadas, incluindo a tecnologia assistiva. (Pletsch *et al.*, 2021, p. 20).

O DUA se baseia em três fundamentos: 1) os alunos devem receber e perceber informações de maneiras diferenciadas, atendendo às suas necessidades e preferências de aprendizado; 2) deve-se oferecer aos alunos diferentes formas de interagir com o conteúdo e de demonstrar o que entendem; 3) deve-se promover o envolvimento e a motivação, tornando o aprendizado relevante, interessante e significativo para todos os alunos. Na Figura 1 a seguir, apresentam-se os três

fundamentos da DUA:

Figura 1 – Princípios fundamentais da DUA



Fonte: Dados da pesquisa baseado em Pletsch (2021).

Com o uso da DUA, as aulas devem ser planejadas, e o ensino deve levar em consideração as especificidades individuais de cada indivíduo como destacam Zerbato e Mendes (2021):

A proposta de ensino baseada no DUA visa ao planejamento do ensino e acesso ao conhecimento para todos os estudantes. Ela considera as especificidades individuais do aprendizado, pressupõe que todos os indivíduos são diferentes e possuem ritmos e estilos variados para aprender. (Zerbato; Mendes, 2021, p. 4).

O DUA fornece um direcionamento para professores na elaboração de práticas e estratégias que foquem na acessibilidade na busca de caminhos educacionais para o aprendizado sem barreiras. No entanto, poucos profissionais o conhecem, e o que estes ressaltam é o desafio que têm enfrentado para planejar e organizar aulas e dinâmicas com o conteúdo de matemática para alunos com necessidades educativas diferenciadas, pois a matemática é abstrata e de difícil visualização para esses estudantes. De modo especial, os alunos com TEA necessitam de uma aula que

condiga com as características que esses apresentam, principalmente pelo problema da alfabetização matemática, tendo em vista os diferentes níveis de estudantes com TEA. Nesse sentido, Takinaga e Manrique (2018) definem:

Para que estas atividades contribuam para o processo de ensino e aprendizagem da Matemática de alunos com TEA, é preciso considerar as características deste público, efetuar as escolhas corretas dos materiais, recursos e estratégias para que estejam em consonância com as habilidades a serem desenvolvidas. (Takinaga; Manrique, 2018, p. 500).

Apesar de os alunos com TEA frequentarem o Atendimento Educacional Especializado (AEE), ainda há um longo caminho a percorrer, visto que pouco se fala sobre o termo Educação Matemática Inclusiva nas escolas. A esse contexto, soma-se a pouca divulgação das metodologias e tecnologias assistivas que podem ser aplicadas nas salas de aula, o que acaba afetando a inclusão dos alunos e tornando o ensino excludente como demonstrado na Revisão Sistemática de Literatura realizada e que será apresentada no capítulo 3 desta dissertação.

2.3 TECNOLOGIAS ASSISTIVAS

O uso de tecnologias está cada vez mais presente no cotidiano das pessoas. Esse processo também é vivenciado pela comunidade escolar. Nas escolas, as tecnologias aparecem para auxiliar no ensino e aprendizagem dos alunos, e os professores devem utilizá-la como aliada conforme destacam Sales e Kenski (2021):

As tecnologias digitais viabilizam a oferta de currículos abertos, formações auto gerenciadas se formas diferenciadas de aprendizado coletivo que, acopladas ao ensino formal oferecido pelas instituições, podem se abrir para aprendizagens inovadoras e necessárias. (Sales; Kenski, 2021, p. 34).

No Brasil, atualmente, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) orienta as escolas quanto ao conjunto de aprendizagens, competências e habilidades que os alunos devem desenvolver durante a Educação Básica. Nesse documento, destaca-se o uso das tecnologias para auxiliar a vida dos estudantes dentro e fora da escola, observando que é necessário a relação com o currículo escolar e tecnologias:

Competência 5: Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de

informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva. (Brasil, 2018, p. 9, grifo no original).

Com relação a alunos com deficiência, a BNCC destaca que o ensino exige um planejamento com foco na equidade. Também exige um claro compromisso de reverter a situação de exclusão histórica que marginaliza grupos, além de reconhecer a necessidade de práticas pedagógicas inclusivas e de diferenciação curricular, conforme estabelecido na Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência – Lei nº 13.146/2015 (Brasil, 2018).

Ressalta-se que o ensino deve ser inclusivo. Nesse caso, destacamos a tecnologia como auxiliar para esse processo – no contexto desta pesquisa, o destaque é para o uso das Tecnologias Assistivas (TA). No Brasil, a TA é definida como uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade relacionada à atividade e à participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando à sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social conforme aprovou o Comitê de Ajudas Técnicas em dezembro de 2007 (Bersch, 2008). Segundo Bersch e Schirmer (2005), a TA é composta por recursos e serviços, sendo estes últimos destinados a avaliar, prescrever e orientar a utilização da TA visando a fornecer maior independência funcional à pessoa com deficiência na atividade de seu interesse.

Com o objetivo de propiciar essa independência dos alunos com deficiências, as Tecnologias Assistivas surgem como meio de ajuda no processo de ensino e aprendizagem do Ensino de Matemática para todos os estudantes com “[...] materiais concretos, representações gráficas em relevo ou utilização de softwares especiais, para o benefício de todos os alunos” (Fraz, 2018, p. 533).

Como exemplos de tecnologias desenvolvidas para discentes com deficiência, podemos citar a coletânea de videoaulas desenvolvidas pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel), denominada MATHLIBRAS¹. Conforme elucidam Grützmann, Lebedeff e Alves (2019), essa sequência vídeos tem como principal objetivo ensinar soma e subtração para alunos surdos:

¹ Disponível em: <https://seer.faccat.br/index.php/redin/article/view/1539>.

Por isso, nos vídeos do MathLibras são utilizados personagens e animações que contextualizam a explicação do conceito matemático. Assim, as vídeo aulas abordam uma história, contada somente em Libras e, com o áudio gravado “em off”, pensando em professores e pais que estão no processo de aquisição da Libras e demais interessados na área que não tenham conhecimento da língua. (Grützmann; Lebedeff; Alves, 2019, p. 9, grifo no original).

Já para alunos com deficiência visual, destaca-se o DOSVOX, um sistema operacional para microcomputadores que se comunica com os usuários através da síntese de voz e foi criado pelo Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

O DOSVOX se destaca porque é destinado a auxiliar os estudantes com deficiência visual a usar o computador, executando tarefas como edição de textos, leitura/audição de textos anteriormente transcritos, utilização de ferramentas de produtividade faladas, além de disponibilizar diversos jogos. O sistema fala através de um sintetizador de som de baixo custo, que é acoplado a um computador. Como destacam Frazão *et al.* (2020, p. 85.082), “[...] O DOSVOX é uma ferramenta que contribui e facilita os trabalhos com alunos com Deficiência Visual, é um sistema operacional para microcomputadores que se comunica com os usuários através da síntese de voz”.

Existem muitas outras TA que auxiliam as pessoas com algum tipo de deficiência. Por exemplo, para ajudar na mobilidade, existem as bengalas, muletas, andadores, cadeiras de rodas manuais ou elétricas e próteses; para auxiliar no dia a dia, existem talheres modificados, suportes para utensílios domésticos, roupas desenhadas para facilitar o vestir e despir, abotoadores, velcro entre outros. Também se destacam recursos de acessibilidade ao computador, como teclados modificados, teclados virtuais com varredura, mouses especiais e acionadores diversos, software de reconhecimento de voz, dispositivos apontadores que valorizam movimento de cabeça, movimento de olhos, entre outros.

Ademais, ainda existem jogos classificados como TA que facilitam o ensino e aprendizagem dos estudantes. Aqui, destacamos o jogo ABC Autismo Animais², que tem como objetivo auxiliar no processo de alfabetização de crianças autistas por meio de telas, elementos e cenários agradáveis e comuns ao seu dia a dia. Esse jogo é dividido em quatro níveis. Nos dois primeiros, a tela é dividida ao meio; na primeira

² Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.logicappkids>.

parte, aparece um animal e, na segunda, a sombra que corresponde a esse animal. A criança deve mover o animal até a sombra; conforme o nível do jogo aumenta, mais animais aparecem na tela. No terceiro nível, aparece o animal com partes faltando, como o olho, a pata, e essas partes aparecem do outro lado da tela. Assim, o aluno deve encaixar as partes do animal corretamente para montar a figura. Já no último nível, aparece a figura do animal e o seu nome embaixo; do lado, aparecem as letras do nome embaralhadas, e o aluno deve completar corretamente o nome do animal (Carvalho; Cunha, 2019).

A Tecnologia Assistiva surge como possibilidade de independência dos alunos, aliada à Realidade Aumentada, que surge como uma tecnologia promissora para terapias e treinamento de habilidades funcionais. Aqui, destacamos o uso da Realidade Aumentada, pois essa será utilizada nesta pesquisa. Na seção a seguir, apresentamos a Realidade Aumentada e como está pode colaborar na Educação Inclusiva.

2.4 REALIDADE AUMENTADA

A Realidade Aumentada surge como uma possível Tecnologia Assistiva na Educação Inclusiva. Para Wu *et al.* (2012, p. 2), ao conectar “[...] os mundos virtual e real, a Realidade Aumentada cria uma realidade que é aprimorada e aumentada”. Ademais, os autores destacam que a coexistência de objetos virtuais e ambientes reais permite que os alunos visualizem relações espaciais complexas e conceitos abstratos.

Nas salas de aula, o uso dessa tecnologia pode contribuir para ensino e aprendizagem, pois favorece a representação dos conteúdos como defendem Cardoso *et al.* (2014):

Esse processo se torna possível e evidente diante da utilização do computador, e mais especificamente o uso da Realidade Aumentada, que hoje vem ganhando destaque em diversas áreas do conhecimento. A utilização dessa tecnologia estimula e facilita a aquisição do conhecimento por parte do praticante, ajuda o docente em suas práticas educacionais além de possibilitar diversas maneiras de ensinar. O uso desta metodologia se adapta muito bem a conteúdos onde a abstração necessitada pelos alunos se torna muito complexa. (Cardoso *et al.*, 2014, p. 331-332).

Os estudos do uso da RA no progresso educacional de crianças com TEA vêm sendo desenvolvidos com o passar dos anos conforme afirmam Escobedo *et al.* (2014). Os autores enfatizam que o uso da Realidade Aumentada aprimora os objetivos da terapia com interação fácil e movendo potencialmente a terapia de longe da mesa para o ambiente onde as crianças vivem e interagem. E, o mais importante, sem que precisem de ajuda. Além de simplesmente começaram a se concentrar na terapia, isso demonstra como a Realidade Aumentada é uma ferramenta útil para promover o engajamento durante as terapias para crianças com autismo.

Da mesma forma, Liu *et al.* (2017) destacam que algumas das tecnologias mais promissoras para aprofundar e refinar novos paradigmas para entender a comunicação social em pessoas com TEA incluem Realidade Aumentada. Os autores afirmam que alguns estudos assinalam que o uso precoce de intervenções de RA em crianças com TEA pode ajudar na sua comunicação e interações sociais por meio de melhorias na comunicação não verbal, engajamento social e contato visual.

Algumas análises sobre o uso de RA para o ensino de crianças com TEA vêm sendo feitas, mas ainda há dificuldade em saber como essa tecnologia pode ser associada à realidade do discente como evidência Silva (2018):

Visto que ainda é considerada uma tecnologia em desenvolvimento, a Realidade Aumentada enfrenta barreiras como a falta de acesso, capacitação técnica e poucas aplicações já disponíveis. Porém, mesmo estando apenas no limiar do desenvolvimento vem demonstrando interesse de pesquisadores e instituições de ensino em todo o mundo. (Silva, 2018, p. 12).

No Brasil, algumas pesquisas se destacam pelo desenvolvimento de aplicativos e softwares que utilizam a Realidade Aumentada. É o caso do *LetRA*, aplicativo desenvolvido por Balog e Ribeiro (2020) para auxiliar na alfabetização de crianças com TEA. Ele é composto por uma aplicação em Realidade Aumentada e livro didático com ilustrações contendo informações complementares. Cada folha do livro contém, em uma de suas faces, ilustrações que remetem às letras do alfabeto. Ao se apontar o dispositivo móvel para a página, por meio do aplicativo de Realidade Aumentada, a ilustração atua como referência para ativar eventos dentro do jogo que, quando acionados, mostram modelos tridimensionais de objetos com nome iniciado pela letra em foco.

Os pesquisadores Alves, Faceroli e Xavier (2022) desenvolveram um jogo para o Ensino de Matemática com a Realidade Aumentada. Este foi elaborado em duas etapas: a primeira trata do reconhecimento dos símbolos numéricos, ou seja, deseja-se que a criança possa compreender a correlação entre um numeral e o número que ele representa; já a segunda etapa tem por objetivo apresentar as operações de soma e subtração. Por se tratar de um jogo de Realidade Aumentada, ao ser acionado, o cenário aparece no ambiente. Esse cenário é composto por barris coloridos com numerais de 0 a 9, inseridos em um ambiente bucólico com pássaros, borboletas e outros pequenos animais, além de uma mira no centro da tela e botões ao redor da tela, cada botão com sua determinada função: um botão para reiniciar o jogo, um botão para modificar o modo de jogo e um botão para acertar os barris.

Ribeiro, Guterres e Silveira (2020, p. 55) trazem a discussão do ensino de Geometria Espacial com o auxílio da Realidade Aumentada. Nesse sentido, afirmam que “[...] o ensino da Geometria Espacial pode ser beneficiado com a adoção de aplicativos em dispositivos móveis que exploram a realidade aumentada na visualização espacial”. Os autores destacam que existem no mercado aplicativos que podem ser utilizados para esse ensino, como o *GeometriAR*³, *Polyèdres augmentés*⁴ e *Geometrix*⁵. Ademais, salientam que só a tecnologia não é suficiente, os professores devem propor práticas que possam unir a tecnologia aos conteúdos e atividades em sala de aula.

Após conhecer alguns aplicativos, optamos por usar em nossa pesquisa o *Sólidos RA*⁶, que foi desenvolvido por Amorim (2022), aluno do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES). O aplicativo está disponível somente para dispositivos *Android*. O *Sólidos RA* apresenta cinco funcionalidades ou módulos: Visualização, Planificação, Criação, Modelagem e Geoplano, exibidos em sua tela inicial, conforme ilustrado na Figura 2:

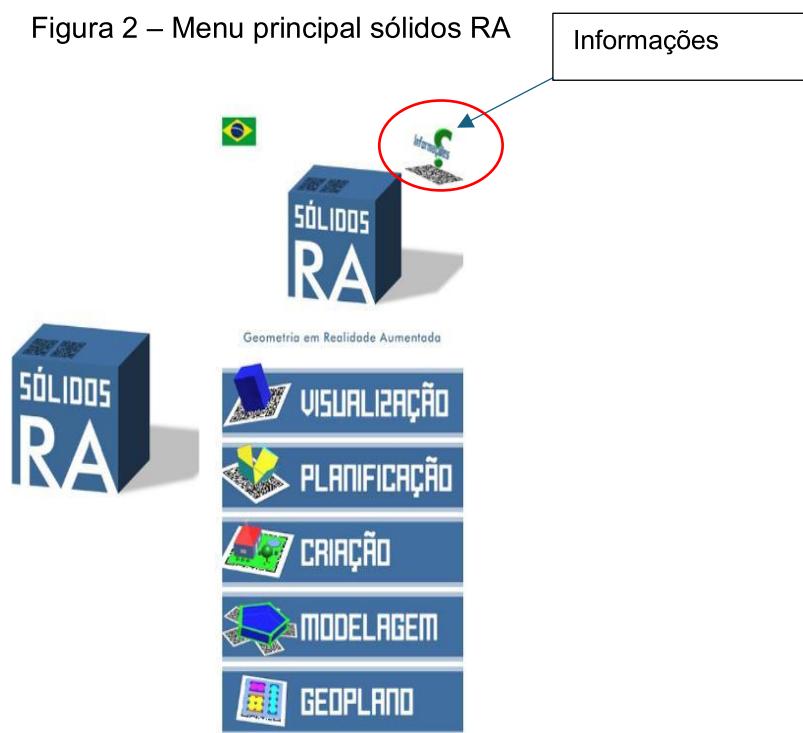
³ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.AllMake.GeometriaRAFree>.

⁴ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.miragestudio.polygons>.

⁵ <https://www.geometrix.com/>.

⁶ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.LuMuGames.SolidosRA>.

Figura 2 – Menu principal sólidos RA



Fonte: Aplicativo Sólidos RA.

Na tela inicial do aplicativo, no canto superior direito, deve-se clicar na opção “Informações”. Nessa seção, encontra-se o *link* que direciona para a pasta do *Google Drive*, onde estão disponíveis, atualmente, 42 QR Codes organizados por módulos: visualização, planificação, criação, modelagem e geoplano conforme ilustrado na Figura 3.

É necessário que o(a) professor(a) imprima os QR Codes correspondentes (Figura 3), pois os usuários deverão escaneá-los durante o uso do aplicativo para acessar as atividades relacionadas, é importante destacar que os QR Codes funcionam apenas com a utilização do aplicativo *Sólidos RA*:

Figura 3 – Visualização da pasta no Drive

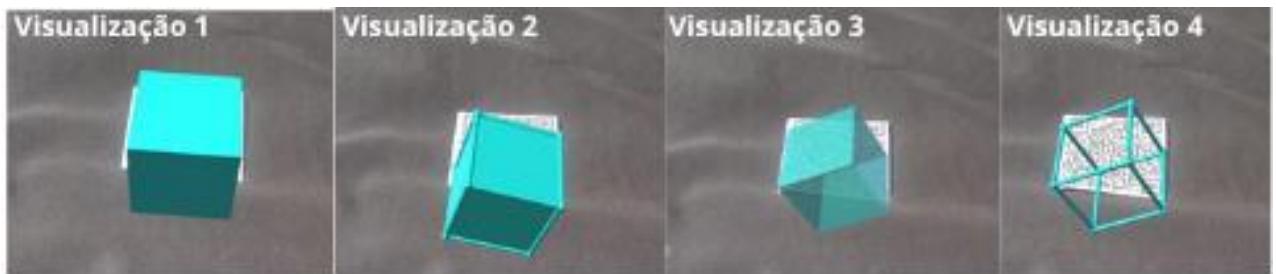


Fonte: Aplicativo Sólidos RA.

Ao direcionar a câmera do dispositivo móvel para o QR Code 1, o modelo tridimensional de um cubo é exibido na tela. É possível realizar diversas interações com esse objeto: a) o gesto de abrir ou fechar os dedos sobre a tela (movimento de pinça) permite ampliar ou reduzir o tamanho do cubo; b) ao pressionar a tela com o dedo indicador e movimentá-la com o polegar, o cubo gira em diferentes eixos, possibilitando a observação de suas faces sob diferentes ângulos.

No lado esquerdo da interface do aplicativo, há uma barra contendo diferentes ícones. O último ícone dessa barra permite alternar entre modos de visualização do poliedro. Por exemplo, a visualização 3 mostra apenas as arestas e vértices do cubo, enquanto a visualização 4 exibe vértices, arestas e faces, oferecendo uma representação mais completa da estrutura do sólido. Essa diferença pode ser observada na última imagem da Figura 4:

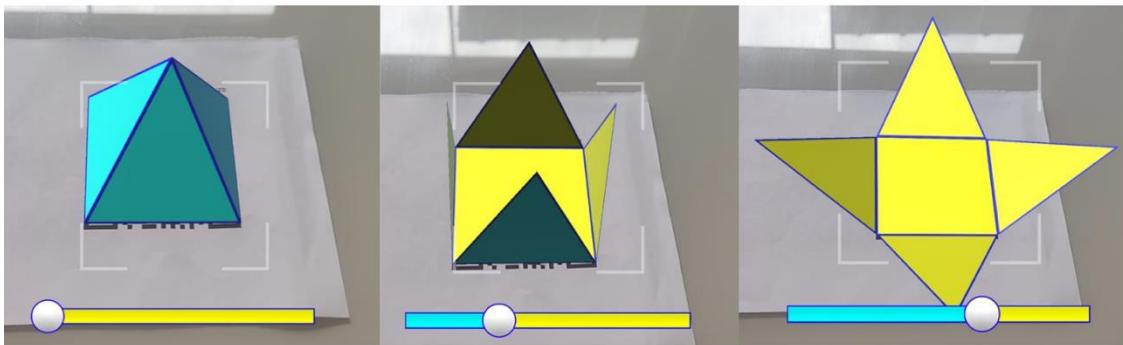
Figura 4 – Cubo no modo visualização



Fonte: Aplicativo Sólidos RA.

No módulo “Planificação”, o usuário poderá visualizar a animação de planificação dos sólidos geométricos disponíveis. Ao deslizar o dedo pelo controle deslizante, que fica no inferior da tela o poliedro planifica, a figura irá abrir como ilustrado na Figura 5:

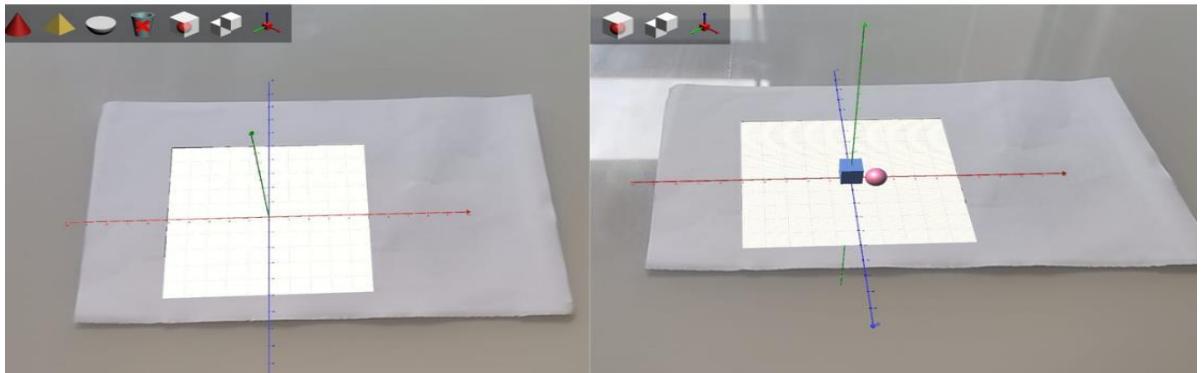
Figura 5 – Pirâmide de base quadrada no modo planificação



Fonte: Aplicativo Sólidos RA.

No módulo “Criação”, o usuário visualiza um sistema de coordenadas 3D com eixos: x, y e z. Esse módulo permite a construção de objetos em RA por meio da manipulação de sólidos geométricos e corpos redondos, tais como o cubo, a esfera, o cilindro, o cone, a pirâmide e a semiesfera. Esses sólidos aparecem acima da tela do lado esquerdo e, ao clicar na figura desejada, o usuário deve colocar as coordenadas que deseja nos eixos x, y e z conforme ilustrado na Figura 6:

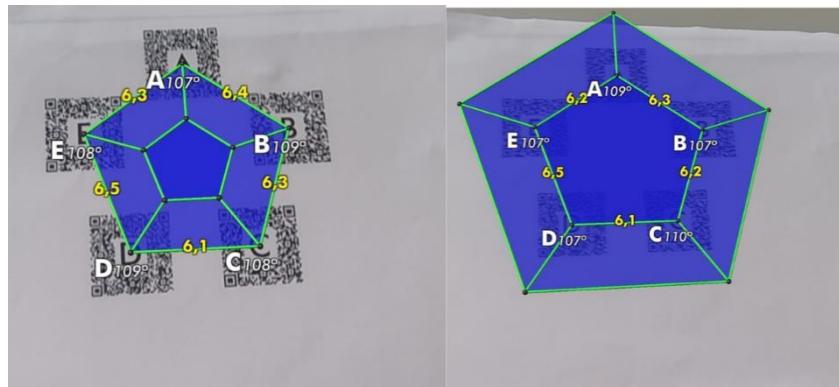
Figura 6 – Eixo de coordenadas no modo criação



Fonte: Aplicativo Sólidos RA.

