

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

Kimberly Cristine Campos Fialho Fazolo

Caminhos digitais para o ensino de Matemática Inclusiva: potencialidades dos Recursos Educacionais Digitais na aprendizagem de estudantes com Transtorno do Espectro Autista (TEA)

Juiz de Fora (MG)

2025

Kimberly Cristine Campos Fialho Fazolo

Caminhos digitais para o ensino de Matemática Inclusiva: potencialidades dos Recursos Educacionais Digitais na aprendizagem de estudantes com Transtorno do Espectro Autista (TEA)

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: Liamara Scortegagna

Juiz de Fora (MG)

2025

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Fazolo, Kimberly Cristine Campos Fialho.

Caminhos digitais para o ensino de Matemática Inclusiva : : potencialidades dos Recursos Educacionais Digitais na aprendizagem de estudantes com Transtorno do Espectro Autista (TEA) / Kimberly Cristine Campos Fialho Fazolo. -- 2025.
144 f.

Orientador: Liamara Scortegagna

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, 2025.

1. Educação Matemática. 2. Educação Matemática Inclusiva. 3. Transtorno do Espectro Autista. 4. Recursos Educacionais Digitais. I. Scortegagna, Liamara, orient. II. Título.

Kimberly Cristine Campos Fialho Fazolo

"Caminhos digitais para o ensino de Matemática Inclusiva: potencialidades dos Recursos Educacionais Digitais na aprendizagem de estudantes com Transtorno do Espectro Autista (TEA)"

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 11 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 Antonio Escher

Universidade Federal de Juiz de Fora

Juiz de Fora, 12/12/2025.



Documento assinado eletronicamente por **Liamara Scortegagna, Professor(a)**, em 12/12/2025, às 18:41, 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 15/12/2025, às 09:51, 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 15/12/2025, às 14:44, 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-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **2793450** e o código CRC **9D7A5785**.

A todas as crianças com TEA, cuja forma singular de aprender inspira novas formas de ensinar, e aos meus filhos, Alice e Daniel, que me lembram todos os dias o poder do amor, da descoberta e da paciência.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder o dom da vida, por guiar meus passos mesmo nos momentos em que eu duvidei do caminho e por me sustentar em cada desafio com fé, coragem e amor.

À minha mãe, por ser meu maior exemplo de força e determinação. Por todo incentivo, amor e até pelas broncas, por ter me criado sozinha, enfrentando lutas e desafios sem jamais desistir. E, acima de tudo, por estar sempre ao meu lado, cuidando de mim e dos meus filhos, me apoiando em cada etapa, e por ter feito questão de me ver concluir este mestrado.

Ao meu avô, que já não está entre nós, mas cuja presença e ensinamentos me acompanham todos os dias. Tenho certeza de que sente orgulho em ver a neta que ajudou a criar tornar-se mestre.

À minha avó, pela doçura, paciência e alegria de sempre. Por cuidar de mim com tanto carinho e atenção, desde a comida feita com amor até a ajuda incansável com as crianças, e por me ensinar que o amor se mostra nos gestos mais simples.

Ao meu padrasto, por todo o apoio, carinho e ajuda com as crianças, especialmente nos momentos em que precisei.

Ao meu marido, Jean, por ser meu companheiro de vida, meu porto seguro e meu maior incentivador. Obrigada por me apoiar, acreditar em mim, dividir responsabilidades e estar ao meu lado em cada momento dessa jornada. A vida que construímos juntos é o meu maior presente.

Aos meus filhos, Alice e Daniel, o amor mais puro e a razão maior de cada passo dado. Vocês chegaram de surpresa, transformando meus planos, meus dias e o meu coração, mas foram, desde o primeiro instante, o meu maior sonho realizado. Por me ensinarem sobre paciência, resiliência e amor incondicional e por me mostrarem que sempre é possível recomeçar, mesmo nos dias mais desafiadores. Vocês são a minha maior inspiração, a minha força, o motivo de cada conquista e a prova viva de que o amor pode ser leve, intenso e transformador ao mesmo tempo.