No módulo “Modelagem”, o usuário faz uso de diversos QR Codes simultaneamente para gerar figuras geométricas em realidade aumentada. Esses códigos já haviam sido apresentados anteriormente. A figura exibida se modifica conforme o celular é movimentado. Na tela, há dois controles deslizantes: um à direita e outro à esquerda. O controle da direita permite aumentar ou diminuir a dimensão da parte superior do poliedro, possibilitando, por exemplo, transformá-lo em uma pirâmide. Já o controle da esquerda ajusta a altura total da figura apresentada. Na Figura 7, observa-se um exemplo dessa modelagem:

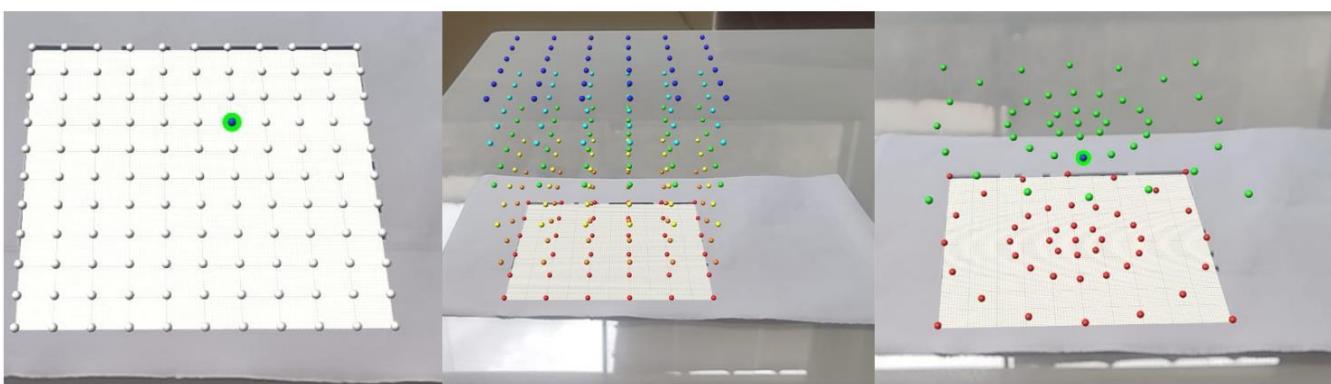
Figura 7 – Pentágono no módulo modelagem



Fonte: Aplicativo Sólidos RA.

E por fim, o módulo “Geoplano” apresenta uma versão em Realidade Aumentada de um Geoplano. É possível escolher entre os tipos de Geoplano: quadrangular, triangular, circular e 3D (Geoespaço), conforme apresentado nos QR Codes na pasta do *Drive*. O usuário pode montar figuras como no Geoplano físico, sem a utilização de elásticos, devendo-se clicar nos pontos desejados e, assim, ir formando as figuras. Com as linhas que aparecem, para “fechar” as figuras, deve-se clicar no ponto inicial como podemos observar na Figura 8:

Figura 8 – Geoplano 3D no modo Geoplano



Fonte: Aplicativo Sólidos RA.

Os estudos sobre o uso da Realidade Aumentada na educação estão em crescimento, e sua aplicação no ensino de crianças com TEA tem ganhado destaque. A tecnologia surge como uma aliada dos professores, enriquecendo o processo de ensino e aprendizagem e promovendo a inclusão dos alunos em salas de aula

regulares. É com esse foco que este trabalho foi desenvolvido.

Na sequência, o Capítulo 3 traz a Revisão Sistemática de Literatura, que representa as publicações sobre o tema proposto.

3 REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA: O QUE DIZEM AS PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS

Este capítulo tem como objetivo apresentar os trabalhos publicados que possuem relação com um tema proposto. Segundo Kitchenham (2004), a Revisão Sistemática de Literatura (RSL) tem como objetivo identificar, selecionar, avaliar, interpretar e sumarizar estudos disponíveis considerados relevantes para um tópico de pesquisa ou fenômeno de interesse:

Uma revisão sistemática da literatura é um meio de identificar, avaliar e interpretar todas as pesquisas disponíveis relevantes para uma questão de pesquisa específica, área de tópico ou fenômeno de interesse. Estudos individuais que contribuem para uma revisão sistemática são chamados de estudos primários; uma revisão sistemática é uma forma de estudo secundário. (Kitchenham, 2004, p. 1).

De acordo com o autor, para se fazer uma RSL, deve-se seguir um protocolo que é um elemento crítico de qualquer revisão sistemática. Esse protocolo pode ser dividido nas seguintes etapas: definição do objetivo e da pergunta da investigação; critérios de inclusão e exclusão; estratégias de buscas; seleção dos estudos; extração de dados; avaliação da qualidade dos estudos; síntese dos resultados.

Na seção a seguir, apresentamos o processo para a elaboração da RSL, levando em consideração as etapas destacadas por Kitchenham (2004).

3.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PARA A RSL

O processo para o desenvolvimento de uma RSL tem como ponto de partida uma questão que norteará a pesquisa e análise dos resultados encontrados. Como o objetivo é conhecer as tecnologias utilizadas no ensino de matemática para alunos com TEA, a seguinte questão foi definida: Quais as tecnologias e as formas de usá-las para o ensino de Matemática para alunos com o Transtorno do Espectro Autista?

A partir da questão, definimos um protocolo com critérios como a definição de fontes, palavras-chaves, idioma, definição da *string*, tipos dos trabalhos e critérios de inclusão e exclusão conforme pode ser observado no Quadro 1:

Quadro 1 – Critérios para a Revisão Sistemática de Literatura

Critérios	Descrição
Listagem de fontes	Bases de dados eletrônicos que compõem: CAPES, Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD) e <i>Google Scholar</i> .
Palavras-chave	Ensino de matemática; Tecnologias assistivas; Matemática inclusiva; Transtorno do espectro autista; Autismo. <i>Teaching math; Assistive Technologies; inclusive mathematics; autistic spectrum disorders; autism.</i>
Idioma dos Estudos	Português e inglês.
<i>String</i> de busca	((“Tecnologias assistivas” OR “Tecnologias”) AND (“Processo de Ensino”) AND (“Matemática” OR “Matemática Inclusiva”) AND (“Fundamental II” OR “Anos Finais”) AND (“Autismo” OR “Transtorno do espectro autista”)) ("Assistive Technologies" OR "Technologies") AND ("Teaching Process") AND ("Mathematics" OR "Inclusive Mathematics") AND ("Middle School") AND ("Autism" OR "Autism Spectrum Disorder")
Tipos de trabalhos	Teórico/bibliográfico, Estudos Experimentais e Estudos de Casos.
Critérios de Inclusão	Os trabalhos devem possuir texto completo disponível na web; ter relação com o uso de recursos digitais que auxiliam na aprendizagem de crianças com TEA; ter sido publicados no período de 2008 a 2023; ser em português ou inglês.
Critérios de Exclusão	Trabalhos duplicados; trabalhos relacionados a formação de professores; trabalhos relacionados a pais ou família de crianças com TEA; trabalhos que relacionavam outros transtornos ou deficiências; trabalhos sem acesso completo; excluir as palavras “medicina”, “família” e “psicologia”; trabalhos não relacionados com matemática.

Fonte: Dados da pesquisa.

A escolha da base de dados Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações deve-se ao fato de esta apresentar um acervo de teses e dissertações de diversas universidades brasileiras e ter uma vasta área de conhecimento acadêmico. Já a escolha da base de dados *Google Scholar* se deu por esta apresentar

múltiplas fontes acessíveis gratuitamente, bem como reunir diversas outras bases de dados. Optamos ainda pela Capes, pois ela possibilita o acesso a um conjunto de bases de dados nacionais e internacionais atualizadas e em todas as áreas do conhecimento.

Na RSL, buscamos por artigos, dissertações e teses dos últimos 15 anos. O intervalo de tempo foi determinado, pois, em 2008, é ampliado o Atendimento Educacional Especializado pela Lei nº 6.571/2008, que determina que é função dos estados, dos municípios e do Distrito Federal manter o AEE através de: financiamento; implantação de salas de recursos multifuncionais; formação continuada de professores para o atendimento educacional especializado; formação de gestores, educadores e demais profissionais da escola para a Educação Inclusiva; adequação arquitetônica de prédios escolares para acessibilidade; elaboração, produção e distribuição de recursos educacionais para a acessibilidade; e estruturação de núcleos de acessibilidade nas instituições federais de educação superior.

Para o desenvolvimento da *string*, usamos como base as palavras-chave, juntamente com os termos “OR” e “AND”, nos idiomas português e inglês. A aplicação da *string* nas bases de dados selecionadas ocorreu no período de 10 a 21 de junho de 2023, e obtivemos inicialmente os resultados descritos do Quadro 2:

Quadro 2 – Resultado da aplicação da *String* de busca nas bases de pesquisas

<i>String/Idioma</i>	Bases de Dados		
	Biblioteca digital de Teses e Dissertações (BDTD)	CAPES	Google Scholar
(“Assistive Technologies” OR “Technologies”) AND (“Teaching Process”) AND (“Mathematics” OR “Inclusive Mathematics”) AND (“Middle School”) AND (“Autism” OR “Autism Spectrum Disorder”)	0	105.510	109.440
(“Tecnologias assistivas” OR “Tecnologias”) AND (“Processo de Ensino”) AND (“Matemática” OR “Matemática Inclusiva”) AND (“Fundamental II” OR “Anos Finais”) AND (“Autismo” OR “Transtorno do espectro autista”)	1	2.915	3.940
Total por Base	1	108.301	113.380
Total Geral		221.682	

Fonte: Dados da pesquisa.

Como o resultado da aplicação da *string* registrou um retorno considerável, principalmente nas bases de dados CAPES e *Google Scholar*, utilizamos filtros para selecionar somente os trabalhos mais adequados para atender o tema e, ainda, analisamos os trabalhos apresentados nas 30 primeiras páginas apresentadas em cada base.

Especificamente na base de dados da CAPES, utilizamos um número maior de filtros, como a seleção do tipo de publicação: “Artigos” e “dissertações”; e a seleção de assuntos: “*Education & Educational Research*; *Education, Special*; *Special Aspects Of Education*; Transtorno do Espectro Autista; Educação Especial; Tecnologia Assistiva; Autismo; *Autism*; *Education*; *Special Education*; Educação; Matemática; *Autism Spectrum Disorder*; *Assistive Technology*; *Mathematics*; *Technology*; *Mathematics Education*; Ensino; Transtorno Autístico; Learning e Acessibilidade”.

Em relação à base de dados BDTD, não foi necessária a aplicação de filtros, visto que apenas um trabalho resultou da aplicação da *string*.

Já no Google Acadêmico, assim como nas demais bases de dados, optou-se pela exclusão de trabalhos que abordavam as temáticas “medicina”, “psicologia” e “família”.

Após a aplicação dos filtros acima descritos, obtivemos os resultados apresentados no Quadro 3:

Quadro 3 – Resultado da aplicação da String de busca nas bases de pesquisas

String/Idioma	Bases de Dados		
	Biblioteca digital de Teses e Dissertações (BDTD)	CAPES	Google Scholar
(“ <i>Assistive Technologies</i> ” OR “ <i>Technologies</i> ”) AND (“ <i>Teaching Process</i> ”) AND (“ <i>Mathematics</i> ” OR “ <i>Inclusive Mathematics</i> ”) AND (“ <i>Middle School</i> ”) AND (“ <i>Autism</i> ” OR “ <i>Autism Spectrum Disorder</i> ”)	0	327	109
(“Tecnologias assistivas” OR “Tecnologias”) AND (“Processo de Ensino”) AND (“Matemática” OR “Matemática Inclusiva”) AND (“Fundamental II” OR “Anos Finais”) AND (“Autismo” OR “Transtorno do espectro autista”)	1	932	411

Total por Base	1	1.259	520
Total Geral	1.780		

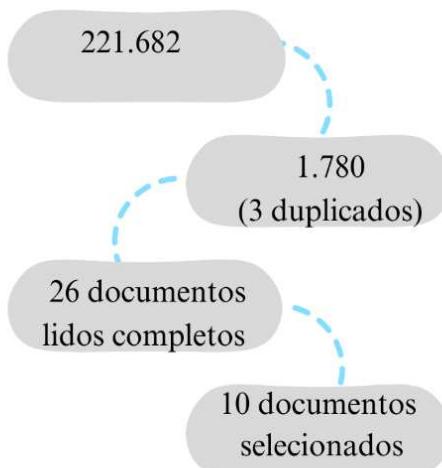
Fonte: Dados da pesquisa.

Com os 1.780 trabalhos selecionados, passamos para a próxima fase do processo da RSL com a leitura dos títulos, resumos e palavras-chaves. Nesta etapa, 26 trabalhos foram selecionados, dos quais foi realizada a leitura completa.

Após a leitura, apenas 10 documentos atenderam a temática da pesquisa sobre quais tecnologias são utilizadas e quais as formas de uso no ensino de Matemática para crianças com TEA.

O processo de seleção dos trabalhos pode ser observado de forma sistemática no fluxograma apresentado na Figura 9:

Figura 9 – Fluxograma do estudo da RSL



Fonte: Dados da pesquisa.

No Quadro 4 a seguir, apresentamos, em ordem cronológica, os trabalhos selecionados:

Quadro 4 – Trabalhos selecionados para análise

Número	Autores	Título	Tipo	Ano
1	Stochero, A. D. Kopplin, B.W. Forратi, S. M. Pereira, A. Stamberg, C.S.	A utilização de ferramentas tecnológicas no ensino e aprendizagem em Matemática para alunos com o Transtorno do Espectro Autista	Artigo	2017

2	Moreira, P. R. Costa, E. A. S. Amaral, C. T. D.	Tecnologia assistiva no ensino da matemática para alunos com Transtorno do Espectro Autista	Artigo	2019
3	Donadia, V. A. M.	Usos da informática no ensino de matemática: alunos com Transtorno do Espectro Autista do 5º e 6º anos em escolas de Vila Velha/ES	Dissertação	2019
4	Souza, A. C.	O uso de tecnologias digitais educacionais para o favorecimento da aprendizagem matemática e inclusão de estudantes com Transtorno do Espectro Autista em anos iniciais de escolarização	Dissertação	2019
5	Ferreira, J. F. Lira, M. R.	Aplicativo de jogos matemáticos como ferramenta assistivas no processo de ensino-aprendizagem com estudantes com autismo leve	Artigo	2020
6	Paiva, A. B. Santos, J. A. Oliveira, G. S. Ghelli, K. G. M.	Tecnologias assistivas e o ensino de matemática para alunos autistas na Educação Infantil	Artigo	2020
7	Porcellis, D. A. Siedler, M. Garcia, M.	LUDUS- Desenvolvimento de um Jogo para auxiliar no aprendizado de matemática para alunos com Autismo	Artigo	2020
8	Melo, F. A. F.	Construção de sequências didáticas com realidade aumentada para alunos com Transtorno do Espectro Autista nos anos finais do Ensino Fundamental- 6º ano	Dissertação	2021
9	Ntalindwa, T. Nduwingoma, M. Karangwa, E. Soron, T. R. Uworwabayeho, A. Uwineza, A.	Development of a Mobile App to Improve Numeracy Skills of Children With Autism Spectrum Disorder: Participatory Design and Usability Study	Artigo	2021
10	Gubert, L. L. S.	Uso de tecnologias assistivas no Ensino de Matemática em salas de recursos multifuncionais em uma rede municipal de ensino	Dissertação	2022

Fonte: Elaborado pela autora.

3.2 O ESTADO DO CONHECIMENTO DOS TRABALHOS SELECIONADOS

Nesta seção, apresentaremos os trabalhos analisados e, ao final, as suas contribuições para essa pesquisa.

O primeiro trabalho selecionado, foi o artigo “A utilização de ferramentas tecnológicas no ensino e aprendizagem em Matemática para alunos com o Transtorno do Espectro Autista”, de autoria de Stochero *et al.* (2017). O texto reforça a importância da presença dos estudantes com necessidades educacionais específicas nas salas de aula regular e como a aprendizagem de todos os estudantes deve ser consistente e dinâmica. Nesse trabalho, em um primeiro momento foi feito entrevistas com profissionais especializados que trabalham diretamente com alunos com autismo. Em um segundo momento, foram relacionados jogos digitais que aplicam soma, diminuição, multiplicação, divisão e fração como “*Spiko and the Math Masters*”; “*Sebran's ABC*”; “*TuxMath*”.

Na sequência, foram aplicados os jogos pesquisados, e, ainda, um protótipo de um jogo foi desenvolvido pelos autores. No protótipo, os estudantes podem escolher um personagem (entre um menino e uma menina); depois, escolhem o artefato que auxiliaria durante a execução do jogo (animais, veículos, brinquedos e frutas); no momento seguinte, escolhem o desafio (contar, somar, identificar sinais e subtrair); e, por último, jogam. Nesse processo, observou-se que as entrevistas possibilitaram expandir os conhecimentos sobre as principais características dos jovens autistas, proporcionando uma reflexão mais aprofundada e norteando os passos a serem traçados para o desenvolvimento do protótipo do jogo.

O jogo elaborado buscou um processo de ensino e aprendizagem desses alunos em que a criação do software atenda às necessidades dos discentes com TEA. A pesquisa de Stochero *et al.* (2017) destacou o entusiasmo dos estudantes durante as atividades, pois estes resolveram problemas matemáticos através de um recurso mais atrativo e, ao mesmo tempo, divertido.

No artigo seguinte, os autores Moreira, Costa e Amaral (2019), com o trabalho intitulado, “Tecnologia assistiva no ensino da matemática para alunos com Transtorno do Espectro Autista”, analisam a utilização de dois aplicativos de educação para o ensino de Matemática: “Somar” e “Perceber” – ambos elaborados pela Universidade de Brasília (UnB).

No aplicativo “Somar”, existe um personagem com Síndrome de Down, cujo nome é Tonico, que apresenta um jogo e dá as instruções ao estudante. Esse aplicativo contempla, além de crianças autistas, alunos com deficiência intelectual. Tonico aparece apenas com a frase falada “Muito bem” e, em seguida, comemora com palmas. O aplicativo é específico para o ensino de atividades que possuem

aplicabilidade prática dos números, usabilidade de cédulas monetárias e de calculadora para efetuar transações comerciais, bem como o uso de relógio digital para o ensino de horários cotidianos do estudante.

Já o aplicativo “Perceber” não contém uma apresentação em vídeo, as tarefas são apresentadas apenas na forma escrita e é específico para autistas. Apresenta atividades pedagógicas que podem colaborar com o desenvolvimento da percepção visual dos estudantes, bem como aprimorar a sua coordenação motora, pois é manuseado pelo toque de telas *touch screen*. No “Perceber”, trabalha-se com emparelhamento de objetos, emparelhamento de objetos por associação e identificação de atributos.

Em um segundo momento da pesquisa, Moreira, Costa e Amaral (2019) fazem entrevistas com uma psicóloga e três profissionais de apoio que trabalham com alunos com TEA para analisar o uso dos aplicativos. Esses profissionais ressaltam a importância das tecnologias como auxílio do ensino de matemática nas salas de aula.

A psicóloga destaca que o personagem Tonico não tem a dicção de fácil compreensão, o que pode acarretar dificuldade nos alunos para entender o que está sendo explicado, e ressalta que tal figura poderia ser representada por um personagem de algum desenho animado conhecido.

Já a dissertação “Usos da informática no ensino de matemática: alunos com Transtorno do Espectro Autista do 5º e 6º anos em escolas de Vila Velha/ES”, de Donadia (2019), foi o terceiro texto selecionado. No estudo, o pesquisador entrevista cinco professores atuantes em instituições municipais de ensino da cidade de Vila Velha/ES que trabalham com alunos autistas em suas classes. Nas entrevistas, questiona aos docentes qual é utilização da informática como recurso pedagógico na prática docente para facilitar e promover a aprendizagem dos conteúdos matemáticos, quais estratégias de que se utilizam e quais as contribuições para a inclusão escolar dos educandos com TEA.

A maioria dos professores ressalta que a utilização da tecnologia para o ensino da matemática é uma aliada, pois os discentes conseguem visualizar o que foi pedido nas questões. Ademais, ressaltam que trabalham com jogos pedagógicos já existentes nos computadores da escola e jogos disponíveis *online*. Nenhum educador entrevistado diz com exatidão qual aplicativo utilizou ou como faz uso dos jogos relatados anteriormente. Em seu Produto Educacional, o autor relata os jogos instalados nos computadores da escola de Vila Velha: “Gcompris”, “Tux Map”,

“Antecessor e Sucessor”, “Calculando”, “Canhão Numérico”, “Mat Man” e “Qual o sinal”.

Souza (2019), na dissertação “O uso de tecnologias digitais educacionais para o favorecimento da aprendizagem matemática e inclusão de estudantes com Transtorno do Espectro Autista em anos iniciais de escolarização”, visa a compreender as potencialidades pedagógicas relacionadas ao envolvimento de dois estudantes com TEA, matriculados nos anos iniciais do Ensino Fundamental, os quais foram nomeados como João e Maria.

A autora ressalta que a Educação Matemática não é pensada para pessoas com deficiência, como se o mundo da Matemática fosse totalmente alheio a essas pessoas. Nesse contexto, destaca-se a Educação Inclusiva, que fundamenta a construção de uma Educação Matemática crítica e estabelece que o acesso ao ensino dos fundamentos dessa disciplina é fundamental a todas as pessoas. A pesquisa observou dois estudantes com TEA, em momentos distintos, fora do ambiente da sala de aula, em um total de 24 encontros.

Na primeira etapa, foi realizada uma conversa informal com as professoras dos estudantes, cuja finalidade era saber se os alunos em questão se adequavam ao propósito da pesquisa. Em seguida, os pais foram convidados para uma reunião com o intuito de apresentar a pesquisa e assinar os Termos de Consentimento e Autorização de Uso Geral de Imagem. Na segunda etapa da pesquisa, foram feitos os encontros com João e Maria. Nesses encontros, foram usados jogos livres disponibilizados na internet, com softwares de domínios livre, atividades por meio do Kinect Xbox 360 e por meio de um *tablet*.

Souza (2019) destaca que os jogos devem ter *layout* simples e linguagem curta para a compreensão dos alunos com TEA. As professoras que, no primeiro momento, estiveram com o pesquisador ressaltaram as dificuldades dos discentes com relação à operação de adição. Com isso, definiu-se que esse conceito seria o primeiro a ser abordado nos encontros. Trabalhou-se com jogos que pudessem fundamentar o conceito de adição para depois trabalhar com jogos relacionados à adição de fato. Ao final da aplicação dos jogos, observou-se que João e Maria possuíam os conceitos que fundamentam a adição bem definidos. Assim, partiu-se para os jogos que trabalhavam a adição de fato.

As professoras também relataram as dificuldades com relação ao conteúdo de geometria. Por isso, foram trabalhados jogos que abordavam o assunto. Os alunos,

ao utilizar o jogo, sentiram facilidade, o que evidencia a compreensão dos conceitos de geometria trabalhados durante a pesquisa. O autor destaca ainda como as tecnologias auxiliaram e ajudaram na compreensão dos temas trabalhados durante os encontros, pois facilitou a visualização e a manipulação dos objetos.

No quinto trabalho, “Aplicativo de jogos matemáticos como ferramenta assistivas no processo de ensino-aprendizagem com estudantes com autismo leve”, de Ferreira e Lira (2020), utilizou-se o aplicativo “Frações passo a passo” como meio para o processo de ensino e aprendizagem de alunos com TEA.

A pesquisa foi feita em uma sala do 8º ano em que havia um aluno autista, porém todos os estudantes participaram da utilização do jogo, e a pesquisa se deu em dois momentos. No primeiro momento, com a apresentação do conteúdo de acordo com o planejamento usando os recursos de praxe, como *slides*, retroprojetor e o livro didático dos discentes.

No segundo momento, foi utilizado o aplicativo “Frações passo a passo”, cujo trabalho durou um mês. A turma foi dividida em duplas, sendo entregue a elas um problema. Para resolvê-lo, havia um tempo cronometrado. Conforme as aulas iam passando, o nível dos exercícios aumentava. Para o aluno autista, houve algumas adaptações: ele usava um *tablet*, e o tempo cronometrado era diferente.

Os autores destacam o interesse de todos os alunos durante a pesquisa e como a tecnologia auxiliou na compreensão do conteúdo. O aluno autista alcançou os objetivos do projeto, sendo ressaltado que, nas primeiras aulas, ele apresentava uma certa dificuldade durante a execução do aplicativo. Porém, a partir da terceira aula, já apresentou uma grande evolução, pois já o dominava e conseguia solucionar as questões no tempo estabelecido.

Já no artigo “Tecnologias assistivas e o ensino de matemática para alunos autistas na Educação Infantil”, Paiva *et al.* (2020) destacam a importância da matemática no cotidiano das pessoas, mas que esta poucas vezes é apresentada aos estudantes de maneira prática. Esse fato acaba por distanciar o aluno do conteúdo, principalmente para o discente portador do Transtorno do Espectro Autista. Os autores salientam que muitos estudantes autistas têm facilidade com a matemática, mas a grande maioria apresenta dificuldades na sua compreensão.

O artigo reforça a importância de trabalhos curtos e com linguagem fácil para esse público. Paiva *et al.* (2020) ressaltam a importância das TIC para o crescimento das Tecnologias Assistivas (TA) e a necessidade de capacitar os professores para

trabalhar com os alunos. Nesses termos, foram analisados e comparados dois aplicativos, direcionados para o ensino de crianças autistas, no sentido de avaliar a possibilidade da utilização no ensino e aprendizagem de matemática no Ensino Infantil.

O primeiro deles é o “TEO” (Tratar, Estimular e Orientar), enquanto o segundo é o “123 Autismo”. Os autores destacam a importância de políticas públicas com relação à Educação Inclusiva no Brasil. Também frisam a necessidade de maiores pesquisas e reflexões nos contextos escolares e nas práticas pedagógicas dos professores a fim de que possam impactar os currículos dos cursos e a inclusão das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação em sala de aula para que, assim, consigam-se diminuir as limitações existentes na aprendizagem de alunos autistas.

Destarte, concluíram que ambos os aplicativos apresentados baseiam-se em princípios consistentes da educação para crianças com Transtorno do Espectro Autista e oferecem oportunidades interessantes e significativas para o aprendizado dos conceitos iniciais da Matemática, bem como o desenvolvimento de habilidades de maneira lúdica e atrativa.

O artigo “LUDUS – Desenvolvimento de um Jogo para auxiliar no aprendizado de matemática para alunos com Autismo”, de Porcellis, Siedler e Garcia (2020), foi o sétimo texto analisado. O escrito apresenta uma pesquisa com o uso de jogos para alunos com TEA. Os autores destacam a importância de uma Sala de Recurso Multifuncional e do Atendimento Educacional Especializado.

O trabalho tem como objetivo apresentar o +Ludus: MAth, aplicativo voltado ao ensino de Matemática para alunos do Ensino Fundamental com Transtornos do Espectro Autista. O aplicativo é um jogo digital que visa a apresentar, de forma lúdica, exercícios que estimulem o aprendizado das quatro operações fundamentais (soma, subtração, multiplicação e divisão) da matemática. Tal projeto se fez necessário para ser utilizado nas salas de recurso, além de elencarem a importância do uso de celulares como apoio nas salas de aula.

Em um primeiro momento, pais e professores foram consultados sobre a elaboração de um jogo para o ensino de matemática, e este foi pensado com as seguintes características: ser bastante colorido; ter como tema assuntos de interesse dos alunos na faixa etária definida, com personagens atrativos que estimulem o aluno a jogar; não passar mensagem negativa quando o aluno comete algum erro, evitando que o aluno se frustrre e desista da atividade.

Na sequência, foi efetivamente desenvolvido o +Ludus: MATH, que objetiva auxiliar na prática das operações fundamentais da Matemática para alunos atendidos na sala de recursos da rede municipal de educação. O público-alvo inicial do jogo foram estudantes autistas, mas, com os testes iniciais realizados na escola parceira, observou-se que alunos com déficit de atenção e mesmo educandos regulares poderiam utilizar o aplicativo.

Para os testes iniciais do projeto, foi feita a instalação do jogo no laboratório da escola e apresentação aos alunos das séries iniciais. Nesta etapa, foi avaliado se o programa rodaria adequadamente no laboratório da escola e, ainda, analisaram-se quais as primeiras impressões da utilização por parte dos discentes. O objetivo era fazer uma análise qualitativa do aplicativo na escola. Porém, o laboratório da escola apresentou problemas estruturais e, com isso, não foi possível realizar a continuidade dos testes.

A equipe estava em contato com a Secretaria Municipal de Educação para viabilizar os testes em outro laboratório e, posteriormente, disponibilizar o jogo gratuitamente para a comunidade através das lojas de aplicativos virtuais. Nos trabalhos futuros, pretende-se realizar treinamento com os professores da rede pública, ensinando-lhes o funcionamento e instalação do jogo, além de uma análise da sua utilização em sala de aula sob a ótica do aluno com deficiência e dos professores do AEE.

O oitavo trabalho analisado foi a dissertação “Construção de sequências didáticas com realidade aumentada para alunos com Transtorno do Espectro Autista nos anos finais do Ensino Fundamental – 6º ano”, escrita por Melo (2021). O texto é o único que não trabalha com o ensino de matemática, mas foi selecionado pelo fato de utilizar a tecnologia de Realidade Aumentada na pesquisa e por esta ser interessante também para o ensino de Matemática. O autor retrata a história do autismo até os dias atuais e analisa quais as políticas públicas existentes no Brasil hoje, para as pessoas com TEA. A pesquisa foi desenvolvida em quatro etapas.

Na primeira etapa, foi realizada uma coleta de dados por meio de um questionário com os professores de uma escola privada de Natal/RN que lecionam para duas turmas do 6º ano. Em cada uma delas, havia um aluno com o Transtorno do Espectro Autista. Esses questionários favoreceram o entendimento sobre os professores no que diz respeito à formação para atuar com crianças com TEA, bem como ao interesse na criação de sequências didáticas que pudessem estimular a

participação dos alunos em sala. Ademais, trouxeram informações sobre as habilidades e comportamentos dos estudantes com autismo na sala de aula que eles atuavam.

Na segunda etapa, foram criadas sequencias didáticas com pinturas nas células animal e vegetal e na sequência com o auxílio do aplicativo “*QuiverVision*”, por meio do qual os estudantes apontavam para a tela do celular para visualizar a célula. Após o uso do aplicativo “*QuiverVision*”, passou-se a utilizar o software “*Metaverse*”, com intuito de os discentes realizarem ações do seu cotidiano como correr, sentar-se, pular, entre outras. Em ambas as sequências didáticas, todos os alunos da turma participaram.

Na terceira fase da pesquisa, utilizou-se outro aplicativo, o “*JigSpace*”, que traz algumas experiências em RA, porém sem a possibilidade de criar ou modificar e objetivava a explicação do funcionamento do olho humano.

Na última fase, foi aplicado um questionário para 10 professores sobre a experiência deles com crianças diagnosticadas com TEA. Os docentes lecionavam diversos conteúdos, a maioria possuía educandos com TEA em suas salas de aula e afirmava não ter formação para trabalhar com alunos com neurodiversidade. A pesquisa do autor apontou que todos se interessaram em aplicar sequências didáticas com RA em suas aulas. Com relação às sequencias didáticas, observou-se que o uso do *Qr Code* pode não favorecer os estudantes autistas que gostam de se movimentar.

Ntalindwa *et al.* (2021) no artigo, “*Development of a Mobile App to Improve Numeracy Skills of Children With Autism Spectrum Disorder: Participatory Design and Usability Study*”, relatam a criação de um aplicativo móvel para ser utilizado em Ruanda com crianças com TEA. Primeiramente, na pesquisa, foi discutido com pais e professores dessas crianças como deveria ser o aplicativo e quais conceitos deveriam ser trabalhados. Tais informações foram importantes, pois direcionaram os pesquisadores quanto ao uso de cores fortes e à utilização de linguagem direta e simples.

Em sua pesquisa, os autores trabalharam com moedas em um aplicativo desenvolvido por eles com o intuito de desenvolver as habilidades numéricas dos alunos. Na primeira fase do aplicativo, as crianças deveriam colocar no lugar selecionado as moedas que representavam o valor pedido.

Na fase seguinte, apareciam duas moedas na tela, e os estudantes deveriam juntá-las e determinar o valor que se tinha com elas juntas. O número de moedas

aumentava conforme o grau de dificuldade do aplicativo. Os professores e pais relataram que, com uso do aplicativo, os educandos apresentaram interesse na contagem de moedas no seu dia a dia, o que demonstrou construção de conhecimento pelos alunos analisados.

O décimo texto analisado foi a dissertação “Uso de tecnologias assistivas no Ensino de Matemática em salas de recursos multifuncionais em uma rede municipal de ensino”, escrita por Gubert (2022). A pesquisa destaca o uso das Tecnologias Assistivas (TA) em Salas de Recurso Multifuncionais (SRM) nas escolas municipais da cidade São Miguel do Iguaçu/PR. Nela, o autor entrevistou 15 professoras da rede municipal que trabalham nas SRM, e todas destacaram a importância dessas salas para auxiliar na aprendizagem de alunos com necessidades educacionais específicas.

As professoras veem os jogos instalados nas SRM como parceiros no ensino de Matemática na Educação Especial, pois os estudantes, de forma geral, se interessam por eles. A pesquisa ressalta que os alunos atendidos pelo Atendimento Educacional Especializado são, em sua maioria, crianças que necessitam de estímulo diferenciado. No desenvolvimento da dissertação, o autor constatou que a maioria das professoras que atuam nas SRM do município entende por TA os materiais que são produzidos, enquanto apenas duas afirmam se tratar de uma área do conhecimento que engloba desde materiais até mesmas práticas diferenciadas.

Quando questionadas sobre dificuldades em trabalhar Matemática nas SRM, as docentes relataram impasses relacionados à falta de material, a sentimento de rejeição e à ausência de concentração dos alunos atendidos nas referidas salas. Ao concluir seu estudo, Gubert (2022) verificou que as professoras utilizam Tecnologias Assistivas de acordo com seus conhecimentos e possibilidades e, na maioria das vezes, acabam por realizar adaptações por não possuir as TA adequadas para cada especificidade dos alunos. Nota-se que as Salas de Recursos Multifuncionais de São Miguel do Iguaçu/PR, embora bem equipadas, de acordo com o seu programa de implantação, ainda carecem de recursos diversificados para o ensino de Matemática.

Após a análise dos trabalhos selecionados, observa-se que os artigos de Stochero *et al.* (2017) e Porcellis, Siedler e Garcia (2020) salientam como é importante o conhecimento sobre a realidades dos alunos com TEA, obtido por pesquisas com a comunidade na qual estes estão inseridos, antes da elaboração de um recurso digital ou da seleção de aplicativos já existentes. Os trabalhos de Paiva *et al.* (2020) e Moreira, Costa e Amaral (2019) mostram que já existem recursos digitais criados para

serem utilizados com pessoas com deficiências e destacam a importância de esses recursos serem de linguagem de fácil entendimento.

De acordo com Sousa (2019), para estudantes com TEA, a aprendizagem precisa ser desenvolvida de maneira gradual e com o suporte de tecnologias. Dessa forma, os estudantes conseguem visualizar o que está sendo pedido, e a aprendizagem se torna concreta. Tal afirmação também pode ser observada no trabalho de Ntalindwa *et al.* (2021) quando destacam que os alunos faziam contagem de moedas em seu dia a dia.

No trabalho de Ferreira e Lira (2020), destaca-se o conceito de Educação Inclusiva, pois os autores trabalham em sala de aula regular com todos os alunos. Assim, demonstram que, ao utilizar um recurso digital, consegue-se construir o conhecimento com todos.

Destacamos, ainda, a apresentação da tecnologia Realidade Aumentada no trabalho de Melo (2021). A referida tecnologia fez com que os educandos com TEA se interessassem pela imagem que é apresentada na tela do aparelho celular, tornando, dessa forma, o processo de ensino e aprendizagem mais atrativo para esses alunos.

O que chama a atenção nos trabalhos desta RSL é a dificuldade que os professores destacaram para o ensino de crianças com TEA. Como exemplos, podemos citar as observações apresentadas por Gubert (2022) de que as professoras das SRM não sabiam explicar o que são as Tecnologias Assistivas; e, ainda, por Donadia (2019) quanto ao fato de que somente dois professores souberam dizer com exatidão qual recurso digital utilizam em suas aulas.

A seguir, o Quadro 5 apresenta uma síntese com as principais contribuições a esta pesquisa dos trabalhos selecionados a partir da aplicação da RSL:

Quadro 5 – Contribuições dos trabalhos selecionados para a pesquisa

Trabalhos	Contribuições
Stochero <i>et al.</i> (2017)	Mostra como é importante a pesquisa antes da elaboração de um recurso digital em aplicativos já existentes e com a comunidade na qual o aluno está inserido.
Moreira <i>et al.</i> (2019)	Ressalta a importância das Tecnologias como auxílio do ensino de matemática nas salas de aula. Destaca a importância de uma comunicação de fácil compreensão para os alunos.

Donadia (2019)	A maioria dos professores salienta que a utilização da tecnologia para o ensino da matemática é uma aliada. Ressalta o despreparo dos profissionais frisando que nenhum professor entrevistado diz com exatidão qual aplicativo utiliza ou como faz uso dos jogos.
Souza (2019)	Mostra que, para os alunos com TEA, o ensino deve ser construído aos poucos. Observa-se também que, com a utilização de recursos digitais, os estudantes conseguem visualizar o que está sendo pedido e a aprendizagem se torna concreta.
Ferreira; Liria (2020)	Como é importante o conceito de Educação Inclusiva, pois eles trabalham em sala de aula regular com todos os alunos. Ademais, demonstra que, ao utilizar o recurso digital, consegue-se construir o conhecimento com todos, apesar de não apresentarem uma análise específica para o aluno com TEA.
Paiva et al. (2020)	Destaca a importância da matemática no cotidiano das pessoas, mas que esta poucas vezes é apresentada para o aluno de maneira prática, principalmente para o aluno portador do Transtorno do Espectro Autista. Reforça a importância de trabalhos curtos e com linguagem fácil para esse público e salienta a importância das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para o crescimento das Tecnologias Assistivas (TA). Por fim, reitera a necessidade de capacitar os professores para trabalhar com os alunos autistas.
Porcellis et al. (2020)	Enfatiza a importância do uso de celulares como apoio nas salas de aula. Destaca que os materiais para serem utilizados com os alunos autistas devem ser bastante coloridos, ter como tema assuntos de interesse dos estudantes na faixa etária definida, com personagens atrativos que estimulem o aluno e não passar mensagem negativa quando este comete algum erro.
Mello (2021)	Apresenta um recurso digital diferente de jogos e mostra a realidade como meio de aprendizagem com a imagem que é apresentada no aparelho celular. Mostra que a construção do conhecimento pelos alunos autistas não precisa estar vinculada aos jogos, mas sim a visualização para a compreensão do que está sendo pedido.
Ntalindwa (2021)	Ensino deve ser construído aos poucos e observa-se a compreensão dos conceitos quando destaca que os alunos faziam contagem de moedas em seu dia a dia.
Gubert (2022)	Destaca o uso das Tecnologias Assistivas em salas de recurso multifuncionais (SRM) e a importância dessas para auxiliar na aprendizagem de alunos com deficiência. As professoras ressaltaram as dificuldades em trabalhar Matemática nas SRM e relataram impasses relacionados à falta de material, a sentimento de rejeição e à falta de concentração dos estudantes atendidos nas referidas salas.

Fonte: Dados da pesquisa.

Ressalta-se que os 10 trabalhos analisados auxiliaram no desenvolvimento do Recurso Educacional Digital e, consequentemente, no Produto Educacional resultante desta pesquisa.

Na seção a seguir, o capítulo 4 apresenta a metodologia que será utilizada nesta pesquisa.

4 METODOLOGIA

Neste capítulo, apresentamos os procedimentos metodológicos aplicados nesta dissertação, bem como sua caracterização, classificação, instrumentos de coleta de dados e etapas que serão base para o desenvolvimento e elaboração do Recurso Educacional Digital. Trata-se de uma pesquisa exploratória, com abordagem qualitativa, embasada na metodologia *Desing Science Research* (DSR).

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O estudo empreendido tem como intuito desconstruir e reconstruir o conhecimento (Demo, 2000). Nesse sentido, a pesquisa proposta no âmbito deste trabalho é classificada como qualitativa. Essa abordagem interpreta os dados de forma descritiva, não sendo quantificável, ajudando a compreender as nuances de experiências humanas que os métodos quantitativos poderiam não captar. Segundo Bogdan e Biklen (2007), trata-se de um termo genérico que agrupa diversas estratégias de investigação que partilham determinadas características, descrevem as situações vividas pelos participantes da pesquisa e interpretam seus significados.

Como esta pesquisa propõe desenvolver e aplicar um Recurso Educacional Digital utilizando a tecnologia de Realidade Aumentada com o intuito de analisar e avaliar as contribuições de tal tecnologia no processo de ensino e aprendizagem no ensino de Geometria Espacial para alunos com TEA, optou-se pela metodologia do *Desing Science Research*. Especificamente para o desenvolvimento do RED, o qual foi inspirado nas disciplinas Informática na Educação Matemática (no primeiro semestre de 2022) e Softwares Educacionais e Objetos de Aprendizagem (no segundo semestre do mesmo ano) do PPGEM/UFJF, recorreremos à Metodologia para o desenvolvimento de um OA (MOA) proposta por Scortegagna (2016).

A DSR é uma abordagem voltada para a criação e avaliação de artefatos que podem auxiliar ou contribuir para a melhoria de processos, sistemas ou serviços. O economista e psicólogo norte-americano Herbert Alexander Simon foi o primeiro a falar sobre a DSR em 1996 em seu livro “As ciências do artificial”. Nessa obra, Simon destaca medicina, educação, engenharia, arquitetura e direito como áreas de

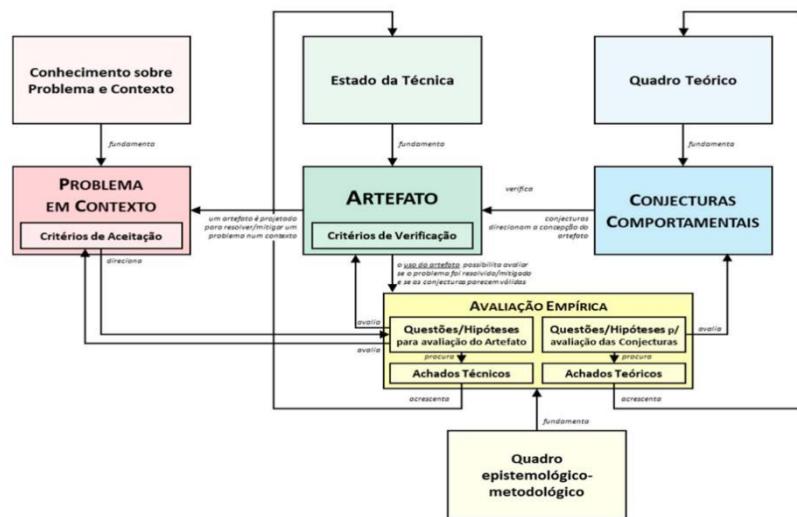
abrangência da DSR. Todavia, observa-se que a área que mais se destacou no uso da metodologia foi a de Sistema de Informação (Pimentel; Filippo; Santoro, 2019).

A *Design Science Research* se constitui como um importante método em pesquisas na área da Informática na Educação conforme afirmam Pimentel, Filippo e Santoro (2019), pois apresenta uma abordagem epistemológico-metodológica que legitima o desenvolvimento de artefatos como um importante meio para se produzir conhecimento científico, o que pode ocasionar o aumento do rigor e a qualidade das pesquisas nesse campo.

Para a DSR, a validade das pesquisas se sustenta na comprovação de que o artefato desenvolvido, neste caso o Recurso Educacional Digital, tem condições de atender aos objetivos da pesquisa (Angeluci *et al.*, 2020, p. 3). Assim, o pesquisador deverá fundamentar o artefato em conjecturas teóricas, bem como teorizar a partir do seu uso, possibilitando, assim, o avanço do conhecimento científico-teórico além do desenvolvimento técnico (Pimentel; Filippo; Santoro, 2019, p. 10). A utilização da metodologia DSR vem ganhando destaque em pesquisas, pois os estudos vêm sendo cada vez mais úteis e inovadores, sem perder a rigorosidade.

Como elucidam Angeluci *et al.* (2020), algumas etapas são comuns na metodologia DSR: definição do problema; revisão de literatura e busca por teorias existentes; sugestões de possíveis soluções; desenvolvimento; avaliação; decisão sobre a melhor solução; reflexão e aprendizagens; comunicação dos resultados. Nesse sentido, Pimentel, Filippo e Santoro (2019) apresentam o mapa dos elementos como uma síntese da pesquisa e como meio de fundamentar o artefato em conjecturas teóricas conforme ilustrado na Figura 10 a seguir:

Figura 10 – Mapa dos elementos da DSR



Fonte: Pimentel, Filippo e Santoro (2019).

O mapeamento dos elementos da DSR é importante para orientar o pesquisador com o intuito de verificar se a pesquisa está bem planejada a fim de que todos os componentes da pesquisa estejam alinhados com os objetivos de solução práticas e com as contribuições científicas.

Segundo Pimentel, Filippo e Santoro (2019), para compreender e solucionar um problema de maneira eficaz, é fundamental ter um entendimento profundo tanto do problema quanto do contexto (Problema em Contexto) em que ele se insere. Isso exige a análise das causas e consequências envolvidas, possibilitando um diagnóstico adequado e a identificação de possíveis abordagens para resolvê-lo. Esse entendimento pode ser alcançado por meio de uma revisão bibliográfica, estudos empíricos prévios, investigações exploratórias ou consultando especialistas na área, ou seja, com “Conhecimento sobre Problema em Contexto”.

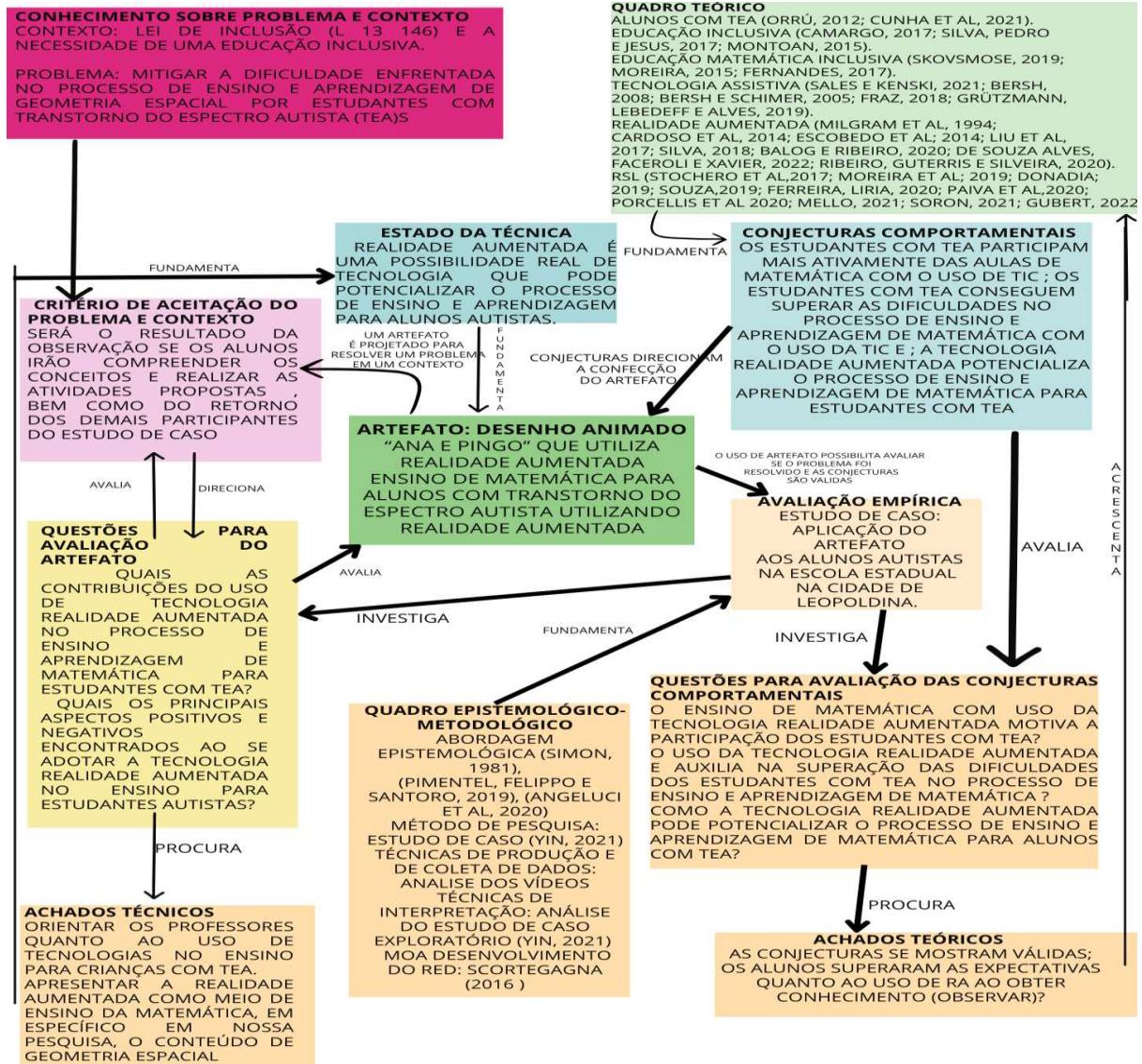
Ao desenvolver um artefato para lidar com o problema, é essencial que ele seja guiado por hipóteses comportamentais fundamentadas (Conjecturas Comportamentais) em teorias consistentes, as quais formam o suporte teórico da pesquisa. Essa base teórica (Quadro Teórico) é o elo que conecta o conhecimento técnico ao conhecimento científico. Sem ela, o trabalho pode ser visto apenas como uma solução técnica, desvinculada do rigor e da contribuição científica (Pimentel; Filippo; Santoro; 2019).