À professora Liamara Scortegagna, minha orientadora, por não ter desistido de mim, mesmo quando eu quase desisti. Por sua paciência, dedicação e sensibilidade, por segurar minha mão quando eu mais precisei e me mostrar que o caminho do conhecimento é também o caminho do afeto. Mais do que orientadora, tornou-se amiga e “avó acadêmica” dos meus gêmeos.

À professora Theysmara, pela parceria e compromisso durante a aplicação das atividades, por seu cuidado, atenção e constante disponibilidade para compartilhar cada detalhe do processo.

À minha amiga Rayla, por estar presente, por acreditar em mim e por ajudar a cuidar com tanto amor dos meus bebês para que eu pudesse concluir esta etapa.

E à professora Roberta Fonseca dos Prazeres, por ter sido, desde a graduação, uma inspiração de profissionalismo, sensibilidade e amor pelo ensino. Sua postura e exemplo ecoam em minha prática e em tudo o que este trabalho representa.

A todos vocês, o meu mais profundo e sincero muito obrigada.

“Todo aluno pode aprender, só que não no mesmo dia ou da mesma maneira”.

(George Evans)

RESUMO

Esta dissertação investiga como os Recursos Educacionais Digitais (RED) podem potencializar o ensino de Matemática para alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA) nos anos finais do Ensino Fundamental, considerando suas necessidades específicas e promovendo maior acessibilidade e engajamento na aprendizagem. Trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, de abordagem qualitativa e delineamento de estudo de caso, realizada em uma escola estadual de Minas Gerais com quatro alunos diagnosticados com TEA. O percurso metodológico foi estruturado em cinco fases: referencial teórico e revisão da literatura, definição do conteúdo matemático e seleção dos Recursos Educacionais Digitais, elaboração da sequência didática, construção dos instrumentos de coleta de dados e aplicação dos RED, acompanhados por observações e registros audiovisuais. A análise dos dados revelou que os RED contribuíram para o aumento da autonomia, da atenção sustentada e da motivação dos alunos, bem como para a melhoria na compreensão de conceitos matemáticos, especialmente frações e equivalência numérica, por meio da manipulação interativa de representações visuais e simbólicas contidas nos RED. Verificou-se ainda que a mediação docente, aliada à estrutura previsível do ambiente e ao uso de recursos digitais acessíveis, potencializou o desenvolvimento das habilidades matemáticas e sociais dos participantes. Como produto educacional, foi elaborado o *e-book Traçando Caminhos*, destinado a professores da Educação Básica, reunindo diretrizes, recomendações pedagógicas e propostas de atividades para o uso de RED no ensino inclusivo da Matemática. Conclui-se, por esta pesquisa, que os RED constituem instrumentos eficazes de mediação pedagógica, desde que integrados a práticas intencionais e planejadas de ensino inclusivo.

Palavras-chave: Educação Matemática. Educação Matemática Inclusiva. Transtorno do Espectro Autista. Recursos Educacionais Digitais.

ABSTRACT

This dissertation investigates how Digital Educational Resources (DER) can enhance Mathematics teaching for students with Autism Spectrum Disorder (ASD) in the final years of Elementary School, taking into account their specific needs and promoting greater accessibility and engagement in learning. This is an applied research study with a qualitative approach and a case study design, conducted in a state school in Minas Gerais, Brazil, involving four students diagnosed with ASD. The methodological path was structured in five phases: theoretical framework and literature review, definition of mathematical content and selection of Digital Educational Resources, development of the didactic sequence, construction of data collection instruments, and implementation of the DER, accompanied by observations and audiovisual recordings. Data analysis revealed that DER contributed to increased autonomy, sustained attention, and student motivation, as well as to improved understanding of mathematical concepts, especially fractions and numerical equivalence, through interactive manipulation of visual and symbolic representations contained in the resources. It was also found that teacher mediation, combined with a predictable learning environment and the use of accessible digital tools, enhanced the development of both mathematical and social skills among participants. As an educational product, the e-book *Traçando Caminhos* (“Tracing Paths”) was developed for Basic Education teachers, gathering guidelines, pedagogical recommendations, and activity proposals for the use of DER in inclusive Mathematics teaching. This research concludes that Digital Educational Resources constitute effective instruments of pedagogical mediation when integrated into intentional and well-planned inclusive teaching practices.