Ademais, Pimentel, Filippo e Santoro (2019) argumentam que, para criar um “Artefato” relevante, é necessário evitar a redundância ao investigar soluções já

existentes. Isso implica realizar um levantamento da revisão de literatura, identificando tecnologias (Estado da Técnica), métodos e soluções similares que possam contribuir para o *design/desenho* da proposta. Da mesma forma, a etapa de “Avaliação Empírica” também precisa ser cuidadosamente planejada para garantir rigor científico, utilizando métodos adequados para coleta e análise de dados. Esse planejamento deve estar alinhado ao “Quadro epistemológico-metodológico” da pesquisa, garantindo consistência teórica e metodológica em todas as etapas do estudo.

A partir da explicação dos elementos da DSR, desenvolvemos o mapeamento dos elementos da nossa pesquisa, conforme apresentado na Figura 11.

Figura 11 – Mapeamento dos elementos da DSR da pesquisa (“Realidade aumentada como ferramenta de inclusão na Matemática: um estudo com estudantes com TEA”)



Fonte: Dados da pesquisa adaptado de Pimentel, Filippo e Santoro (2019).

O conhecimento sobre o “Problema e Contexto” pauta-se na análise da Lei de Inclusão (Lei 13.146/2015), ou seja, no direito à Educação Inclusiva em todos os níveis, preferencialmente na rede regular de ensino, e consolida os direitos das pessoas com deficiência, promovendo a igualdade, a cidadania e a inclusão social. Ademais, pauta-se também no problema que se busca resolver com o uso do artefato proposto, qual seja: mitigar a dificuldade enfrentada no processo de ensino e aprendizagem de Geometria Espacial por estudantes com Transtorno do Espectro Autista (TEA). Nesta pesquisa, pretende-se analisar o processo de ensino e aprendizagem de Matemática para estudantes autistas com o auxílio da Realidade Aumentada.

O “Critério de aceitação do Problema e Contexto” será o resultado da ação de observar se os alunos irão compreender os conceitos e realizar as atividades propostas no final da apresentação de cada vídeo, bem como do retorno dos demais participantes do Estudo de Caso. Esses critérios serão avaliados pelas “Questões de avaliação do artefato” – que também têm o objetivo de avaliar o “Artefato” (explicações sobre o Artefato serão esclarecidas na sequência do texto). As questões são: 1) Quais as contribuições do uso da tecnologia Realidade Aumentada no processo de ensino e aprendizagem de matemática para estudantes com TEA?; e 2) Quais os principais aspectos positivos e negativos encontrados ao se adotar a tecnologia Realidade Aumentada no ensino para estudantes autistas?

Os “Achados Técnicos” buscam fundamentar as tecnologias de Realidade Aumentada e do uso do desenho animado para crianças autistas. Ressalta-se que esses achados estão pautados e em consonância com o resultado do “Estado da Técnica”, no qual se constatou, por meio do Referencial Teórico (Capítulo 2) e da RSL (Capítulo 3), que a Realidade Aumentada é uma possibilidade real de tecnologia que pode potencializar o processo de ensino e aprendizagem para alunos autistas.

Em relação ao elemento “Quadro Teórico”, este pautou-se no resultado que a RSL apresentada no Capítulo 3 desta pesquisa, a qual evidenciou o uso das tecnologias como ferramentas auxiliares no processo de ensino e aprendizagem de Matemática para estudantes com TEA, destacando aqui os trabalhos de Mello (2021), que utilizou a RA para o ensino de ciências para estudantes com TEA; de Souza (2019), o qual ressalta que, para os alunos com TEA, o ensino deve ser construído aos poucos e defende que, com a utilização de recursos digitais, os estudantes conseguem visualizar o que está sendo pedido e a aprendizagem se torna concreta; de Ntalindwa *et al.* (2021), o qual reforça que o ensino deve ser construído aos poucos e pontua que a compreensão dos conceitos após a utilização dos recursos digitais; e de Stochero *et al.* (2017), que salienta a importância de se realizar uma pesquisa antes da elaboração de um artefato para alunos com TEA. Ainda no “Quadro Teórico”, acrescenta-se o Referencial Teórico (capítulo 2), que fundamenta a pesquisa, quanto aos direitos dos estudantes com Transtorno do Espectro Autista nas escolas, os conceitos de Educação Inclusiva e Educação Matemática Inclusiva, bem como de Tecnologia Assistiva e Realidade Aumentada.

Ademais, os dados obtidos no “Quadro Teórico” fundamentam as “Conjecturas Comportamentais” definidas para a pesquisa (os estudantes com TEA participam mais

ativamente das aulas de Matemática com o uso de TIC; os estudantes com TEA conseguem superar as dificuldades no processo de ensino e aprendizagem de Matemática com o uso da TIC; e a tecnologia Realidade Aumentada potencializa o processo de ensino e aprendizagem de Matemática para estudantes com TEA), as quais serão avaliadas por questões (Questões para Avaliação das Conjecturas Comportamentais) como: o ensino de Matemática com uso da tecnologia Realidade Aumentada motiva a participação dos estudantes com TEA?; o uso da tecnologia Realidade Aumentada auxilia na superação das dificuldades dos estudantes com TEA no processo de ensino e aprendizagem de Matemática?; e de que forma a tecnologia da Realidade Aumentada pode potencializar o processo de ensino e aprendizagem de Matemática para alunos com TEA? Tais questões serão respondidas durante o Estudo de Caso (Avaliação Empírica), que possui também fundamentação e diálogo com o “Quadro Teórico” (RSL e Referencial Teórico).

As “Conjecturas Comportamentais” direcionam a concepção do “Artefato”, que está fundamentado no “Estado da Técnica” e é projetado para resolver/mitigar o problema apresentado (Problema em Contexto). Em nossa pesquisa, o artefato será um Recurso Educacional Digital, denominado “Ana e Pingo”, no formato de 3 vídeos com desenhos animados. O primeiro vídeo apresenta o aplicativo de Realidade Aumentada “Sólidos RA” com orientações de como usá-lo; o segundo traz os conceitos de “face, vértice e aresta”; e o terceiro vídeo aborda a Relação de Euler, ou seja, apresenta a fórmula matemática que estabelece a relação entre o número de vértices, arestas e faces de um poliedro. Ao final da apresentação de cada vídeo, serão aplicadas atividades referentes ao conteúdo dos vídeos assistidos. Ressalta-se que, para o desenvolvimento do RED, nos pautamos na Metodologia do Objeto de Aprendizagem, criada por Scortegagna (2016), a qual é constituída por 5 fases a saber: Análise, Projeto, Implementação, Revisão e Submissão/Publicação do recurso.

O uso do artefato “Ana e Pingo” vai possibilitar avaliar se o problema será resolvido/mitigado e se as conjecturas serão validadas. Esse processo de avaliação e validação ocorrerá por meio de um Estudo de Caso (Avaliação Empírica) com grupos distintos: o primeiro grupo será composto por pesquisadores da área de Educação Inclusiva com foco em estudantes autistas. Pretendemos ter encontros *online* pelo *Google Meet* e questionários desenvolvidos no *Google Forms* e aplicados de forma *online*; o segundo, com professores especializados em Educação Especial que trabalhem em sala de aula com os alunos com TEA, se constituirá de entrevistas

semiestruturadas de forma presencial no ambiente escolar; e o terceiro se formará com estudantes autistas matriculados do 6º aos 9º anos em uma escola estadual da cidade de Leopoldina/MG. A aplicação será presencial no ambiente escolar, e os estudantes utilizarão seus telefones celulares e se não possuírem pediremos auxílio as professoras que os acompanham.

Conforme já descrito anteriormente, o Estudo de Caso irá responder as “Questões para avaliação do Artefato” e as “Questões para avaliação das Conjecturas Comportamentais”. Ressalta-se que o Estudo de Caso está fundamentado no “Quadro epistemológico-metodológico”, que apresenta o embasamento teórico de autores quanto à Metodologia DSR – Simon (1981), Pimentel *et al.* (2019) e Angeluci *et al.* (2020); ao Desenvolvimento do RED – Scortegagna (2016); Estudo de caso – Yin (2021), com relação às técnicas de produção, coleta e análise de dados.

Nesse sentido, a coleta dos dados ocorrerá da seguinte forma:

- Grupo 1 – pesquisadores da área de Educação Inclusiva com foco em alunos autistas: questionários desenvolvidos no *Google Forms* e aplicados de forma *online*;
- Grupo 2 – professores especializados em Educação Especial que trabalhem em salas de aula com os alunos com TEA: entrevista semiestruturadas;
- Grupo 3 – estudantes autistas de uma escola estadual da cidade de Leopoldina/MG (6º aos 9º anos do Ensino Fundamental): observação do uso do RED e análise dos resultados das atividades aplicadas.

Finalizada a apresentação dos procedimentos metodológicos aplicados ao desenvolvimento da pesquisa empreendida nesta dissertação, o próximo capítulo descreve, de forma mais detalhada, o Recurso Educacional Digital “Ana e Pingo”.

5 RECURSO EDUCACIONAL DIGITAL “ANA E PINGO” E ATIVIDADES

O Recurso Educacional Digital é definido como um material ou ferramenta disponibilizado em formato digital, concebido para ser utilizado como apoio no processo de ensino e aprendizagem. No contexto desta pesquisa, o RED elaborado intitula-se “Ana e Pingo”, tendo como objetivo identificar e avaliar as contribuições do uso da tecnologia Realidade Aumentada na potencialização do processo de ensino e aprendizagem de Geometria Espacial em alunos com o Transtorno do Espectro Autista. Para a elaboração do RED, foi usada a plataforma CANVA², sendo os vídeos disponibilizados no canal da pesquisadora no *Youtube*. O RED é composto por três vídeos no formato de desenhos animados e foi estruturado com base na Metodologia para o desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem (MOA). O processo de desenvolvimento encontra-se no Apêndice A.

O primeiro vídeo, intitulado “Ana e Pingo em Realidade Aumentada”, apresenta o aplicativo *Sólidos RA* e demonstra como este deve ser utilizado pelos estudantes, com duração em média de 3 a 4 minutos. O segundo vídeo, denominado “Ana e Pingo em poliedros e suas partes”, com duração entre 4 e 5 minutos, aborda os conceitos fundamentais de face, vértice e aresta, introduzindo a terminologia básica da Geometria Espacial.

Já o terceiro e último vídeo, também com duração entre 2 e 3 minutos, intitulado “Ana e Pingo em Relação de Euler”, apresenta a Relação de Euler, explorando de forma visual e contextualizada a fórmula matemática que relaciona vértices, arestas e faces dos poliedros.

O RED propõe-se a introduzir e orientar os estudantes na utilização do aplicativo *Sólidos RA*, previamente apresentado no Capítulo 2 desta dissertação. A seção seguinte apresenta o desenho animado elaborado, que compõe o conjunto de vídeos do Recurso Educacional Digital.

5.1 DESENHO ANIMADO 1: “ANA E PINGO EM REALIDADE AUMENTADA”

Ana é uma personagem do desenho, representada por uma menina que está sempre brincando com seu cachorro, Pingo. Em cada episódio, ela explica algo novo

tanto para Pingo quanto para o espectador. No primeiro episódio, Ana apresenta o conceito de Realidade Aumentada e mostra como utilizar o aplicativo *Sólidos RA*. A Figura 12 mostra a tela inicial do desenho animado:

Figura 12 – Tela inicial do primeiro desenho



Fonte: Dados da pesquisa.

Durante toda a animação, Ana interage diretamente com o público e com Pingo, tornando a explicação mais leve, dinâmica e envolvente. Essa interação cria um clima acolhedor, onde o conhecimento é construído de forma dialogada. Pingo, a todo momento, representa o olhar do aluno. A Figura 13 mostra quatro momentos desse desenho:

Figura 13 – Desenvolvimento do conteúdo do primeiro desenho



Fonte: Dados da pesquisa.

Na primeira imagem, é apresentado o conceito de Realidade Aumentada. Já a figura ao lado mostra o logo do aplicativo Sólidos RA e o apresenta ao espectador. Na primeira figura de baixo, é mostrada a tela inicial do aplicativo. E, ao lado, a tela ao clicar em visualização.

5.2 DESENHO ANIMADO 2: “ANA E PINGO EM POLIEDROS E SUAS PARTES”

No segundo desenho, Ana explica ao espectador e a Pingo o que são vértice, aresta e face. Para isso, ela utiliza o aplicativo *Sólidos RA* de forma interativa, explorando os modelos em Realidade Aumentada enquanto apresenta cada conceito. A Figura 14 mostra a tela inicial do desenho:

Figura 14 – Tela inicial do segundo desenho



Fonte: Dados da pesquisa.

Ao manipular as figuras, Ana mostra diretamente onde estão os vértices, as arestas e as faces, tornando a explicação mais visual e acessível tanto para Pingo quanto para quem assiste. A Figura 15 traz quatro momentos:

Figura 15 – Desenvolvimento do conteúdo no segundo desenho



Fonte: Dados da pesquisa.

A animação demonstra, de forma clara, como movimentar, girar e ajustar as formas, favorecendo a compreensão dos elementos que compõem cada sólido com o

auxílio do aplicativo Sólidos RA. Ao término da exibição desse desenho, o professor pode propor atividades relacionadas ao conteúdo trabalhado. A atividade sugerida encontra-se descrita na seção 5.4. A Figura 16 mostra o cubo e o prisma que foram trabalhados durante o desenho:

Figura 16 – Imagem da reprodução do poliedro no aplicativo Sólidos RA



Fonte: Dados da pesquisa.

Na Figura 16, a primeira imagem mostra o cubo ao clicar em visualização 1 e, ao seu lado, ao clicar em visualização 3, mostram-se também o número de faces, arestas e vértices do cubo. No registro onde aparece o prisma vermelho, na primeira imagem, ele está na visualização 1; e, na imagem ao lado, é mostrada a visualização 4, acompanhada do número de faces do prisma.

5.3 DESENHO ANIMADO 3: “ANA E PINGO EM RELAÇÃO DE EULER”

O desenho animado tem como objetivo aproximar o conteúdo de Geometria Espacial da linguagem cotidiana das crianças, tornando o aprendizado mais natural e envolvente. Nesse desenho, Ana explica quem foi Euler e quais foram suas contribuições para a Matemática. Na Figura 17, mostra a tela inicial do terceiro desenho:

Figura 17 – Tela inicial do terceiro desenho



Fonte: Dados da pesquisa.

Ana apresenta a Relação de Euler de forma simples e didática, permitindo que o espectador compreenda o conceito enquanto interage com o aplicativo *Sólidos RA*, manipulando os poliedros e observando como vértices, arestas e faces se relacionam na prática. Ao final da apresentação desse desenho, o professor pode realizar atividades. Na seção 5.4, apresentamos a atividade sugerida. A Figura 18 a seguir apresenta alguns momentos do desenho:

Figura 18 – Desenvolvimento do conteúdo no terceiro desenho



Fonte: Dados da pesquisa.

Na primeira imagem, é apresentado o matemático Euler ao espectador. Ao lado, encontra-se a representação da Relação de Euler. Nas figuras inferiores, são ilustradas diferentes aplicações dessa relação em dois tipos de poliedros.

Dessa forma, os três desenhos apresentados nesta seção atuam como recurso para a compreensão dos conceitos de Geometria Espacial, aproximando o conteúdo do aluno de maneira leve e acessível. A interação entre Ana, Pingo e o aplicativo *Sólidos RA* favorece a visualização e a manipulação das figuras, permitindo que o estudante acompanhe o raciocínio e faça relações entre teoria e prática.

5.4 ATIVIDADES PROPOSTAS

Esta seção tem como objetivo apresentar as tarefas que serão realizadas após a apresentação dos RED. Juntamente com os recursos, foi elaborada uma sequência de atividades que compõem o Produto Educacional. Essas atividades têm a finalidade de reforçar os conteúdos explicados por Ana durante o desenho. Para isso, foram propostas tarefas semelhantes às que aparecem em livros didáticos, porém adaptadas às necessidades dos alunos com TEA, buscando favorecer a compreensão e a participação ativa durante o processo de aprendizagem.

5.4.1 Atividade poliedros e suas partes

Nessa atividade, os alunos deverão identificar e contar o número de vértices, faces e arestas dos poliedros apresentados. A proposta contém duas questões: em ambas, o aluno deve realizar a contagem desses elementos. Na primeira, ele poderá organizar as informações da forma que considerar mais adequada; na segunda, deverá registrar os dados em uma tabela específica.

Na Figura 19, são apresentados os exercícios sugeridos ao final da exibição do Desenho animado 2: “Ana e Pingo em poliedros e suas partes”, com as figuras que são vistas pelos alunos utilizando o aplicativo Sólidos RA:

Figura 19 – Atividade desenvolvida pela pesquisadora

1) Olhando o QR-code abaixo determine o número de faces, arestas e vértices:



2) Complete o quadro a seguir com o número de faces, vértices e arestas

Poliedro	Faces	Vértices	Arestas
Tetraedro			
Pentaedro			
Hexaedro			
Heptaedro			
Octaedro			
Dodecaedro			
Icosaedro			

Fonte: Dados da pesquisa.

5.4.2 Atividade Relação de Euler

A atividade realizada após a exibição do Desenho animado 3: “Ana e Pingo em Relação de *Euler*” inicia-se com uma questão na qual o aluno deve identificar o número de vértices, faces e arestas do poliedro apresentado, substituindo-os na Relação de Euler e verificando a igualdade entre os dois lados.

Nas questões 2 e 3, embora a proposta seja encontrar o número de arestas e vértices, respectivamente, a partir da fórmula, o aluno também pode obtê-los pela contagem direta no poliedro. Essa possibilidade constitui uma adaptação pensada para os alunos selecionados para a pesquisa, permitindo que construam a resposta de forma mais concreta. Já o exercício 4 retoma a mesma lógica da primeira questão, tanto no procedimento quanto no resultado esperado. A Figura 20 traz a atividade, juntamente com os poliedros visualizados pelos alunos no aplicativo Sólidos RA:

Figura 20 – Atividade desenvolvida pela pesquisadora

1) Com a relação de Euler verifique com os QR-Codes abaixo:



2) Sabendo que o poliedro abaixo tem 8 vértices e 6 faces determine usando a Relação de Euler o número de arestas dele:



3) Sabendo que o poliedro abaixo tem 15 arestas e 7 faces determine usando a Relação de Euler o número de vértices dele:



4) Quantas faces, arestas e vértices possuem o poliedro chamado de Hexaedro?



Fonte: Dados da pesquisa

Destarte, apresentamos neste capítulo os desenhos animados que compõem o Recurso Educacional Digital e a sequência de atividades que os acompanha. Tanto o desenho quanto as tarefas foram planejados para favorecer a compreensão dos conceitos de Geometria Espacial por meio da interação, visualização e manipulação dos poliedros no aplicativo *Sólidos RA*.

No capítulo seguinte, será apresentada a aplicação desses materiais no contexto da prática pedagógica, bem como as observações e resultados obtidos durante a aplicação do RED e das atividades.

6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Este capítulo tem como objetivo apresentar e analisar os dados obtidos durante o estudo de caso a partir da aplicação do Recurso Educacional Digital. Serão descritas as atividades desenvolvidas, bem como os registros observacionais e os interesses manifestados pelos participantes ao longo do processo. A análise busca evidenciar as contribuições do RED no processo de ensino e aprendizagem, especialmente no contexto dos estudantes com Transtorno do Espectro Autista conforme delineado nos objetivos da pesquisa.

6.1 FASE 1: PESQUISADORAS

6.1.1 Participantes

A primeira fase da pesquisa envolveu pesquisadoras da área de Educação Inclusiva, com experiência no atendimento a estudantes com Transtorno do Espectro Autista. O grupo foi composto inicialmente por cinco convidadas, das quais três participaram efetivamente da coleta de dados, respondendo ao questionário elaborado no *Google Forms*, disponibilizado entre os dias 22 e 31 de julho de 2025.

Para preservar a identidade das participantes, elas serão identificadas como Pesquisadora 1, Pesquisadora 2 e Pesquisadora 3:

- A Pesquisadora 1 atua em uma escola federal de Juiz de Fora, sendo responsável pela Sala de Atendimento Educacional Especializado.
- A Pesquisadora 2 também é responsável por uma sala de AEE, em uma escola municipal da mesma cidade, com foco nos anos iniciais do Ensino Fundamental.
- A Pesquisadora 3 integra um grupo de pesquisa sobre alunos com TEA na Faculdade de Educação da Universidade Federal de Juiz de Fora e é graduada em Educação Física, buscando desenvolver práticas que favoreçam a participação de todas as crianças em atividades lúdicas e motoras.

As participantes foram contatadas via *e-mail* e *WhatsApp*, recebendo o *link* do questionário juntamente com o acesso aos três vídeos da série “Ana e Pingo”, disponibilizados no canal da pesquisadora no *YouTube*.

6.1.2 Aplicação do Questionário e Análise dos Dados

O instrumento de coleta foi estruturado em três partes, cada uma delas referente a um dos vídeos do Recurso Educacional Digital:

- 1) Ana e Pingo em Realidade Aumentada;
- 2) Ana e Pingo em Poliedros e suas Partes;
- 3) Ana e Pingo com Euler.

a) Vídeo 1 – “Ana e Pingo em Realidade Aumentada”

As três pesquisadoras classificaram o vídeo como “Bom” dentre as opções *Ruim*, *Bom* e *Excelente*.

Quando questionadas sobre o uso do aplicativo *Sólidos RA* ser de fácil entendimento, as Pesquisadoras 1 e 3 responderam afirmativamente, enquanto a Pesquisadora 2 destacou que, apesar de suas limitações no uso de tecnologias, considerou o aplicativo fácil e objetivo. Ela acrescentou que, por serem geralmente atraídos por recursos digitais, os estudantes com TEA podem se beneficiar do uso de tecnologias como a Realidade Aumentada no processo de ensino e aprendizagem.

Entre as sugestões de melhoria, a Pesquisadora 1 propôs o aumento da tela lateral direita do vídeo; a Pesquisadora 2 ressaltou a importância de animações no ensino por estimularem o encantamento e o interesse das crianças; e a Pesquisadora 3 sugeriu a demonstração do funcionamento dos ícones do aplicativo durante a apresentação.