Keywords: Mathematics Education. Inclusive Mathematics Education. Autism Spectrum Disorder. Digital Educational Resources.

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADACA	Ambiente Digital de Aprendizagem para Crianças Autistas
APA	American Psychiatry Association
Apadem	Associação de Pais de Autistas e Deficientes Mentais
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CDC	Center of Disease Control
DSM	Diagnóstico e Estatística de Transtornos Mentais
EMI	Educação Matemática Inclusiva
IFRJ	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro
PPGEM	Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática
RED	Recursos Educacionais Digitais
TEA	Transtorno do Espectro Autista
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
TID	Transtorno Invasivo do Desenvolvimento
TGD	Transtorno Global do Desenvolvimento

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Gráfico referente ao Aluno 1	100
Gráfico 2 – Gráfico referente ao Aluno 2	101
Gráfico 3 – Gráfico referente ao Aluno 3	103
Gráfico 4 – Gráfico referente ao Aluno 4	104
Gráfico 5 – Gráfico comparativo com os 4 alunos	110

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 – Página principal da plataforma PhET	79
Imagem 2 – Página principal do <i>Fractions Intro</i>	81
Imagem 3 – Página principal do <i>Build a Fraction</i>	82
Imagem 4 – Página principal do nível 1 do <i>Build a Fraction</i>	83
Imagem 5 – Registro referente ao Aluno 1	106
Imagem 6 – Registro referente ao Aluno 2	107
Imagem 7 – Registro referente ao Aluno 3	108
Imagem 8 – Registro referente ao Aluno 4	109
Imagem 9 – Capa do <i>e-book</i> “Traçando Caminhos”	117
Imagem 10 – Carta introdutória ao(à) professor(a)	117
Imagem 11 – Sobre o Produto Educacional “Traçando Caminhos”	118
Imagem 12 – Estrutura geral do <i>e-book</i>	119
Imagem 13 – Seção “Breve Embasamento Teórico”	119
Imagem 14 – Seção “A tecnologia utilizada – Plataforma PhET”	120
Imagem 15 – Seção “A Sequência Didática”	121
Imagem 16 – Seção “Ficha de Observação”	122
Imagem 17 – Seção “Dicas práticas para uma aplicação inclusiva e eficaz”	122
Imagem 18 – Seção “Leituras recomendadas”	123
Imagem 19 – Encerramento do <i>e-book</i>	124

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Critérios para diagnóstico do TEA	27
Quadro 2 – Níveis de Funcionamento para TEA	28
Quadro 3 – Critérios da Revisão Sistemática de Literatura (RSL)	52
Quadro 4 – Trabalhos selecionados para análise	11
Quadro 5 – Demonstração comparativa dos estudos	71
Quadro 6 – Funcionalidades dos RED selecionados	80
Quadro 7 – Competências da BNCC relacionadas à sequência didática (Frações – PhET)	85
Quadro 8 – Habilidades da BNCC relacionadas à sequência didática (Frações – PhET) ...	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado da aplicação da <i>String</i> de busca nas bases de pesquisas	53
Tabela 2 – Trabalhos após a utilização dos filtros e critérios de inclusão e exclusão	54
Tabela 3 – Número de citações de cada trabalho	59

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	FUNDAMENTOS TEÓRICOS SOBRE TECNOLOGIAS DIGITAIS E ENSINO DE MATEMÁTICA PARA ESTUDANTES COM TEA	23
2.1	TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA	23
2.1.1	Critérios e classificação do TEA	27
2.2	EDUCAÇÃO MATEMÁTICA INCLUSIVA – LEGISLAÇÕES E POLÍTICAS PÚBLICAS EDUCACIONAIS	30
2.2.1	Aspectos metodológicos do ensino da Matemática para a Educação Inclusiva	37
2.2.2	Perspectiva Vygostkiana e o processo de aprendizagem da criança com TEA	39
2.2.3	Desafios da inclusão escolar da criança com TEA	42
2.3	AS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA PARA CRIANÇAS COM TEA	43
2.3.1	Recursos Educacionais Digitais – um aliado na aprendizagem de crianças com TEA	47
3	ESTADO DA ARTE SOBRE TECNOLOGIAS NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA PARA CRIANÇAS COM TEA	50
3.1	DESCRIÇÃO DA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA	50
3.2	O ESTADO DA ARTE - ANÁLISE DOS TRABALHOS SELECIONADOS	60
3.3	IMPLICAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS TRABALHOS	70
4	PERCURSO METODOLÓGICO	76
4.1	FASE 1: REVISÃO TEÓRICA E BIBLIOGRÁFICA	77
4.2	DEFINIÇÃO DO CONTEÚDO MATEMÁTICO E SELEÇÃO DOS RED	78
4.2.1	RED 1 – <i>Fractions: Intro</i>	80
4.2.2	RED 2 – <i>Build a Fraction</i>	81
4.3	FASE 3: O DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	83

4.4	FASE 4: DESENVOLVIMENTO E SELEÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	87
4.4.1	Ficha de Observação	88
4.4.2	Gravação em Vídeo	89
4.5	FASE 5: APLICAÇÃO DOS RED	90
4.5.1	Caracterização da escola e dos participantes	91
4.5.2	Descrição da Aplicação dos RED	93
4.5.3	Organização das sessões	94
4.5.4	Registros e Observações	94
5	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	96
5.1	ORGANIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	96
5.2	ANÁLISE DOS RESULTADOS	99
5.2.1	PhET: <i>Fractions Intro</i>	99
5.2.2	PhET <i>Build a Fraction</i>	105
5.2.3	Resultados gerais	110
5.3	DISCUSSÕES DOS RESULTADOS	112
5.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	114
6	PRODUTO EDUCACIONAL “TRAÇANDO CAMINHOS: RECURSOS EDUCACIONAIS DIGITAIS NO ENSINO DE MATEMÁTICA PARA ALUNOS COM TEA”	116
6.1	DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	116
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	125
	REFERÊNCIAS	127
	APÊNDICE I – Sequência Didática	137
	APÊNDICE II – Ficha de Observação	140

1 INTRODUÇÃO

A Educação Matemática Inclusiva (EMI)¹ possui desafios não só para os educadores, mas para todos os profissionais que trabalham com este tema e desejam uma educação para todos. E o ensino da Matemática, de forma ampla, se torna ainda mais complicado para indivíduos que possuem algum transtorno ou deficiência.

Uma EMI indica uma aprendizagem igual para todos os alunos, em um ambiente que considere as diferenças de cada discente e possibilite a interação e comunicação entre todos. Para isso acontecer, as leis e políticas brasileiras vêm agregando a possibilidade de inclusão de todas as pessoas no ambiente escolar, garantindo as matrículas de estudantes com transtornos e deficiência em classes regulares.

Dos diversos transtornos e deficiências que os alunos podem apresentar durante sua jornada escolar, o Transtorno do Espectro Autista (TEA) é um deles, o qual essa dissertação tem como foco. O TEA é um dos transtornos de aprendizagem em que o aluno apresenta certas limitações e, segundo a classificação do Manual de Diagnóstico e Estatística de Transtornos Mentais (DSM), é um distúrbio do neurodesenvolvimento caracterizado por desenvolvimento atípico, déficits na comunicação e interação social, padrões de comportamentos repetitivos e estereotipados (APA, 2014). Mesmo sem ter uma causa evidenciada, há diversos estudos realizados sobre o TEA que buscam entender o comportamento social e cognitivo dessas crianças, observando suas habilidades e dificuldades no ambiente escolar.