Quanto às contribuições da RA para o ensino de Matemática, as pesquisadoras fizeram os seguintes apontamentos:

- **Pesquisadora 1:** o uso de tecnologias familiares ao estudante tende a aumentar o engajamento.
- **Pesquisadora 2:** destacou o potencial da RA para promover motivação, socialização e desenvolvimento cognitivo, especialmente ao associar sons, movimentos e cores;
- **Pesquisadora 3:** enfatizou que a RA favorece a compreensão visual e o interesse pelo conteúdo;

Quantos aos aspectos positivos e negativos, foram identificados os seguintes:

- **Positivos:** interatividade, estímulo visual e ampliação da compreensão conceitual;
- **Negativos:** possível excesso de tempo de exposição a telas e limitações de acesso a tecnologias em escolas públicas.

As pesquisadoras também fizeram observações sobre os personagens: a Pesquisadora 1 considerou o cachorro Pingo atrativo para as crianças; a Pesquisadora 2 sugeriu que o personagem tivesse maior interação com Ana, podendo ser representado também em materiais concretos (como feltro ou pelúcia); e a Pesquisadora 3 sugeriu interação entre dois personagens humanos, a fim de diversificar os diálogos.

b) Vídeo 2 – “Ana e Pingo em Poliedros e suas Partes”

Novamente, as três pesquisadoras classificaram o vídeo como “Bom”. As Pesquisadoras 1 e 3 consideraram o material interessante para o ensino de Geometria, enquanto a Pesquisadora 2 destacou que a combinação de tecnologia, cores, sons e palavras-chave desperta curiosidade e engajamento nos estudantes.

A respeito da contribuição da Realidade Aumentada, todas concordaram que o recurso auxilia na compreensão dos conteúdos matemáticos. A Pesquisadora 2 sugeriu o uso combinado de pranchas de Comunicação Aumentativa e Alternativa

(CAA) e materiais manipuláveis, para favorecer o aprendizado de estudantes não oralizados.

Entre as sugestões de melhoria, fizeram os seguintes apontamentos:

- **Pesquisadora 1:** recomendou o uso de personagens humanos para evitar a infantilização das atividades;
- **Pesquisadora 2:** sugeriu que faces, vértices e arestas mudassem de cor durante a explicação;
- **Pesquisadora 3:** propôs maior participação falada de Pingo por reconhecer o interesse que estudantes com TEA demonstram por personagens animados.

Quanto às considerações gerais, foram destacados o cuidado com excessos de estímulos auditivos e a necessidade de equilíbrio entre sons e falas, evitando distrações.

c) Vídeo 3 – “Ana e Pingo em Relação de Euler”

Nesta etapa, apenas as Pesquisadoras 2 e 3 responderam ao questionário. Ambas classificaram o vídeo como “Bom”.

A Pesquisadora 2 considerou que a explicação inicial dos personagens foi subjetiva, sugerindo maior detalhamento e redução de elementos visuais simultâneos, como o Qr Code para evitar sobrecarga de estímulos.

Já a Pesquisadora 3 recomendou maior articulação gestual dos personagens durante a explicação da Relação de Euler para tornar a apresentação mais dinâmica.

6.1.3 Síntese e ajustes realizados na fase 1

Com base nas observações das pesquisadoras, foram implementadas modificações no RED “Ana e Pingo”, incluindo:

- aumento da participação do personagem Pingo nos diálogos;
- redução do volume das trilhas sonoras;
- ampliação da área da tela destinada à visualização do aplicativo Sólidos RA;
- destaque visual das arestas, vértices e faces dos poliedros durante as explicações.

A sugestão de incorporar materiais concretos não foi contemplada nesta etapa, uma vez que o foco da pesquisa é analisar o uso da tecnologia digital como ferramenta de apoio ao processo de ensino e aprendizagem de estudantes com TEA.

6.2 FASE 2: PROFESSORAS DE APOIO

6.2.1 Contexto e Participantes

A segunda fase da pesquisa teve como objetivo coletar e analisar a opinião das professoras de apoio dos alunos participantes acerca do Recurso Educacional Digital “*Ana e Pingo*” após as modificações sugeridas pelas pesquisadoras entrevistadas na Fase 1.

As docentes em questão atuam em uma escola estadual localizada no município de Leopoldina/MG, a qual é uma instituição pública que atende aos anos iniciais e finais do Ensino Fundamental e do Ensino Médio, totalizando 636 alunos, dos quais 24 possuem laudos de Transtorno do Espectro Autista.

A escola conta com sala de recursos multifuncionais, professores de apoio e especialistas em Educação Especial. O corpo docente é composto por 75 professores, sendo 16 professoras de apoio que acompanham diretamente os alunos em sala regular e duas docentes responsáveis pelo Atendimento Educacional Especializado.

A instituição oferece recursos de inclusão, como rampas de acesso e mobiliário adaptado, e adota práticas pedagógicas que envolvem toda a comunidade escolar. As docentes participantes foram contactadas pessoalmente pela pesquisadora-autora, que também atua na referida escola, e receberam, por meio do *WhatsApp*, os *links* dos três vídeos animados da série “*Ana e Pingo*”.

Nesse sentido, as professoras foram orientadas a assistir aos vídeos e registrar suas percepções, tanto positivas quanto negativas. Posteriormente, entre 07 e 09 de

agosto de 2025, foram realizadas entrevistas semiestruturadas individuais via *Google Meet*, considerando a disponibilidade de horários das participantes.

As três educadoras atuam como professoras de apoio e possuem formação em Educação Especial:

- **Professora 1:** Licenciada em Geografia, com habilitação em Educação Especial, atua desde 2024 na área. Relata que escolheu a Educação Especial por curiosidade e pela vontade de compreender melhor o trabalho com esses estudantes. Destaca como principal dificuldade a estrutura das escolas, com turmas numerosas e agitação excessiva, o que impacta diretamente os alunos com TEA.
- **Professora 2:** Licenciada em Pedagogia, com habilitação em Educação Especial, também atua desde 2024. Trabalhou durante 18 anos nos anos iniciais e buscou a Educação Especial para ampliar sua formação e compreender os desafios da inclusão. Ressalta como principal obstáculo a memória de curto prazo dos alunos com TEA e observa que as escolas públicas oferecem melhores condições estruturais que as privadas.
- **Professora 3:** Licenciada em Pedagogia, com habilitação em Educação Especial, possui dois anos de experiência como professora de apoio. Considera que a Educação Especial tem potencial para transformar a vida dos estudantes e destaca como principal desafio a baixa participação de algumas famílias no processo escolar.

6.2.2 Avaliação do Recurso Educacional Digital “Ana e Pingo”

As três docentes avaliaram o desenho animado como “Excelente” dentre as opções *Ruim, Regular, Bom e Excelente*.

Sobre aspectos a serem aprimorados, a Professora 1 sugeriu que o personagem Pingo tivesse mais falas e interações com Ana para aumentar o engajamento dos alunos. A Professora 2 considerou que o desenho não apresenta pontos de melhoria, enquanto a Professora 3 propôs que as ferramentas do aplicativo *Sólidos RA* fossem exibidas em tamanho maior, para melhor visualização.

Quanto à compreensão do aplicativo *Sólidos RA*, todas as professoras o classificaram como fácil de entender e utilizar. A Professora 1 destacou a clareza das explicações; a Professora 2 mencionou que os alunos autistas costumam ter afinidade com recursos tecnológicos, o que facilita o uso; e a Professora 3 acrescentou que a interatividade favorece a aprendizagem, inclusive dos estudantes com maiores dificuldades.

Por sua vez, as três docentes relataram não ter tido contato prévio com o uso da Realidade Aumentada em contextos educacionais.

6.2.3 Percepções sobre o uso da Realidade Aumentada

As educadoras foram unânimes em reconhecer o potencial da RA no ensino de Matemática:

- A Professora 1 afirmou que o recurso chama a atenção do aluno, favorecendo o foco nas atividades.
- A Professora 2 destacou que a RA combina o lúdico com o concreto, facilitando a compreensão visual dos conteúdos.
- A Professora 3 observou que a RA contribui para o desenvolvimento da atenção, do raciocínio e da interação entre os alunos.

Ao refletirem sobre o uso do desenho no ensino de Geometria, as três profissionais consideraram que ele é adequado para o público com TEA.

A Professora 1 ressaltou que as figuras e cores atraem a atenção dos estudantes, enquanto a Professora 2 destacou a visualização clara das pirâmides no vídeo sobre a Relação de Euller. Já a Professora 3 afirmou que o uso de personagens e cores vibrantes contribui para manter o interesse durante as aulas.

6.2.4 Abrangência e aplicabilidade do RED

As docentes também foram questionadas sobre a aplicabilidade do desenho em turmas com e sem estudantes com TEA:

- A Professora 1 considerou o uso interessante até o 6º ano, pois os alunos mais velhos tendem a ter outros interesses, como jogos digitais.
- A Professora 2 acredita que o recurso pode ser utilizado em todas as turmas do Ensino Fundamental II por dialogar com o universo tecnológico dos estudantes.
- A Professora 3 destacou que o formato colorido e a presença de Pingo atraem a atenção de todos os alunos, independentemente do diagnóstico.

Quanto aos aspectos positivos e negativos do uso da RA, as educadoras fizeram os seguintes apontamentos:

- **Professora 1:**

- Aspectos positivos: adequação à era digital e potencial de engajamento docente;
- Aspectos negativos: falta de infraestrutura tecnológica nas escolas públicas.

- **Professora 2:**

- Aspectos positivos: fácil acesso pelo YouTube;
- Aspectos negativos: uso excessivo de telas por parte dos alunos.

- Professora 3: apontou apenas aspectos positivos, destacando o desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático.

6.2.5 Observações específicas sobre o desenho

As docentes também ofereceram observações pontuais sobre o design e a sonorização:

- A Professora 1 sugeriu que a voz do Pingo fosse infantil e elogiou a sincronia entre fala, imagem e fórmulas apresentadas.
- A Professora 2 elogiou a voz atual do Pingo, destacando que o vídeo prende a atenção e que o uso do QR Code entregue aos alunos é mais adequado do que exibi-lo fixamente ao lado da personagem.
- A Professora 3 ressaltou a clareza e objetividade da voz do Pingo, adequada aos alunos com TEA, que necessitam de comandos curtos e diretos.

6.2.6 Relação com os alunos acompanhados

As professoras também refletiram sobre a reação esperada de seus alunos específicos:

- A Professora 1, que acompanha um aluno do 6º ano, acredita que ele demonstrará interesse pelo recurso, especialmente por sua afinidade com Matemática.
- A Professora 2, que acompanha um aluno do 9º ano, avalia que o estudante gostará da Realidade Aumentada, pois tem facilidade com tecnologia.
- A Professora 3, que acompanha dois alunos do 8º ano, relatou que ambos demonstram afinidade com cores vivas e animais, o que favorece o engajamento com o personagem Pingo e os vídeos animados.

6.2.7 Síntese e ajustes realizados na Fase 2

A partir das observações das professoras, foram implementadas novas melhorias no desenho “Ana e Pingo”, incluindo:

- maior participação do personagem Pingo nos diálogos;
- ampliação das ferramentas do aplicativo Sólidos RA para melhor visualização;
- ajustes sutis na dinâmica de interação entre os personagens.

Após essas modificações, o Recurso Educacional Digital atualizado foi apresentado aos estudantes com TEA, etapa detalhada na Fase 3 desta dissertação.

6.3 FASE 3: APLICAÇÃO DO RED COM OS PARTICIPANTES – ALUNOS COM TEA

Nesta fase, procedemos à aplicação do Recurso Educacional Digital juntamente aos estudantes selecionados, com base nas etapas metodológicas previstas para o estudo de caso. Participaram quatro discentes diagnosticados com Transtorno do Espectro Autista, todos matriculados nos anos finais do Ensino Fundamental. A seguir, apresentamos a caracterização individual dos participantes e o relato detalhado da interação de cada um com os vídeos da série “Ana e Pingo” e com o aplicativo Sólidos RA.

Para preservar o anonimato dos participantes, os estudantes serão identificados nesta pesquisa como Aluno 1, Aluno 2, Aluno 3 e Aluno 4.

6.3.1 Caracterização dos participantes

- Aluno 1: 11 anos, cursa o 6º ano. Possui diagnóstico de TEA e deficiência auditiva que compromete sua fala. Não utiliza medicação e não frequenta a sala de recursos por decisão da família. Demonstra interesse por jogos digitais, bicicleta e atividades lógicas, tendo sido medalhista da Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas-Mirim. Apresenta dificuldades de memorização, embora responda positivamente a recursos digitais. A família acompanha de forma próxima sua vida escolar.
- Aluno 2: 14 anos, cursa o 8º ano. Diagnóstico de TEA com dificuldades de atenção e regulação emocional. Mostra-se mais responsável a estímulos visuais e interativos, necessitando de mediação em atividades de abstração. A concentração é limitada, mas há engajamento em propostas lúdicas. O suporte familiar é presente e efetivo.
- Aluno 3: 14 anos, também do 8º ano. Diagnóstico de TEA associado ao TDAH. Faz uso de medicação e acompanhamento psicoterápico. É tímido, sensível a mudanças e apresenta dificuldades em leitura, escrita e raciocínio lógico,

necessitando de constante apoio pedagógico. Mostra-se mais ativo em propostas práticas, especialmente quando mediadas por adultos de confiança.

- Aluno 4: 13 anos, cursa o 9º ano. Diagnóstico de TEA com comorbidades como epilepsia e dermatite atópica emocional. Em acompanhamento multiprofissional e uso de medicação contínua, apresenta sonolência como efeito colateral. Tem interesse por leitura, LEGO, bicicleta e atividades com os pais. Mostra dispersão e compreensão leitora limitada, mas se esforça para realizar as tarefas quando orientado.

6.3.2 Contexto da aplicação

As atividades foram realizadas de forma individualizada na sala de informática da escola, escolhida por ser isolada das demais salas e proporcionar maior tranquilidade. Embora a instituição conte com uma sala de Atendimento Educacional Especializado, esta não foi utilizada devido à indisponibilidade de horário, já que os atendimentos com os alunos ocorriam do turno da manhã. As sessões foram conduzidas entre os dias 25 de agosto e 24 de setembro de 2025, sempre nos horários em que a pesquisadora possuía disponibilidade: quartas-feiras (15h50 às 16h40) e quintas-feiras (15h00 às 15h50).

Na primeira sessão, foram trabalhados os vídeos “Ana e Pingo em Realidade Aumentada” e “Ana e Pingo em Poliedros e suas partes”. Na segunda sessão, foi exibido o vídeo “Ana e Pingo em Relação de Euller”. Os alunos não possuíam aparelho celular, portanto utilizaram o dispositivo da própria pesquisadora. Todos os encontros foram gravados para posterior análise.

6.3.3 Descrição da aplicação

- **Aluno 1**

O Aluno 1 foi apresentado ao desenho “Ana e Pingo em Realidade Aumentada” e demonstrou bastante atenção. Durante a exibição, ele acompanhava o passo a passo pelo celular, reproduzindo no aplicativo as ações que a personagem Ana realizava no vídeo.

Após finalizar o desenho, a pesquisadora disponibilizou diversos QR Codes para o aluno explorar. Ele passou um tempo utilizando o aplicativo e experimentando suas funções com diferentes figuras geométricas. Durante esse processo, não houve necessidade de intervenção da pesquisadora, pois o aluno interagiu de forma autônoma com o aplicativo, comentando que achava a atividade “*muito legal e diferente*”.

Na segunda etapa do encontro, o aluno assistiu ao desenho “Ana e Pingo em Poliedros e Suas Partes”. Tal como anteriormente, manteve-se concentrado e seguiu as orientações propostas, utilizando novamente o aplicativo *Sólidos RA*. Ao término, a pesquisadora realizou a seguinte pergunta:

Pesquisadora: O que são vértice, aresta e face?

Aluno 1: Os vértices são os pontos, as arestas são as linhas e as faces, por exemplo, no cubo, tem 6 faces.

Pesquisadora: Isso mesmo. Agora vou te passar algumas atividades para fazer utilizando o aplicativo *Sólidos RA*.

Na Figura 21, é possível observar a atividade realizada pelo aluno:

Figura 21 – Atividade feita pelo Aluno 1

1) Olhando o Qr-code abaixo determine o número de faces, arestas e vértices:
7 faces, 14 arestas e 10 vértices



5 8, 6 9 a, 6 v

2) Complete o quadro a seguir com o número de faces, vértices e arestas

Poliedro		Faces	Vértices	Arestas
Tetraedro		4	4	6
Pentaedro		5	5	8
Hexaedro		6	8	12
Heptaedro		7	7	12

		F	V	A
Octaedro		8	6	12
Dodecaedro		11	23	32
Icosaedro		11	12	26

Fonte: Dados da pesquisa.

O Qr Code que era apresentado nos exercícios também era dado impresso ao aluno para que este pudesse interagir com as figuras conforme achasse conveniente. Assim, o Aluno 1 começou apontando o celular para o Qr Code dado. Em seguida, ele contava os vértices, arestas e faces dos poliedros.

Ao fazer o primeiro exercício, questionou:

Aluno 1: *O que é mesmo aresta?*

Pesquisadora: *São as linhas que aparecem no poliedro.*

Durante o processo, o discente optou por trabalhar com os Qr Codes que estavam no exercício e deixou os impressos de lado.

Durante o processo de execução do exercício, o Aluno 1 ficou concentrado o tempo todo. Ocasionalmente, perguntava:

Aluno 1: *O que é vértice e aresta mesmo?*

Pesquisadora: *Vértice são os pontos e as arestas as linhas.*

O estudante prosseguiu fazendo os exercícios, mas observamos que, quando os poliedros possuem muitos vértices, arestas e faces, ele se confunde e não conta todos. Ao final desse encontro, apresentamos o questionamento:

Pesquisadora: *Gostou do aplicativo?*

Aluno 1: *Sim, muito legal.*

No segundo encontro, o Aluno 1 foi apresentado ao desenho “**Ana e Pingo em Relação de Euler**”. Durante a exibição, fizemos pausas para que o aluno pudesse acompanhar, passo a passo, utilizando o aplicativo no celular. Assim como nos encontros anteriores, ele permaneceu concentrado e engajado na atividade.

Ao final do desenho, apresentamos a seguinte questão:

Pesquisadora: *Vamos relembrar, o que é vértice, aresta e face?*

Aluno 1: *Os vértices são os pontos.*

Em seguida, mostrou no Sólidos RA o poliedro e apontou com os dedos as arestas:

Pesquisadora: Então as arestas são as linhas?

Aluno 1: Sim.

Pesquisadora: Isso, e as faces?

O aluno mostrou com os dedos no poliedro que estava no aplicativo o que era as faces. Em seguida, foi pedido a ele que fizesse a atividade proposta. A Figura 22 traz o registro feito pelo discente:

Figura 22 – Atividade feita pelo Aluno 1

1) Com a relação de Euller verifique com os QR-Codes abaixo:

$$\begin{aligned} V+F &= 2+A \\ 8+6 &= 2+14 \\ 14 &= 14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V+F &= 2+A \\ 7+8 &= 2+14 \\ 15 &= 16 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V+F &= 2+A \\ 6+6 &= 2+6 \\ 12 &= 12 \end{aligned}$$

2) Sabendo que o poliedro abaixo tem 8 vértices e 6 faces determine a Relação de Euller o número de arestas dele:

$$\begin{aligned} V+F &= 2+A \\ 8+6 &= 2+12 \\ 14 &= 14 \end{aligned}$$

3) Sabendo que o poliedro abaixo tem 15 arestas e 7 faces determine a Relação de Euller o número de vértices dele:

$$\begin{aligned} V+F &= 2+A \\ 10+7 &= 2+15 \\ 17 &= 17 \end{aligned}$$

4) Quantas faces, arestas e vértices possuem o poliedro chamado de Hexaedro?

$$\begin{aligned} V+F &= 2+A \\ 8+6 &= 2+12 \\ 14 &= 14 \end{aligned}$$

Fonte: Dados da pesquisa.

Tal como anteriormente, juntamente com os exercícios, foram entregues ao aluno QR Codes impressos para que ele pudesse fazer as atividades conforme achasse melhor. Deixamos o desenho parado na tela na Relação de Euler para ajudá-lo.

Durante a execução da atividade o aluno rodava o QR Code, ao invés de girar a figura pela tela:

Pesquisadora: *Por que você está girando o Qr Code ao invés de girar a figura na tela?*

Aluno 1: *Porque eu acho mais fácil!!*

Ao fazer o segundo exercício, intervimos mostrando que, ao utilizar a visualização 3 do aplicativo, tornava-se mais fácil contar as arestas dos poliedros.

O Aluno 1 não pediu ajuda em nenhuma questão. No primeiro exercício, ele ainda não havia compreendido que os dois lados da Relação de Euler deveriam ser iguais, porém observamos que, a partir do segundo exercício, ele comprehende e começa a achar os dois lados da Relação iguais. O aluno não precisou da nossa intervenção para compreender tal igualdade.

Ao final da aplicação, fizemos a pergunta:

Pesquisadora: *Gostou da Ana e do Pingo?*

Aluno 1: *Sim!! També entendi o que é vértice, aresta e face, para quando a professora explicar lá na sala.*

• Aluno 2

No primeiro encontro com o Aluno 2, fizemos a apresentação do desenho “Ana e Pingo em Realidade Aumentada”. Ele, assim como o Aluno 1 prestou bastante atenção. Após a execução do desenho, apresentamos alguns QR Codes para o aluno, que apresentou facilidade para interagir com o aplicativo e não precisou da nossa intervenção.

Em seguida, apresentamos o desenho “Ana e Pingo em Poliedros e suas partes”. Tal como no primeiro momento, o Aluno 2 prestou atenção e acompanhou

com o celular o que era indicado pela Ana. Após a exibição do desenho, fizemos a seguinte pergunta:

Pesquisadora: O que é vértice?

Aluno 2: São os pontos

Pesquisadora: O que é aresta?

Aluno 2: As arestas são as linhas.

Pesquisadora: O que são as faces?

Aluno 2: é o que estava entre as linhas.

Em seguida, o discente fez as atividades propostas como mostra a Figura 23:

Figura 23 – Atividade feita pelo Aluno 2

1) Olhando o Qr-code abaixo determine o número de faces, arestas e vértices.



F₄, A₆, V₄



F₅, A₉, V₆

2) Complete o quadro a seguir com o número de faces, vértices e arestas

Poliédro	Qr-code	Faces	Vértices VERTICES	Arestas ARESTAS
Tetraedro		4	6	4
Pentaedro		5	8	5
Hexaedro		6	12	6
Heptaedro		7	11	7

Octaedro		8	12	12
Dodecaedro		12	20	30
Icosaedro		20	12	30

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao iniciar o exercício 1, fez uma pergunta:

Aluno 2: *Como colocar os valores?*

Pesquisadora: *Pode colocar só a primeira letra para identificar.*

O estudante fez as atividades sem pedir auxílio da pesquisadora. Ao fazer a segunda atividade, registrou a seguinte observação:

Aluno 2: *As figuras maiores são mais difíceis de ver os vértices.*

Pesquisadora: *Gira a figura com o dedo polegar e o dedo indicador para ficar mais fácil de identificar.*

Ao terminar as atividades e entregá-las, verbalizou a seguinte informação:

Aluno 2: *Na tabela eu confundi o lugar dos vértices e das arestas. Posso colocar em cima da tabela quem é o quê?*

Pesquisadora: *Claro.*

No segundo encontro, foi apresentado o desenho “Ana e Pingo em Relação de Euller” para o Aluno 2. Neste dia, ele estava disperso durante a apresentação do desenho animado e só acompanhou com o celular o primeiro Qr-code que é apresentado no desenho.

Assim como ocorreu com o Aluno 1, deixamos a Relação de Euler no monitor para ajudar o aluno:

Pesquisadora: *Você deve chegar dos dois lados do igual com o mesmo valor.*

Aluno 2: *Você pode colocar de novo o desenho na parte que explica.*

Pesquisadora: *Claro!*

Desta vez, o Aluno 2 prestou atenção no que a Ana explicava. Ao final do desenho, verbalizou:

Aluno 2: Nessa fórmula, V é vértice, F é face e A é aresta?