De acordo com Orrú (2012), algumas escolas, ao receberem alunos com TEA, focam somente nos critérios que o diagnóstico traz, sem considerar sua singularidade na aprendizagem. Conforme o Censo Escolar 2024, o número de estudantes com TEA matriculados na Educação Básica brasileira passou de 636.202 em 2023 para 918.877 em 2024, um aumento de 44,4% em um ano. Considerando a Educação Especial como um todo na faixa de 4 a 17 anos, 95,7% das matrículas encontram-se em classes comuns, com destaque para o Ensino Médio, etapa que apresenta a maior proporção de inclusão (Brasil, 2025).

Esse aumento considerável nas matrículas se deu, em parte, por duas leis: a Lei nº12.764, de 27 de dezembro de 2012, intitulada Lei Berenice Piana, que ressalta que os estabelecimentos que recusem alunos com TEA podem ser multados em até 20 salários-mínimos; e a Lei nº13.861, uma alteração realizada na Lei 7.853/1990, que consiste em incluir

¹ Segundo Moura e Moreira (2024), a Educação Matemática Inclusiva (EMI) tem como objetivo garantir que o conhecimento matemático seja acessível a todos, por meio de práticas pedagógicas que considerem as diferenças como constitutivas da raça humana.

as especificidades do TEA nos censos demográficos a partir do ano de 2019. O aumento de matrículas já é um avanço em relação à inclusão destas crianças, porém ainda há muito o que se fazer.

Segundo Mantoan (2003), um dos grandes problemas enfrentados pelos estudantes com TEA são suas necessidades específicas de aprendizagem, que incluem dificuldades em se organizar, distração com ruídos e falta de habilidade em generalizar situações. Por esse motivo, é necessário o oferecimento de uma Educação Matemática inclusiva, que abrange esses alunos. De acordo com D'Ambrosio (2020), a Matemática no contexto atual deve considerar as diversas linguagens tecnológicas, promovendo assim uma educação mais conectada à realidade dos alunos. Borba, Silva e Gadanidis (2018) argumentam que as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) não apenas apoiam o ensino, mas também influenciam a forma como o conhecimento matemático é compreendido. Nessa perspectiva, Feitosa (2023) destaca que softwares educativos e objetos digitais potencializam a compreensão de conteúdos matemáticos, especialmente aqueles de maior nível de abstração, ao possibilitarem ambientes dinâmicos, interativos e exploratórios. Segundo o autor, esses recursos ampliam as oportunidades de participação dos estudantes e favorecem processos de aprendizagem mais autônomos, flexíveis e significativos.

Para Skovsmose (2010), a concepção de Matemática se baseia em três conjuntos de ideias: a de que a Matemática é essencial para entender a natureza; de que é pura racionalidade; e, a mais importante, a ideia de que a Matemática é um recurso poderoso para intervenções tecnológicas, e o conhecimento de tecnologias é primordial na sociedade em que vivemos.

O avanço tecnológico que se vive atualmente é notório. A sociedade está cada vez mais conectada e necessitada de tecnologia para facilitar o dia a dia e alcançar seus interesses próprios. Essas mudanças afetaram a sociedade como um todo e, por consequência, impactaram a educação escolar, a qual teve que se atualizar rapidamente para manter e estimular o foco e interesse dos estudantes.

Moran (2020) destaca que as tecnologias digitais não são apenas ferramentas de apoio, mas elementos importantes em novas metodologias de ensino, capazes de tornar a aprendizagem mais ativa e significativa. Segundo o autor, quando integradas de forma correta, elas contribuem para o desenvolvimento de competências fundamentais no século XXI, tais como pensamento crítico, colaboração e autonomia.