Pesquisadora: Isso mesmo.

Em seguida foi entregue a ele as atividades que trabalham tais conceitos. A figura 24 mostra como o Aluno 2 fez as atividades:

Figura 24 – Atividade feita pelo Aluno 2

- 1) Com a relação de Euler verifique com os QR-Codes abaixo:

$$\begin{aligned}V + F &= 2 + A \\8 + 6 &= 2 + 12 \\14 &= 14\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V + F &= 2 + A \\20 + 12 &= 2 + 30 \\32 &= 32\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V + F &= 2 + A \\4 + 4 &= 2 + 6 \\8 &= 8\end{aligned}$$

- 2) Sabendo que o poliedro abaixo tem 8 vértices e 6 faces determine usando a Relação de Euler o número de arestas dele:

$$\begin{aligned}V + F &= 2 + A \\8 + 6 &= 2 + 12 \\14 &= 14\end{aligned}$$

- 3) Sabendo que o poliedro abaixo tem 15 arestas e 7 faces determine usando a Relação de Euler o número de vértices dele:

$$\begin{aligned}V + F &= 2 + A \\10 + 6 &= 2 + 15 \\16 &= 16\end{aligned}$$

- 4) Quantas faces, arestas e vértices possuem o poliedro chamado de Hexaedro?

$$\begin{aligned}V + F &= 2 + A \\4 + 6 &= 2 + 12 \\10 &= 10\end{aligned}$$

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao realizar os exercícios, o estudante manteve-se em silêncio, concentrado na tarefa. Solicitou ajuda apenas para identificar qual QR Code correspondia a cada atividade. Observamos que o Aluno 2 apresentou dificuldades nos exercícios que envolviam figuras com maior quantidade de vértices e arestas.

Ao final do encontro, fizemos o seguinte questionamento:

Pesquisadora: o que você achou das atividades e do aplicativo?

Aluno 2: Achei muito legal!!

• Aluno 3

Durante o primeiro encontro, foi apresentado ao vídeo “Ana e Pingo em Realidade Aumentada”. O aluno acompanhou atentamente a exibição inicial. Explicamos o funcionamento do aplicativo *Sólidos RA*, solicitando que ele segurasse o celular para experimentar as funções. No entanto, o estudante apresentou dificuldade motora fina para movimentar o objeto na tela, sendo necessário que segurássemos o aparelho enquanto ele realizava os gestos de interação:

Pesquisadora: Você gostou do aplicativo?

Aluno 3: “Aham!”

Em seguida, foram entregues os QR Codes correspondentes às figuras geométricas. A pesquisadora manteve-se próxima, auxiliando no processo de exploração dos sólidos virtuais. O aluno demonstrou curiosidade e reagia positivamente ao ver os objetos tridimensionais se formando na tela, acompanhando com expressões faciais e curtas vocalizações.

No segundo momento, foi exibido o vídeo “Ana e Pingo em Poliedros e suas partes”. O estudante manteve a atenção nas imagens, embora se distraísse quando interagia com o aplicativo. Ao final da exibição, apresentamos as atividades impressas, porém o estudante recusou-se a escrever.

Pesquisadora: Posso escrever para você?

O aluno acenou afirmativamente com a cabeça. A Figura 25 apresenta a atividade feita pelo Aluno 3:

Figura 25 – Atividade feita pelo Aluno 3

1) Olhando o QR-code abaixo determine o número de faces, arestas e vértices.


 $V = 6$
 $A = 6$
 $F = 6$


 $V = 5$
 $A = 9$
 $F = 5$

2) Complete o quadro a seguir com o número de faces, vértices e arestas

Poliédro		Faces	Vértices	Arestas
Tetraedro		4	4	6
Pentaedro		5	5	8
Hexaedro		6	8	12
Heptaedro		7	7	12

Octaedro		8	7	12
Dodecaedro		12	20	23
Icosaedro		15	17	29

Fonte: Dados da pesquisa.

Passamos, então, a registrar as respostas conforme as indicações do estudante. Durante o processo, orientávamos com o dedo o que deveria ser contado no poliedro virtual. O aluno realizava a contagem em voz alta, com pequenas imprecisões numéricas:

Pesquisadora: Vamos lá? Esse....

Aluno 3: 1,2,3,4,5,6,7, 9.

Pesquisadora: 8.

Aluno 3: 8,9.

Apesar das dificuldades com a contagem, o discente demonstrou compreensão conceitual ao identificar corretamente as partes do poliedro:

Pesquisadora: O que é vértice?

(**Aluno 3** apontou na tela para os vértices.)

Pesquisadora: E o que é aresta?

(**Aluno 3** apontou corretamente novamente.)

Pesquisadora: E as faces?

(**Aluno 3** indicou com precisão as faces na figura virtual.)

Assim como os Alunos 1 e 2, o Aluno 3 também apresentou dificuldades em poliedros que possuíam muitos vértices, faces e arestas.

No segundo encontro, foi exibido o vídeo “Ana e Pingo em Relação de Euler”. Nesta sessão, o aluno manteve-se mais concentrado na narrativa, acompanhando o conteúdo com expressões de interesse. Durante a atividade prática subsequente, a continuamos auxiliando na manipulação do celular e na contagem dos elementos. Em seguida a apresentação do desenho, propusemos a seguinte iniciativa:

Pesquisadora: vamos fazer as atividades? Você quer escrever hoje?

(**Aluno 3** assentiu com a cabeça.)

A Figura 26 a seguir mostra as atividades feitas pelo Aluno 3:

Figura 26 – Atividade feita pelo Aluno 3

1) Com a relação de Euler verifique com os QR-Codes abaixo:



$$0+6=12+2$$



$$74+2=2$$



$$8+8=14+2$$



$$76=76$$

2) Sabendo que o poliedro abaixo tem 8 vértices e 6 faces determine usando a Relação de Euler o número de arestas dele:



$$0+6=12+2$$

$$14=14$$

3) Sabendo que o poliedro abaixo tem 15 arestas e 7 faces determine usando a Relação de Euler o número de vértices dele:



$$10+9=15+2$$

$$72=77$$

4) Quantas faces, arestas e vértices possuem o poliedro chamado de Hexaedro?



$$0+6=12+2$$

$$14=14$$

$$1) \text{ } 0+6+6=10+2$$

$$72=72$$

Fonte: Dados da pesquisa.

Para fazer as atividades, segurávamos o celular e orientávamos com o dedo as partes do poliedro. Por sua vez, o Aluno 3 apresentava as mesmas dificuldades relatadas anteriormente quanto à contagem. Ao somar, procedemos à utilização dedos para que o aluno pudesse fazer as contas:

Pesquisadora: Você tem o número 8 em mente; agora, vou acrescentar mais seis.

Assim, ele contava os dedos a partir do número 9.

Nas atividades que possuíam muitas arestas e vértices, o discente apresentou dificuldades em contá-los. Não intervimos nesse momento.

Ao final da atividade, fizemos a pergunta:

Pesquisadora: *Os dois lados estão iguais?*

(Aluno 3 balançou a cabeça em sinal positivo.)

• Aluno 4

No primeiro encontro com o Aluno 4, inicialmente apresentamos o desenho “Ana e Pingo em Realidade Aumentada”. Durante a execução do desenho, o estudante prestou atenção ficando concentrado ao que a Ana explicava.

Após assistir ao desenho, distribuímos vários QR Codes para que o Aluno 4 pudesse interagir com o aplicativo. O discente apresentou destreza na utilização do aplicativo. Não foi necessário intervirmos, e ele conseguiu interagir com todas as funcionalidades do Sólidos RA.

No segundo momento do encontro, colocamos o desenho “Ana e Pingo em Poliedros e suas partes”. O aluno prestou atenção no desenho interagindo com o celular conforme a Ana explicava. Em seguida, questionou:

Aluno 4: *Então o que é vértice, face e aresta?*

Utilizando o aplicativo Sólidos RA, explicamos:

Pesquisadora: *Os vértices são esses pontos que estão em destaque nesse poliedro, as arestas são essas linhas e as faces são esses polígonos aqui.*

Após a exibição do desenho, transmitimos a seguinte informação ao estudante:

Pesquisadora: *Você vai fazer essas atividades que estou dando, utilizando o aplicativo.*

A Figura 27 a traz o registro da atividade feita pelo Aluno:

Figura 27 – Atividade feita pelo Aluno 4

1) Olhando o QR-code abaixo determine o número de faces, arestas e vértices:



2) Complete o quadro a seguir com o numero de faces, vértices e arestas

Polidro		Faces	Vértices	Arestas
Tetraedro		4	4	6
Pentaedro		5	5	8
Hexaedro		6	8	12
Heptaedro		7	9	14

	F	V	A	
Octaedro		8	6	12
Dodecaedro		12	20	30
Icosaedro		15	20	30

Fonte: Dados da pesquisa.

Durante a execução da atividade, procedemos à seguinte orientação:

Pesquisadora: Pode utilizar a primeira letra para identificar as partes do poliedro.

Aluno 4: V é para vértice ou face?

Pesquisadora: v é para vértice e o f é para face.

Ele fez o exercício 1 sem precisar de auxílio, ao começar o exercício 2 disse:

Aluno 4: Os vértices são os pontos, né?

Pesquisadora: Isso.

Aluno 4: As linhas são as arestas né?

Pesquisadora: Isso.

Aluno 4: E as faces são o que está dentro das linhas né?

Pesquisadora: Isso mesmo.

Em seguida, o aluno fez a atividade. Durante a execução do exercício, fizemos a seguinte intervenção:

Pesquisadora: Você tem que contar as linhas laterais do poliedro, olha você só está contando as linhas de cima e de baixo.

Aluno 4: Estava esquecendo mesmo.

Assim, o Aluno 4 continuou fazendo os exercícios sem auxílio da pesquisadora.

No segundo encontro, apresentamos o desenho “Ana e Pingo em Relação de Euler”. Antes de receber o celular, o aluno demonstrou interesse pelo vídeo, mantendo atenção ao que a personagem Ana explicava. Porém, ao receber o celular para acompanhar as orientações, passou a focar apenas no aparelho, deixando de acompanhar o desenho.

Diante disso, a pesquisadora optou por explicar a Relação de Euler sem o auxílio do vídeo, utilizando apenas o aplicativo. Após a explicação, questionamos:

Pesquisadora: O que é vértice, aresta e face?

Aluno 4: Vértice são os pontos, a aresta as linhas e as faces o que estava dentro das linhas.

A pesquisadora orientou o aluno a colocar a relação no canto da folha para utilizá-la sempre que for preciso. Ele escreveu e começou a fazer os exercícios propostos. A Figura 28 registra a atividade feita pelo Aluno 4:

Figura 28 – Atividade feita pelo Aluno 4

1) Com a relação de Euler verifique com os QR-Codes abaixo:



$$\begin{aligned} V+F &= 2+A \\ 6+7 &= 2+10 \\ 13 &= 12 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} V+F &= 2+A \\ 8+6 &= 2+12 \\ 14 &= 14 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} V+F &= 2+A \\ 12+6 &= 2+18 \\ 18 &= 18 \end{aligned}$$

2) Sabendo que o poliedro abaixo tem 8 vértices e 6 faces determine usando a Relação de Euler o número de arestas dele:



$$\begin{aligned} V+F &= 2+A \\ 8+6 &= 2+12 \\ 14 &= 14 \end{aligned}$$

3) Sabendo que o poliedro abaixo tem 15 arestas e 7 faces determine usando a Relação de Euler o número de vértices dele:



$$\begin{aligned} V+F &= 2+A \\ 10+7 &= 2+15 \\ 17 &= 17 \end{aligned}$$

4) Quantas faces, arestas e vértices possuem o poliedro chamado de Hexaedro?



$$\begin{aligned} V+F &= 2+A \\ 8+6 &= 2+12 \\ 14 &= 14 \end{aligned}$$

Fonte: Dados da pesquisa.

Diferentemente do primeiro encontro, o aluno não solicitou uma segunda explicação dos conceitos e realizou as atividades com atenção. No primeiro exercício, ele não identificou a igualdade presente na relação. Já o terceiro exercício continha um número maior de vértices e faces, o que tornou sua resolução mais complexa. Ao final do encontro, fizemos a pergunta derradeira:

Pesquisadora: O que você achou do aplicativo?

Aluno 4: Achei bem legal e fácil de mexer.

6.4 ANÁLISE DOS DADOS

Esta seção apresenta a análise dos dados obtidos a partir da aplicação das atividades propostas após a interação dos alunos com o Recurso Educacional Digital “Ana e Pingo” com o intuito de verificar a compreensão dos conceitos geométricos abordados e avaliar o impacto da utilização da Realidade Aumentada no processo de ensino e aprendizagem

6.4.1 Primeiro Encontro: interação com o aplicativo *Sólidos RA*

Após a exibição do primeiro vídeo “Ana e Pingo em Realidade Aumentada”, os estudantes foram convidados a interagir com o aplicativo *Sólidos RA*, que permite a visualização de poliedros em três dimensões por meio de QR Codes. Os quatro alunos participantes conseguiram manipular os objetos digitais, mesmo com diferentes níveis de habilidade motora e cognitiva.

Destacamos o desempenho do Aluno 3, que, apesar de apresentar maiores dificuldades motoras e comunicativas, conseguiu utilizar o aplicativo com auxílio da pesquisadora dentro de suas possibilidades. A experiência revelou-se significativa para todos os participantes, gerando engajamento e foco durante a exploração, reforçando a premissa de Escobedo *et al.* (2014) de que o uso da Realidade Aumentada aprimora e potencializa a atenção dos alunos com TEA.

A visualização tridimensional dos poliedros contribuiu de forma expressiva para a compreensão dos elementos geométricos. Essa observação corrobora a perspectiva de Cardoso *et al.* (2014) ao defenderem que a Realidade Aumentada, por integrar elementos virtuais ao ambiente real, amplia a percepção e compreensão do conteúdo didático, dispensando, em muitos casos, a necessidade de objetos físicos.

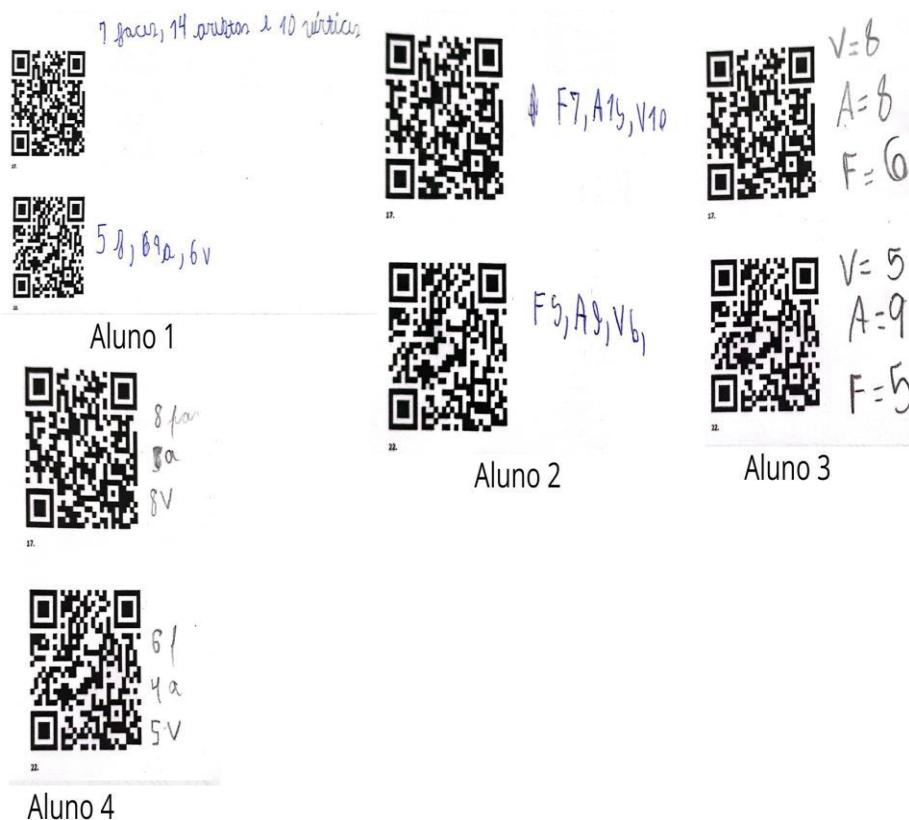
6.4.2 Segundo encontro: compreensão de poliedros e seus elementos

Com a exibição do segundo vídeo, “Ana e Pingo em Poliedros e suas partes”, os estudantes foram orientados a realizar duas atividades relacionadas aos conceitos de vértice, aresta e face.

Na primeira atividade, os Alunos 1 e 2 demonstraram compreensão imediata das instruções. O Aluno 3 compreendeu o conceito de face e aresta ao explorar o

segundo Qr-code. Já o Aluno 4 apresentou dificuldade inicial, trocando os valores de vértices e faces no segundo Qr-code, o que pode estar relacionado à confusão visual entre os símbolos “f” e “v”, previamente identificada. A Figura 29 ilustra as respostas dos participantes:

Figura 29 – Atividade 1 feita pelos alunos da pesquisa



Fonte: Dados da pesquisa.

Tais diferenças de desempenho reforçam o argumento de Fernandes, Silva e Silva (2021), segundo o qual estudantes com TEA apresentam trajetórias de aprendizagem distintas, com variações em suas facilidades e dificuldades.

Na segunda atividade, que exigia análise de poliedros mais complexos, observamos maior dificuldade por parte dos alunos para identificar elementos quando o número de arestas, vértices e faces era elevado. Ainda assim, foi possível notar evolução na compreensão conceitual. A Figura 30 apresenta os registros dessa etapa:

Figura 30 – Atividade 2 feita pelos alunos da pesquisa

A L U N O 4	Tetraedro		4	34	6
A L U N O 4	Pentaedro		5	5	3
A L U N O 1	Hexaedro		6	8	12 16 16
A L U N O 1	Heptaedro		7	7	12
A L U N O 3	Octaedro		8	7	12
A L U N O 3	Dodecaedro		12	20	23
A L U N O 2	Dodecaedro		10	34	12
A L U N O 2	Icosaedro		20	27	12

Fonte: Dados da pesquisa.

Os estudantes conseguiram nomear os elementos corretamente com base nas suas observações, evidenciando apropriação conceitual. Como afirma Vygotsky (1988), a linguagem funciona como instrumento de mediação do pensamento, e o uso dos termos técnicos por parte dos alunos sinaliza desenvolvimento cognitivo em relação ao conteúdo trabalhado.

6.4.3 Terceiro encontro: aplicação da Relação de Euler

Na última etapa, os estudantes assistiram ao vídeo “Ana e Pingo em Relação de Euler” e realizaram atividades para aplicar a fórmula ($V + F = 2 + A$).

No primeiro exercício, apenas o Aluno 3 comprehendeu plenamente que ambos os lados da equação deveriam apresentar o mesmo valor. Os demais não chegaram ao resultado correto, o que aponta a necessidade de reforço conceitual. A Figura 31 apresenta essa atividade:

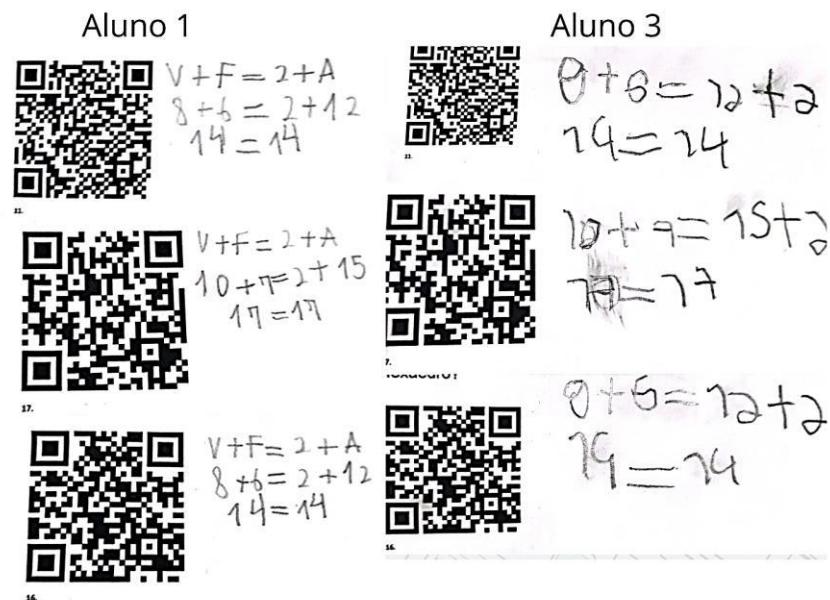
Figura 31 – Atividade feita pelos alunos participantes da pesquisa

Aluno 1  $V+F=2+A$ $8+6=2+14$ $14=16$  $V+F=2+A$ $7+8=2+14$ $15=16$  $V+F=2+A$ $6+6=2+6$ $12=8$	Aluno 2  $V+F=2+A$ $8+2=2+12$ $10=12$  $V+F=2+A$ $6+6=2+6$ $12=9$  $V+F=2+A$ $6+6=2+6$ $12=8$
Aluno 3  $9+6=12+2$ $15=15$  $8+3=11+2$ $11=11$  $11+2=13+2$ $13=13$	
Aluno 4  $V+F=2+A$ $8+7=2+6$ $15=15$  $V+F=2+A$ $8+7=2+8$ $15=15$  $6+6=2+11$ $12=13$	

Fonte: Dados da pesquisa.

Nos exercícios seguintes, os Alunos 1 e 3 conseguiram aplicar corretamente a fórmula, realizando as contagens de vértices, arestas e faces com precisão. A Figura 32 registra suas respostas:

Figura 32 – Atividade feita pelos alunos participantes da pesquisa

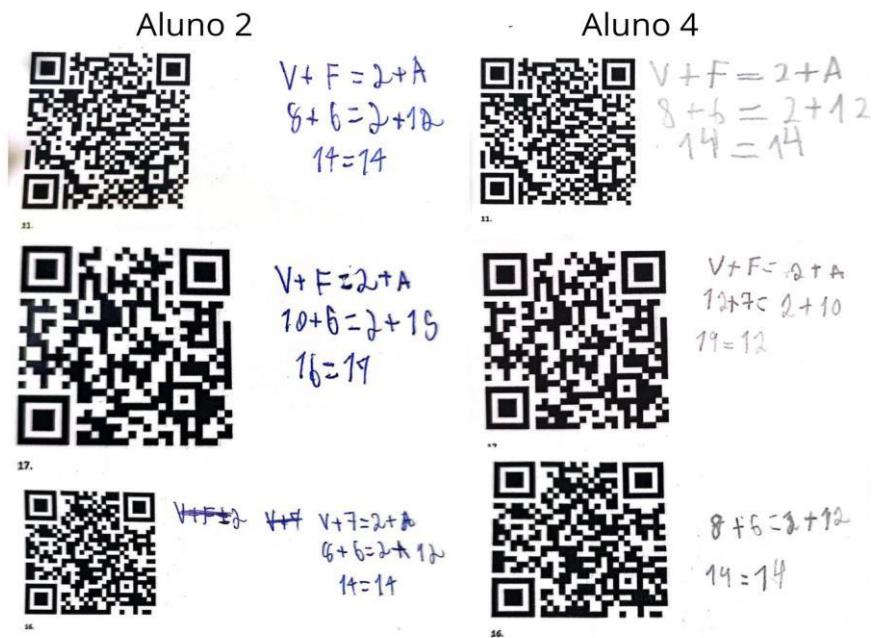


Fonte: Dados da pesquisa.

Os Alunos 2 e 4 apresentaram dificuldades na questão 3. O Aluno 2 errou ao contar o número de faces, registrando 6 em vez de 7, o que pode indicar distração pontual. Já o Aluno 4 cometeu erros ao contar vértices e arestas, o que reflete possíveis dificuldades de abstração ou visualização espacial.

A análise das atividades evidenciou que os alunos com TEA aprenderam de forma significativa quando tiveram acesso a recursos que respeitam suas particularidades cognitivas e sensoriais. Essa constatação está alinhada com o que afirmam Takinaga e Manrique (2018) ao defender que o ensino da Matemática para estudantes com TEA deve ser planejado considerando suas características específicas e as estratégias mais adequadas às suas habilidades. Assim, observamos que a personalização do ensino é condição essencial para promover uma aprendizagem efetiva e inclusiva. A Figura 33 ilustra essas produções:

Figura 33 – Atividade feita pelos alunos participantes da pesquisa



Fonte: Dados da pesquisa.

A análise das atividades evidenciou que os estudantes compreenderam os conceitos fundamentais de vértice, aresta e face, bem como demonstraram crescente autonomia no uso do aplicativo *Sólidos RA*. A possibilidade de manipular os objetos geométricos tridimensionais contribuiu de forma significativa para o aprendizado, sobretudo para os alunos com maiores desafios cognitivos ou motores.

A tecnologia da Realidade Aumentada mostrou-se eficaz na mediação da aprendizagem da Geometria Espacial, promovendo engajamento, acessibilidade e apropriação dos conteúdos de forma lúdica e concreta. Os dados apontam que, quando aliada a uma abordagem pedagógica planejada, a RA pode tornar-se uma ferramenta potente para a educação inclusiva, beneficiando especialmente alunos com TEA.

6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

A partir da análise das três fases da pesquisa – (i) avaliação por pesquisadores de crianças com TEA, (ii) avaliação por professoras de apoio da Educação Especial e (iii) aplicação junto aos estudantes com Transtorno do Espectro Autista –, foi possível identificar contribuições relevantes do uso da Realidade Aumentada no ensino da

Geometria Espacial, bem como aspectos que potencializam ou limitam sua utilização em contextos inclusivos.

A elaboração do RED, composto por três vídeos animados com elementos lúdicos, linguagem acessível e mediação de conteúdos matemáticos por meio da interação entre personagens e recursos visuais, mostrou-se adequada ao público-alvo. O planejamento pedagógico adotado favoreceu a estruturação do material em etapas progressivas de aprendizagem: introdução ao aplicativo, exploração conceitual de poliedros e aplicação da Relação de Euler.

Na etapa de validação com professoras atuantes na Educação Especial, constatou-se que o RED foi avaliado como excelente por todas as participantes. As sugestões fornecidas, como o aumento da participação do personagem Pingo e o aprimoramento visual das ferramentas do aplicativo *Sólidos RA*, contribuíram para o aprimoramento do recurso. Ademais, as docentes reconheceram o potencial da Realidade Aumentada para ampliar o engajamento, facilitar a visualização de conceitos abstratos e promover a inclusão de estudantes com TEA no processo de aprendizagem matemática.

Durante a aplicação com os alunos, observamos que a interação com o aplicativo e os vídeos possibilitou a apropriação dos conceitos de vértice, aresta, face e Relação de Euler, ainda que com níveis variados de compreensão. Destacamos a capacidade dos estudantes de manipular objetos virtuais em 3D, realizar atividades propostas com crescente autonomia e verbalizar o que foi aprendido, mesmo diante de desafios relacionados à abstração ou comunicação.

A análise das produções dos alunos evidenciou que o uso da RA contribuiu significativamente para a compreensão visual e concreta de conceitos geométricos, tradicionalmente considerados abstratos e de difícil assimilação para esse público. Além disso, foi possível perceber que a utilização de um Recurso Educacional Digital planejado com base nas especificidades dos estudantes com TEA promoveu maior engajamento, interesse e foco, sendo um importante aliado no processo de ensino e aprendizagem.

7 PRODUTO EDUCACIONAL “TEARA – INCLUSÃO NA PALMA DA MÃO”

O Produto Educacional (PE) constitui uma forma de tornar pública a pesquisa desenvolvida no âmbito de um mestrado profissional, configurando-se como um recurso que incorpora estratégias educacionais capazes de qualificar a prática pedagógica (MAZIERO, 2021).

O PE elaborado nesta pesquisa consiste em um manual que reúne diretrizes e recomendações pedagógicas fundamentadas nos achados empíricos do estudo. Seu objetivo é apoiar o ensino de Geometria Espacial a estudantes com Transtorno do Espectro Autista matriculados no Ensino Fundamental II.

O material destina-se a professores de Matemática e de Educação Inclusiva, oferecendo subsídios para que possam apresentar e desenvolver os conteúdos de Geometria Espacial de maneira diferenciada e inclusiva, tanto com alunos diagnosticados com TEA quanto com aqueles que não apresentam esse diagnóstico.

7.1 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O Produto Educacional, intitulado “TEARA – Inclusão na palma da mão”, consiste em um manual direcionado a professores de Matemática e de Educação Inclusiva. O material centra-se no uso do Recurso Educacional Digital, composto por três vídeos, denominados “Ana e Pingo em Realidade Aumentada”, “Ana e Pingo em Poliedros e Suas Partes” e “Ana e Pingo em Relação de Euller”, como estratégia para apoiar o ensino e a aprendizagem de Geometria Espacial por estudantes com Transtorno do Espectro Autista. A Figura 34 ilustra a capa do manual:

Figura 34 – Capa e-book “TEARA - Inclusão na palma da mão”



Fonte: Dados da pesquisa.

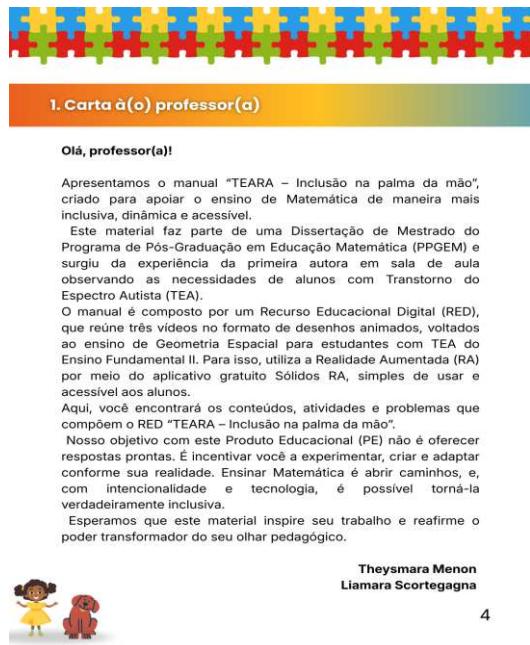
Em seguida, apresenta-se a estrutura do manual, destacando as seções que o compõem: carta ao professor, descrição do produto educacional, fundamentação teórica, apresentação do RED “Ana e Pingo”, guia de utilização do material e atividades complementares:

Figura 35 – Estrutura do manual

Fonte: Dados da pesquisa.

O manual tem início com a seção “Carta ao professor”, que promove um diálogo acolhedor e motivador com o leitor, apresentando os objetivos do material e sua relação com a prática docente e com a pesquisa desenvolvida no mestrado. A escrita busca criar proximidade, articulando teoria e cotidiano escolar de maneira sensível e acessível:

Figura 36 – Carta ao professor



Fonte: Dados da pesquisa.

Na sequência, apresenta-se a proposta do guia, ressaltando que ele surge da experiência docente e está articulado ao PPGEM/UFJF. A seção “Sobre o Produto Educacional” detalha a finalidade do material, sua conexão com a dissertação e as etapas da pesquisa que sustentaram sua elaboração:

Figura 37 – Sobre o Produto Educacional

2. Sobre o Produto Educacional

Este manual constitui o Produto Educacional (PE) exigido no âmbito do mestrado profissional e está vinculado à Linha de Pesquisa 2 do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática (PPGEM) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF): Tecnologias da Informação e Comunicação na Educação Matemática.

A pesquisa teve como objetivo identificar e avaliar as contribuições da Realidade Aumentada para potencializar o processo de ensino e aprendizagem de Geometria Espacial em estudantes com o Transtorno do Espectro Autista e desenvolveu um Recurso Educacional Digital composto por três vídeos no formato de desenho animado, intitulado "Ana e Pingo", acompanhado de duas atividades para serem aplicadas. O material foi pensado para alunos do Ensino Fundamental II com Transtorno do Espectro Autista. Para a validação do RED, a pesquisa foi aplicada em uma escola pública e abrangeu todas as etapas necessárias como:

- Levantamento teórico;
- Desenvolvimento e aplicação do RED;
- Elaboração e aplicação de uma sequência didática;
- Uso de instrumentos de observação;
- Análise dos resultados obtidos em sala;

A metodologia de desenvolvimento e aplicação do PE foi apresentada de forma clara e objetiva na dissertação, e sua aplicabilidade foi comprovada durante o desenvolvimento da pesquisa conforme exigido para produtos educacionais resultantes de pesquisas de mestrado.

Além disso, este material está disponível gratuitamente no site do PPGEM/UFJF e no Repositório EduCAPES, ampliando seu alcance e permitindo que outros professores e pesquisadores possam utilizá-lo e reaplicá-lo.

5

Fonte: Dados da pesquisa.

O embasamento teórico traz uma síntese sobre o Transtorno do Espectro Autista, Educação Matemática Inclusiva e Realidade Aumentada reforçando a importância das tecnológicas no ensino de Matemática:

Figura 38 – Embasamento teórico

3. Breve Referencial Teórico

TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA

Quando a escola acolhe essa perspectiva, não apenas os alunos com deficiência se beneficiam, mas toda a comunidade escolar, pois o ensino passa a ser pensado para diferentes formas de aprender (Mantoan, 2015). No entanto, esse processo ainda encontra desafios, especialmente no ensino de Matemática, que exige estratégias mais concretas e visualizações que facilitem a compreensão, sobretudo para estudantes com TEA.

Nesse sentido, a Educação Matemática Inclusiva propõe práticas que respeitem as características desses alunos, oferecendo materiais e recursos adequados às suas necessidades (Skovsmose, 2019). O Desenho Universal para a Aprendizagem contribui nesse caminho ao orientar o planejamento de aulas flexíveis, acessíveis e motivadoras para todos (Pletsch et al., 2021).

Nesse contexto, o uso de tecnologias torna-se um aliado importante. Elas estão cada vez mais presentes no cotidiano e na escola, oferecendo novas possibilidades de ensino e aprendizagem. Como destacam Sales e Kenski (2021), as tecnologias digitais permitem currículos mais abertos e aprendizagens diferenciadas. A própria BNCC reconhece essa importância ao indicar, em sua Competência 5, o uso crítico, significativo e reflexivo das tecnologias digitais (Brasil, 2018), além de reforçar que o ensino para alunos com deficiência requer planejamento equitativo e práticas pedagógicas inclusivas.

Apesar dos avanços, ainda há dificuldades na implementação dessas práticas e na divulgação de tecnologias assistivas, o que reforça a importância de repensar metodologias e fortalecer o compromisso com uma escola verdadeiramente inclusiva.



Fonte: Dados da pesquisa.

Em seguida, foi apresentado o RED “Ana e Pingo” em formato de desenho animado, composto por três episódios voltados ao ensino de Geometria Espacial para estudantes do Ensino Fundamental II com TEA. Por meio das aventuras de Ana e seu companheiro Pingo, os conteúdos são apresentados de forma simples, visual e concreta:

Figura 39 – RED “Ana e Pingo”



Figura 1 – Recurso Educacional Digital



Fonte: Dados da pesquisa.

10

Fonte: Dados da pesquisa.

Na sequência, os episódios do desenho são apresentados individualmente, com uma breve síntese do conteúdo abordado em cada um, acompanhada de suas respectivas durações:

Figura 40 – Apresentação do desenho



11

Fonte: Dados da pesquisa

Mais adiante, é apresentado o guia para usar o “TEARA – Inclusão na palma da mão”, explicando como utilizar os três desenhos animados que integram o Produto Educacional “TEARA – Inclusão na palma da mão”. O guia descreve os requisitos para aplicação (equipamentos, QR Codes e aplicativo), o público-alvo, o tempo necessário e orientações para cada uma das três aulas: passos para introdução, exibição dos vídeos, realização das atividades e critérios de avaliação:

Figura 41 – Guia para aplicação

11. Guia para usar o "TEARA – Inclusão na palma da mão"

Nesta seção, será detalhado como usar os três desenhos animados que constituem o RED “Ana e o Pingo” e que compõem o material do PE “TEARA – Inclusão na palma da mão”. Eles serão apresentados em ordem cronológica.

Dados para aplicação do RED:

O local de aplicação deverá contar com um telão ou televisão para que todos os alunos assistam juntos, ou permitir que assistam individualmente pelo computador, ou até mesmo pelo celular, desde que tenham acesso ao YouTube.

Os alunos devem estar com o aparelho celular em mãos e com o aplicativo Sólidos RA previamente instalado. O professor pode solicitar que façam o download em casa ou auxiliá-los antes do início da apresentação do RED.

Os professores devem anteriormente imprimir os QR Codes para a utilização com os alunos. Estes se encontram no Anexo I deste PE ou na opção “Informações” no aplicativo Sólidos RA.

- Público-alvo: alunos do Ensino Fundamental II (6º ano ao 9º ano).
- Tempo: 3 aulas de 50 minutos (uma aula para cada Desenho animado do RED).



14

Fonte: Dados da pesquisa.

O material traz dicas de leituras e atividades diferenciadas que podem complementar o uso do PE:

Figura 42 – Atividades complementares



12. Atividades complementares

Dicas de Leitura:

- Lei de Inclusão Lei nº 13.146/2015.
- SOARES, Karolayne Paiva. Utilização de ferramentas de realidade aumentada para ajudar em tarefas psicopedagógicas com crianças pertencentes ao transtorno do espectro autista. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica e de Computação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.
- GAMA DOS ANJOS, Marya Sylvia; PALHETA, Fabiano Landin Rafaé; SOUSA, Igor Ángelo de; SOUZA, Emanuela Freitas de; RUSCHIVAL, Claudete Barbosa. O uso da realidade virtual e aumentada como tecnologia assistiva para o tratamento de pessoas com paralisia cerebral: uma revisão integrada da literatura. Design, Tecnologia e Sociedade, Universidade de Brasília (UnB), [s.d.].
- MENON, Thaysmara. Realidade aumentada na educação matemática: promovendo a inclusão de estudantes com Transtorno do Espectro Autista. 2025. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2025.



17

Fonte: Dados da pesquisa.

O manual se encerra com o texto “Ao professor”, que traz uma mensagem final motivadora. Esta seção ressalta que a prática docente, quando combinada à sensibilidade, ao uso intencional das tecnologias e ao compromisso com a inclusão, pode enriquecer as experiências educativas e as possibilidades de participação e desenvolvimento dos alunos:

Figura 43 – Ao professor



13. Ao professor

Este Produto Educacional foi criado com o propósito de apoiar o trabalho do professor e aumentar as possibilidades de ensino do domínio da Matemática de maneira inclusiva. Esperamos que este material contribua para tornar as aulas mais acessíveis, dinâmicas e significativas, especialmente para alunos com Transtorno do Espectro Autista.

O material foi pensado para ser usado, preferencialmente, em cada sala de aula individualizada, conforme a sua turma e sua realidade. Que ele possa servir como apoio, inspiração e ponto de partida para novas práticas e reflexões no cotidiano escolar.

Desejamos que este recurso fortaleça o compromisso com uma educação mais humana, sensível e aberta às diferentes formas de aprender, reafirmando que o olhar do professor faz toda a diferença na construção de uma escola verdadeiramente inclusa.

Que este material sirva como um apoio elaborado com cuidado para sua prática.

Thaysmara e Llamara



19

Fonte: Dados da pesquisa.

O documento completo do Produto Educacional, com orientações de aplicação, sugestões de mediação e atividades complementares, está disponível no Repositório Institucional do PPGEM⁷ e da UFJF, de forma que possa ser acessado publicamente e utilizado em diferentes contextos educacionais.

⁷ Disponível em: <https://www2.ufjf.br/ppgedumat/publicacoes/>.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo investigar e apresentar possíveis respostas para a seguinte questão da pesquisa: De que maneira é possível potencializar o processo de ensino e aprendizagem de Geometria Espacial para crianças com Transtorno do Espectro Autista utilizando a tecnologia de Realidade Aumentada (RA)? Assim, retomou-se o objetivo geral, que compreende identificar e avaliar as contribuições da Realidade Aumentada no Ensino de Geometria Espacial para estudantes com TEA.

Inicialmente, realizamos uma RSL que buscou por produções que abordassem o tema “tecnologia para o ensino de matemática para crianças com TEA”. As buscas contemplaram o período de 2008 a 2023. Escolhemos esse ínterim porque, no ano de 2008, é elaborada a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva (Brasil, 2008) e, ainda, apresentado o a Revisão Sistemática de Literatura. Esse foi o passo inicial para a pesquisa, pois, diante dos resultados obtidos, focamos em quais tecnologias poderemos utilizar – no caso, a Realidade Aumentada.

Ademais, através da RSL, estabelecemos a base do Referencial Teórico, pois foram observados quais obras eram mais citadas nos dez trabalhos analisados. Nesse sentido, destacam-se as leis que orientam na inclusão dos alunos com TEA nas salas de aula regulares e como as tecnologias podem auxiliar nesse processo. Segundo a BNCC, os alunos devem ser alfabetizados digitalmente, o que pode auxiliar no desenvolvimento integral das crianças com Transtorno do Espectro Autista. Reforça-se o uso da Realidade Aumentada como forma de colaborar nessa alfabetização, visto que essa tecnologia demonstrou ser eficaz e mais envolvente, dada a maneira única como as combinações de diferentes tipos de representações visuais são assimilados e compreendidos mais facilmente do que as pistas não visuais (Wang; Zhang; Chô, 2020).

Nesse contexto, a Educação Matemática Inclusiva se faz necessária para o processo de ensino e aprendizagem de todos os alunos nas salas de aula, de tal forma que reconheça as individualidades de cada aluno e promova a relação e comunicação de todos. Nas palavras de Skovsmose (2019), trata-se de uma educação para a justiça

social, apesar de ser um conceito contestado e, também, se referir a uma prática contestada por algumas pessoas.

Para tanto, utilizamos a metodologia *Design Science Research*, que visou ao desenvolvimento de um artefato. No contexto desta dissertação, desenvolvemos especificamente um Recurso Educacional Digital para auxiliar na solução da questão da pesquisa. Para a elaboração desse RED, seguimos a metodologia MOA de Scortegagna (2016), na qual cada produção passou pelas cinco fases: análise, projeto, implementação, revisão, submissão/publicação.

O RED “Ana e Pingo” foi desenvolvido em três episódios (vídeos) em formato de desenho animado. O primeiro desenho teve como foco a apresentação da tecnologia Realidade Aumentada e no manuseio do aplicativo Sólidos RA. Já no segundo desenho, foram trabalhados os conteúdos de vértice, face e aresta. Por fim, no terceiro e último, apresentou-se o conteúdo *Relação de Euller*.

Ao final dos episódios dois e três, foi sugerida uma lista de atividades que reforça os conteúdos apresentados, utilizando o aplicativo Sólidos RA.

Os RED passaram por duas fases de avaliação. A fase 1 analisou a percepção de pesquisadores da Educação Inclusiva acerca do Recurso Educacional Digital “Ana e Pingo”. As contribuições apresentadas pelas três pesquisadoras indicaram que o RED possuía potencial para favorecer o ensino de Geometria Espacial a estudantes com Transtorno do Espectro Autista, especialmente por integrar elementos de visualização, animação e interação por meio da Realidade Aumentada.

Ademais, as pesquisadoras fizeram sugestões para melhoria dos desenhos animados, as quais foram acolhidas e resultaram em modificações no RED, contribuindo para tornar sua estrutura mais clara, atrativa e adequada às características dos estudantes-alvo.

Na fase 2, a pesquisa buscou conhecer a opinião das professoras de apoio sobre o Recurso Educacional Digital “Ana e Pingo” após a primeira rodada de ajustes. As docentes, depois de assistir aos vídeos, participaram de uma entrevista semiestruturada. Nesse contexto, destacaram o potencial do RED para favorecer atenção e compreensão, principalmente com o uso da Realidade Aumentada. Relataram facilidade no uso do aplicativo Sólidos RA e reconheceram a aplicabilidade do recurso em diferentes turmas. Também apontaram como sugestões o aumento da participação do personagem Pingo e a ampliação das ferramentas do aplicativo,

mudanças que foram realizadas antes da aplicação final com os alunos.

O estudo de caso realizado com quatro alunos diagnosticados com Transtorno do Espectro Autista evidenciou que o Recurso Educacional Digital “Ana e Pingo”, aliado ao uso do aplicativo Sólidos RA, proporcionou avanços significativos na compreensão dos conteúdos de Geometria Espacial. A utilização da Realidade Aumentada, ao integrar o ambiente real com elementos virtuais tridimensionais, favoreceu a visualização concreta de conceitos abstratos, como faces, arestas e vértices, que, tradicionalmente, representam desafios à aprendizagem dos estudantes.

Durante os encontros, foi possível perceber o envolvimento ativo dos alunos diante das atividades propostas e do enredo apresentado no desenho animado. O interesse pelo recurso tecnológico se refletiu na atenção dedicada às explicações e na disposição em interagir com os personagens e os objetos virtuais. Além disso, a verbalização espontânea das descobertas e a capacidade de relacionar o que era visto com os sólidos apresentados demonstraram que os alunos assimilaram os conceitos trabalhados de forma significativa. Assim, constatou-se que o uso da Realidade Aumentada não apenas potencializou o processo de ensino e aprendizagem, como também se mostrou um instrumento inclusivo, capaz de promover participação, engajamento e compreensão conceitual entre estudantes com TEA.

Durante a aplicação desta pesquisa, constatou-se que as tecnologias se configuraram como importantes aliadas dos professores no ensino de Matemática. Contudo, elas não têm o propósito de substituí-los, uma vez que sua utilização pedagógica requer intencionalidade, planejamento e mediação humana qualificada. Ademais, é imprescindível que o professor conheça o aluno, suas características e necessidades educacionais, a fim de realizar de forma adequada a transposição didática dos conteúdos e promover uma aprendizagem significativa.

Entretanto, este estudo apresenta limitações, como o perfil dos estudantes com TEA, pois esses apresentam particularidades individuais, inerentes ao Transtorno do Espectro Autista, o que influencia as interações com o recurso, não sendo possível abranger toda a diversidade do espectro, além do tempo de aplicação. Portanto, os resultados não são generalizáveis, embora revelem indícios relevantes para práticas pedagógicas inclusivas mediadas por tecnologias digitais. Destarte, sugere-se, para pesquisas futuras, a ampliação e diversidade dos participantes, bem como a utilização

da Realidade Aumentada em outros conteúdos matemáticos e em diferentes níveis de ensino.

Retomando a questão de pesquisa: De que maneira é possível potencializar o processo de ensino e aprendizagem de Geometria Espacial para crianças com Transtorno do Espectro Autista utilizando a tecnologia de Realidade Aumentada (RA)?, os resultados obtidos a partir da aplicação da pesquisa permitem constatar que o uso da Realidade Aumentada, articulado a um Recurso Educacional Digital e à mediação docente, potencializa o ensino de Geometria Espacial para crianças com Transtorno do Espectro Autista. Tal potencialização ocorre ao favorecer a visualização, a interação e a compreensão de conceitos tridimensionais, respeitando as especificidades do processo de aprendizagem desses estudantes.

Logo, a partir desta investigação, acreditamos que o Produto Educacional desta pesquisa possa ser utilizado pelos professores que se virem engajados no uso das tecnologias na Educação Inclusiva. O Produto Educacional, intitulado “TEARA-Inclusão na palma da mão”, tem como objetivo favorecer o ensino de Geometria Espacial a estudantes diagnosticados com Transtorno do Espectro Autista, utilizando o recurso Realidade Aumentada. É composto por três desenhos animados denominados “Ana e Pingo”, sendo estes: *Ana e Pingo em Realidade Aumentada*; *Ana e Pingo em Poliedros e suas partes*; e *Ana e Pingo em Relação de Euler*. As animações apresentam os conceitos de vértice, face, aresta e Relação de Euler, interagindo com o aplicativo Sólidos RA. O produto inclui ainda atividades complementares e orientações pedagógicas voltadas a professores de Matemática e Educação Inclusiva, sendo um recurso acessível, gratuito e adaptável a diferentes contextos escolares. Dessa forma, o TEARA promove a interação entre o real e o virtual, estimula a curiosidade e a atenção dos estudantes e contribui para uma Educação Matemática mais inclusiva e significativa.

Nesse sentido, espera-se que o estudo desenvolvido nesta dissertação sirva como subsídio aos futuros pesquisadores que buscam trabalhos relacionados a essa temática.

REFERÊNCIAS

- ALVES, B. A. S.; FACEROLI, S. T.; XAVIER, A. P. Jogo sério em realidade aumentada para o ensino da matemática: uma avaliação de usabilidade com crianças na condição do espectro autista. *Seminários de Trabalho de Conclusão de Curso do Bacharelado em Sistemas de Informação*, Juiz de Fora, v. 6, n. 1, p. 1-12, 2020.
- AMORIM, L. L. *Contribuições do aplicativo Sólidos RA para o desenvolvimento da visualização geométrica na perspectiva da realidade aumentada*. 2022. 104 f. Monografia (Graduação) – Licenciatura em Matemática, Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2022.
- ANGELUCI, A. C. B. et al. DESIGN SCIENCE RESEARCH COMO MÉTODO PARA PESQUISAS EM TIC NA EDUCAÇÃO. *Anais do CIET:EnPED:2020 - (Congresso Internacional de Educação e Tecnologias | Encontro de Pesquisadores em Educação a Distância)*, São Carlos, ago. 2020. ISSN 2316-8722. Disponível em: <https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2020/article/view/1023>. Acesso em: 25 jan. 2025.
- ANJOS, M. S. G. et al. O uso da Realidade Virtual e Aumentada como Tecnologia Assistiva para o tratamento de pessoas com paralisia cerebral: Uma revisão integrativa da literatura. *Revista De Design, Tecnologia E Sociedade*, v. 11, n. 1, 2024. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/design-tecnologia-sociedade/article/view/51269>. Acesso em: 19 set. 2024.
- ATHERTON, G.; CROSS, L. Seeing more than human: Autism and anthropomorphic theory of mind. *Frontiers in psychology*, v. 9, p. 528, 2018.
- BALOG, L. C.; RIBEIRO, L. R. G. LetRA: Realidade Aumentada aplicada na alfabetização de crianças com Transtorno do Espectro do Autismo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE JOGOS DIGITAIS E ENTRETENIMENTO (SBGAMES), 9, Recife, 2019. *Anais [...]*. Recife: CIn/UFPE, 2020. p. 795-797.
- BELISÁRIO FILHO, J. F.; CUNHA, Patrícia. *A educação especial na perspectiva da inclusão escolar*. Transtornos globais do desenvolvimento. Brasília: Ministério da Educação; Secretaria de Educação Especial, 2010. 43p.
- BERENGUER, C. et al. Exploring the impact of augmented reality in children and adolescents with autism spectrum disorder: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 17, n. 17, p. 6143, 2020.
- BERSCH, R. *Introdução à tecnologia assistiva*. Porto Alegre: CEDI, 2008.
- BERSCH, R; SCHIRMER, C. Tecnologia assistiva no processo educacional. In: BRASIL. *Ensaios pedagógicos: construindo escolas inclusivas*. Brasília. Ministério da Educação; Secretaria de Educação Especial, p. 87-92, 2005.
- BRASIL. Lei n.º 12.764, de 27 de dezembro de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção dos Direitos da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista; e altera o § 3º

do art. 98 da Lei nº 8.112, de 11 de dezembro de 1990. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, seção 1, p. 2, 28 dez. 2012. Acesso em 08 jul. 2024.

BRASIL. Lei 13.146, de 06 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, seção 1, p. 2, 07 jul. 2015. Acesso em 08 jul. 2024.

BRASIL. Lei 13.977, de 08 de janeiro de 2020. Altera a Lei nº 12.764, de 27 de dezembro de 2012 (Lei Berenice Piana), e a Lei nº 9.265, de 12 de fevereiro de 1996, para instituir a Carteira de Identificação da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista (Ciptea), e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, seção 1, p. 1, 09 jan. 2020. Acesso em 08 jul. 2024.

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

BRASIL. Ministério da Educação. *Censo Escolar 2023. Resumo Técnico*. Brasília, 2023.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto editora, 1994.

CARDOSO, R.; PEREIRA, S. T; CRUZ, J .H.; Almeida, W. R. M. Uso da realidade aumentada em auxílio à Educação. *Anais do Computer on the Beach*, v. 5, p. 330-339, 2014.

CARVALHO, L. T.; DA CUNHA, M. X. C. Abc autismo animais: Um aplicativo para auxiliar a aprendizagem de crianças com autismo. *XVIII SBGames*, p. 875-882, 2019.

CUNHA, P. R et al.. *Transtorno do espectro autista: principais formas de tratamento*. Trabalho de Curso apresentado a disciplina do curso de Psicologia. Faculdade UNA de Catalão – UNACAT. Catalão/GO, 2021, 15p.

DEMO, P. *Metodologia para quem quer aprender*. São Paulo: Editora Atlas SA, 2000.

DONADIA, V. Usos da Informática no ensino de Matemática: *alunos com Transtorno do Espectro Autista do 5º e 6º anos em escolas de Vila Velha/ES*. 2020. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência, Tecnologia e Educação), _ Programa de Mestrado Profissional em Ciência, Tecnologia e Educação, Faculdade Vale do Cricaré, São Mateus/ES, 2020.

ESCOBEDO, L. et al. Using augmented reality to help children with autism stay focused. *IEEE Pervasive Computing*, v. 13, n. 1, p. 38-46, 2014.

FERNANDES, S. H. A. A. Educação matemática inclusiva: adaptação x construção. *REIN - Revista Educação Inclusiva*, v. 1, n. 1, p. 78-95, 2017.

FERNANDES, J. P. M. N.; SILVA, R. B.; SILVA, A. C. da. Prática Pedagógica para o Ensino de Geometria para Alunos com Transtorno do Espectro Autista nas Séries Iniciais do Ensino Fundamental. In: SEMINÁRIO DE EDUCAÇÃO (SEMIEDU), 29,

2021, Cuiabá. *Anais [...]*. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021. p. 1100-1109. ISSN 2447-8776.

FERREIRA, J. F.; LIRA, M. R. *Aplicativo de jogos matemáticos como ferramenta assistiva no processo de ensino-aprendizagem com estudante com autismo leve*. 2020. 11f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Educação Especial na perspectiva Inclusiva) _ Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Educação Especial na Perspectiva Inclusiva, Universidade de Pernambuco, Nazaré da Mata, 2020. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/handle/123456789/9473>. Acesso em: 25 set. 2024.

FRAZ, J. N. Tecnologia Assistiva e Educação Matemática: experiências de inclusão no ensino e aprendizagem da Matemática nas deficiências visual, intelectual e auditiva. *Revista de Educação Matemática*, v. 15, n. 20, p. 523–547, 2018. Disponível em: <https://www.revistasbemsp.com.br/index.php/REMat-SP/article/view/248>. Acesso em: 29 set. 2024.

FRAZÃO, A. A. N et al. Tecnologia Assistiva: Aplicativos Inovadores para estudantes com Deficiência Visual / Assistive Technology: Innovative Applications for Students with Visual Disabilities. *Brazilian Journal of Development*, 6(11), 2020. 85076–85089. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n11-066>

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. Editora Atlas SA, 2002.

GRÜTZMANN, T. P.; LEBEDEFF, T. B.; ALVES, R. S. Tecnologia assistiva: uma possibilidade com os vídeos de Matemática com Libras do projeto MathLibras. *Redin – Revista Educacional Interdisciplinar*, v. 8, n. 1, p. 1-12, 2019.

GUBERT, L. L. S. *Uso de tecnologias assistivas no Ensino de Matemática em salas de recursos multifuncionais em uma rede municipal de ensino*. 2022. 123f. Dissertação (Mestrado em Ensino) _ Programa de Pós-Graduação em Ensino, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Foz do Iguaçu, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo Demográfico 2022*. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/22827-censo-demografico-2022.html>. Acesso em: 20 mar. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). *Censo Escolar da Educação Básica 2023: Resumo Técnico*. Brasília, 2024. Disponível em: https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/resumo_tecnico_censo_escolar_2024.pdf. Acesso em: 10 mar. 2025.

KITCHENHAM, B. *Procedures for Performing Systematic Reviews*. Joint Technical Report Software Engineering Group, Department of Computer Science Keele University, United King and Empirical Software Engineering, National ICT Australia Ltd, Australia, 2004,

LIMA, P. Os Direitos das Crianças com Espectro Autismo. *JusBrasil*, Salvador, dez. 2021. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/artigos/os-direitos-das-criancas-com-espectro-autismo/1335669989>. Acesso em: 08 jul. 2024.

LIU, R. et al. (2017). Feasibility of an autism-focused augmented reality smartglasses system for social communication and behavioral coaching. *Frontiers in pediatrics*, 2017 Jun 26;5:145. doi: 10.3389/fped.2017.00145. PMID: 28695116; PMCID:PMC 5483849.

MANTOAN, M. T. E. *Inclusão escolar: o que é? Por quê? Como fazer?* São Paulo: Summus Editorial, 2015.

MELO, F. A. F. *Construção de sequências didáticas com realidade aumentada para alunos com Transtorno do Espectro Autista nos anos finais do Ensino Fundamental – 6º ano.* 2021. 81f. Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação em Tecnologias Educacionais) – Instituto Metrópole Digital, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

MENDES, L. C.; REIS, D. A. Public policies for inclusive education in Brazil and Bahia: advances and returns. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 3, p. e5110312989, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i3.12989. Disponível em: <https://rsd.journal.org/index.php/rsd/article/view/12989>. Acesso em: 13 out. 2024.

MILLI, E. P.; CORRÊA, G. A.; Reis Thiengo, E. R. Educação especial e educação matemática inclusiva. *Imagens Da Educação*, v. 14, n. 1, p. 184-203, 2024. <https://doi.org/10.4025/imagenseduc.v14i1.65633>

MILGRAM, P.; TAKEMURA, H.; UTSUMI, A.; KISHINO, F. Augmenting reality: a class of display on the reality-virtuality continuum. *Proceedings the SPIE: Telemanipulator and Telepresence Technologies*, v. 2351, p. 282–292, 1994.

MOREIRA, G. E. A educação matemática inclusiva no contexto da pátria educadora e do novo PNE: reflexões no âmbito do GD7. *Educação Matemática Pesquisa Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática*, v. 17, n. 3, p. 508-519, 2015.

MOREIRA, P. R.; COSTA, E. A. S.; AMARAL, C. T. D. Tecnologia assistiva no ensino da matemática para alunos com Transtorno do Espectro Autista. *EDUCAÇÃO MATEMÁTICA em Revista*, Belo Horizonte, v. 24, n. 64, p. 304-319, 2023.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE: Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/02-4-dia-mundial-de-conscientizacao-sobre-o-autismo3/#:~:text=O%20autismo%20%C3%A9%20uma%20condi%C3%A7%C3%A3o,sua%20rela%C3%A7%C3%A3o%20com%20o%20mundo>. Acesso em: 28 set. 2024.

MAZIERO, Míriam. *Rabiscasa: uma ambiência bioecológica para crianças.* 2021. 39f. Produto Educacional (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) _ Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Franciscana, Santa Maria, 2021.

MILGRAM, P. et al. Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum. In: *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 1994, Boston. Proceedings... Boston: SPIE, 1994. p. 282-292. (SPIE, v. 2351).

MINISTÉRIO DA SAÚDE. 02/4 – Dia Mundial de Conscientização Sobre o Autismo. *Biblioteca Virtual em Saúde*, 02 abr. 2025. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/02-4-dia-mundial-de-conscientizacao-sobre-o-autismo-3/#:~:text=O%20autismo%20%C3%A9%20uma%20condi%C3%A7%C3%A3o,s.ua%20rela%C3%A7%C3%A3o%20com%20o%20mundo>. Acesso em: 28 set. 2024

NTALINDWA T. et al. Development of a Mobile App to Improve Numeracy Skills of Children With Autism Spectrum Disorder: Participatory Design and Usability Study. *JMIR Pediatr Parent*, 2021 Aug 31;4(3):e21471. doi: 10.2196/21471. PMID: 34463629; PMCID: PMC8441616.

ORRÚ, S. E. *Aprendizes com autismo: aprendizagem por eixos de interesse em espaços não excludentes*. 1. ed. São Paulo: Vozes, 2016.

ORRÚ, E. S. *Autismo, linguagem e educação: interação social no cotidiano escolar*. Rio de Janeiro: Wak, 2012.

PAIVA, A. B. et al. Tecnologias assistivas e o ensino de matemática para alunos autistas na educação infantil. *Cadernos da Fucamp*, v. 19, n. 40, p.124-146, 2020.

PIMENTEL, M.; FILIPPO, D.; SANTORO, F. M. Design Science Research: fazendo pesquisas científicas rigorosas atreladas ao desenvolvimento de artefatos computacionais projetados para a educação. *Metodologia de Pesquisa em Informática na Educação: Concepção da Pesquisa*. Porto Alegre: SBC, p. 5-29, 2019.

PIMENTEL, M.; FILIPPO, D.; SANTORO, F. M. *Design science research: fazendo pesquisas científicas rigorosas atreladas ao desenvolvimento de artefatos computacionais projetados para a educação*. In: JAQUES, P. A.; PIMENTEL, M.; SIQUEIRA; S.; BITTENCOURT, I. (Org.) *Metodologia de pesquisa científica em informática na educação: concepção de pesquisa*. Porto Alegre: SBC, 2020. (Série Metodologia de Pesquisa em Informática na Educação, v. 1) Disponível em: <https://metodologia.ceie-br.org/livro-1/>. Acesso em: 20 out. 2024.

PLETSCH, Márcia Denise et al. (org.). *Acessibilidade e Desenho Universal na Aprendizagem*. Campos dos Goytacazes (RJ): Encontrografia; Rio de Janeiro: ANPEd, 2021. (Coleção Acessibilidade e Desenho Universal na Educação). DOI: <https://doi.org/10.52695/978-65-88977-32-3>. Disponível em: <https://encontrografia.com/978-65-88977-32-3/>. Acesso em: 26 nov. 2024.

PORCELLIS, D. A.; SIEDLER, M.; GARCIA, M. LUDUS – Desenvolvimento de um jogo para auxiliar no aprendizado de matemática para alunos com Autismo. *XI Computer on the Beach*, Balneário Camboriú, v. 11, p. 615-618, 2020.

RODRIGUES, T. D. (2010). Educação matemática inclusiva. *INTERFACES DA EDUCAÇÃO*, 1(3), 84–92. <https://doi.org/10.26514/inter.v1i3.620>

- ROSSET, D. B. *et al.* Typical emotion processing for cartoon but not for real faces in children with autistic spectrum disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, v. 38, p. 919-925, 2008.
- SAIDIN, N. F.; HALIM, N. D. A.; YAHAYA, N. A review of research on augmented reality in education: Advantages and applications. *International education studies*, v. 8, n. 13, p. 1-8, 2015.
- SALES, M. V. S.; KENSKI, V. M. Sentidos da inovação em suas relações com a Educação e as tecnologias. *Revista da FAEEBA: Educação e Contemporaneidade*, v. 30, n. 64, p. 19-35, 2021.
- SANTOS, M. I. G.; BREDA, A. M. R. d'A. ; ALMEIDA, A. M. P. Promover o raciocínio geométrico em alunos com perturbação do espectro do autismo através de um ambiente digital. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, v. 34, n. 67, p. 375-398, 2020.
- SCORTEGAGNA, L. *Objetos de Aprendizagem*. 1. ed. Juiz de Fora: CEAD, 2016. v. 1. 105p.
- SILVA, B. M. D. C.; PEDRO, V. I. D. C.; JUSUS, E. M. Educação Inclusiva. *Revista Científica Semana Acadêmica*. Fortaleza, ano MMXVII, Nº. 000099, 11/01/2017. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/educacao-inclusiva>
- SILVA, I. A. O potencial da Realidade Aumentada na educação. *Anais CIET: Horizonte, São Carlos-SP*, v. 4, n. 1, 2024. Disponível em: <https://ciet.ufscar.br/submissao/index.php/ciet/article/view/1064..> Acesso em: 29 set. 2024.
- SILVEIRA, L. C. G. *et al.* Tecnologias Assistivas no contexto da acessibilidade e mobilidade: possibilidades de inclusão digital de autistas na educação a distância. *Em Rede -Revista de Educação a Distância*, v. 7, n. 2, p. 61-73, 2020. Disponível em: <https://www.aunirede.org.br/revista/index.php/emrede/article/view/53>. Acessm em: 24 nov. 2024.
- SKOVSMOSE, O. Inclusões, encontros e cenários. *Educação Matemática em Revista*, v. 24, n. 6, p. 16-32, 2019.
- SOUZA, A. C. *O uso de tecnologias digitais educacionais para o favorecimento da aprendizagem matemática e inclusão de estudantes com Transtorno do Espectro Autista em anos iniciais de escolarização*. 2019. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-graduação em Educação, Faculdade de Educação, da Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2019.
- STOCHERO, A. D. *et al.* A utilização de ferramentas tecnológicas no ensino e aprendizagem em Matemática para alunos com o Transtorno do Espectro Autista. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (CBIE), 6, Recife, 2017. *Anais [...]*. Recife: UFPE, 2017. p. 983-992.

TAKINAGA, S. S.; MANRIQUE, A. L. Transtorno do Espectro Autista: contribuições para a Educação Matemática na perspectiva da Teoria da Atividade. *Revista de Educação Matemática*, v. 15, n. 20, p. 483-502, 2018. Disponível em: <https://www.revistasbemsp.com.br/index.php/REMat-SP/article/view/246>. Acesso em: 14 out. 2024.

VIANA, E. A.; MANRIQUE, A. L. A educação matemática na perspectiva inclusiva: investigando as concepções constituídas no Brasil desde a década de 1990. *Perspectivas da Educação Matemática*, v. 11, n. 27, p. 649-666, 2019.

WANG, K.; ZHANG, B.; CHO, Y. Using mobile augmented reality to improve attention in adults with autism spectrum disorder. In: *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2020. p. 1-9.

WU, H.-K et al. (2012). Current status, opportunities and challenges of AR in education. *Computers & Education*, 148, 103801.

YIN, R. K. *Estudo de Caso: Planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman Editora, 2002.

ZERBATO, Ana Paula; MENDES, Enicéia Gonçalves. O desenho universal para a aprendizagem na formação de professores: da investigação às práticas inclusivas. *Educação E Pesquisa*, v. 4, n. 7, p. 1-12, 2021. <https://doi.org/10.1590/S1678-4634202147233730>.

APÊNDICE A – Elaboração do RED usando MOA

A elaboração do Recurso Educacional Digital seguiu a metodologia criada por Scortegagna (2016) denominada Metodologia do Objeto de Aprendizagem – MOA, composta de cinco fases: análise, projeto, implementação, revisão, submissão/publicação.

Neste documento, apresentamos as duas primeiras fases. A primeira é a análise, que consistiu na elaboração da Matriz de Design Instrucional, apresentada na Figura 19. A Matriz é um instrumento de planejamento que detalha a unidade/tópico e conteúdo matemático trabalhado, como também os objetivos a serem alcançados pelo RED, a duração dele, os recursos utilizados, a avaliação que terá e o responsável por ele:

Figura 19 – Matriz de Design Instrucional para elaboração do MOA

Nome do OA: Ana e Pingo

Temática: Uso do aplicativo Sólidos RA e as partes de um poliedro

Objetivo da OA: identificar e avaliar as contribuições do uso da tecnologia Realidade Aumentada com o intuito de potencializar o processo de ensino e aprendizagem de Geometria Espacial em alunos com o Transtorno do Espectro Autista.

Professor / Responsável Pedagógico: Theysmara Menon

Item	Unidade/ Tópico	Objetivo	Conteúdo	Duração	Ferramenta/ Recurso	Avaliação	Responsável
1	Poliedro	Aprender a utilizar o aplicativo Sólidos RA e identificar partes de um poliedro	Utilização do aplicativo e identificar os vértices, arestas e faces	Entre 6min e 7min	Vídeo	Atividade proposta ao final	Theysmara Menon

Fonte: Dados da pesquisa.

Já a fase 2 consistiu no projeto e é composta por três instrumentos: o Mapa Conceitual, *Storyboard* e o Mapa Navegacional, que, juntamente com a Matriz de Design Instrucional deram suporte para a criação, implementação e publicação do RED, fases 3, 4 e 5 da metodologia MOA.

Para Scortegagna (2016, p. 59) os Mapas Conceituais “[...] são utilizados como meio de comunicação para referenciar e descrever conceitos e suas respectivas relações”. Já o *Storyboard* “é definido como o roteiro do objeto de aprendizagem” (Scortegagna, 2016, p. 62), e o Mapa Navegacional representa de maneira completa o RED e tem o objetivo de “[...] orientar o usuário/aluno durante a navegação, leitura,

interação ou para fornecer acesso direto ao local de interesse" (Scortegagna, 2016, p. 66).

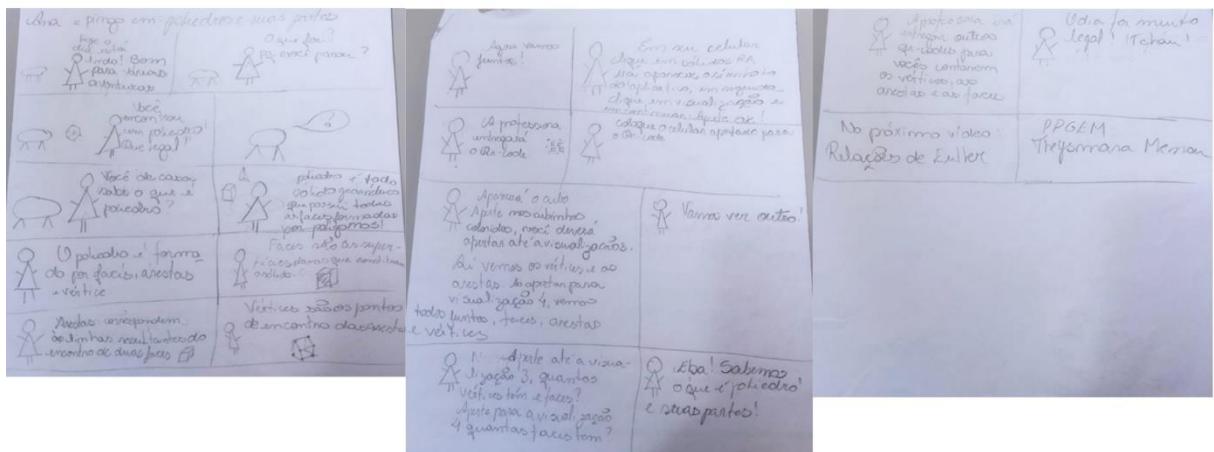
As Figuras 20, 21 e 22 a seguir representam respectivamente o Mapa Conceitual, Storyboard e o Mapa Navegacional desenvolvidos para este RED:

Figura 20– Mapa Conceitual para este RED

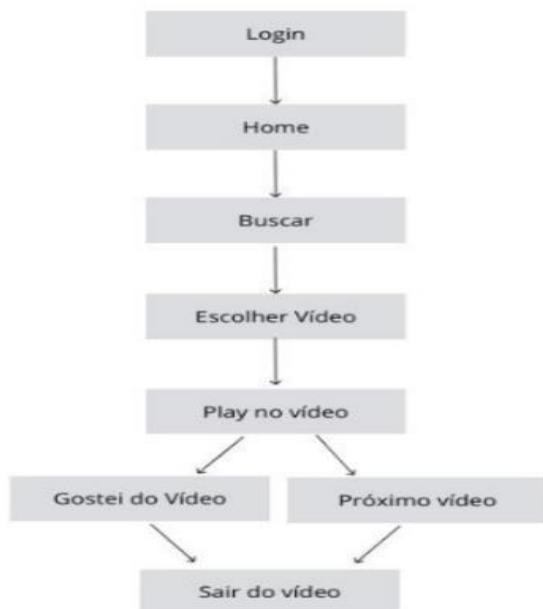


Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 21 – Storyboard para este RED



Fonte: Dados da pesquisa.
Figura 22 – Mapa Navegacional para este RED



Fonte: Dados da pesquisa.