Com essa visão, de uma Matemática que inclua a todos na sociedade e onde a tecnologia seja essencial, justifica-se o interesse e empenho em conhecer mais sobre a relação entre crianças com TEA e a Matemática com a utilização de práticas educacionais diferenciadas,

como a tecnologia. Segundo Souza *et al.* (2019), tem sido comprovada a eficácia de *softwares* no desenvolvimento cognitivo e nas habilidades de jovens com TEA. Bittencourt e Francisco (2015) propõem uma análise sobre processos de interação em ambientes digitais, mostrando que há desenvolvimento da interação social em crianças com TEA.

Brites, L. e Brites, C. (2019) citam pesquisas, inclusive do Brasil, que demonstram que a utilização de determinadas tecnologias e recursos didáticos auxilia na aprendizagem escolar de pessoas com TEA, pois aumentam a motivação e o interesse por atividades pedagógicas ou acadêmicas. Apesar de haver estudos sobre o uso de tecnologias no processo de ensino e aprendizagem de crianças com TEA, ainda há certa carência, principalmente na área da Matemática, o que se torna uma justificativa plausível para esta pesquisa.

A motivação para este estudo foi a vivência da pesquisadora-autora em três projetos durante o período da graduação: o Ambiente Digital de Aprendizagem para Crianças Autistas (ADACA), realizado na Universidade Federal Fluminense – campus Aterrado, em Volta Redonda; e em outros dois projetos referentes ao “Robô NAO e o Ensino de Física e Matemática para Alunos Autistas: Uma Possibilidade Técnica e Metodológica para Educação Inclusiva”, realizados no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ) – campus Volta Redonda, em parceria com a Associação de Pais de Autistas e Deficientes Mentais (Apadem) e, posteriormente, com o ADACA.

Em 2015, o projeto ADACA tinha como objetivo desenvolver ferramentas computacionais para apoio a inclusão digital e social de crianças com TEA. Juntamente com este projeto, em 2016, no projeto “Robô NAO e o Ensino de Física e Matemática para Alunos Autistas: Uma Possibilidade Técnica e Metodológica para Educação Inclusiva”, foram desenvolvidas estratégias de ensino de Matemática para um aluno de 6 anos com TEA em que todas as atividades foram adaptadas para que o robô as aplicasse de forma dinâmica em parceria com a Apadem. E, em 2017, o projeto foi continuado, mas dessa vez tendo a parceria do ADACA, desenvolvendo atividades voltadas para uma criança com TEA. Já em 2019, durante o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do curso de graduação desta pesquisadora, foi realizado um Estágio Extra em um colégio público na cidade de Volta Redonda (RJ) para acompanhamento de um aluno diagnosticado com TEA cujo objetivo foi desenvolver atividades de conteúdos matemáticos específicos com o uso de tecnologias, sendo notado que o uso das tecnologias pôde auxiliar na assimilação dos conteúdos de Matemática do estudante com TEA do 8º ano do Ensino Fundamental.

Assim, devido a essas experiências pessoais com crianças com TEA, ao avanço das leis e políticas brasileiras de inclusão e aos estudos já realizados sobre a importância de práticas de

ensino e aprendizagem, torna-se necessário compreender como os Recursos Educacionais Digitais (RED) se configuram como mediadores pedagógicos capazes de promover experiências de aprendizagem mais acessíveis, interativas e significativas.

De acordo com Moran (2018), as tecnologias digitais, quando integradas de forma intencional e planejada, podem favorecer o protagonismo e a autonomia dos estudantes, possibilitando práticas mais colaborativas e inclusivas. Na mesma direção, Kenski (2012) enfatiza que o uso das tecnologias educacionais deve estar a serviço da construção do conhecimento e não apenas da inovação instrumental, destacando o papel docente na mediação dessas experiências.

No campo específico da Educação Matemática, Borba e Penteado (2016) argumentam que as tecnologias digitais transformam o modo como o conhecimento matemático é produzido e compartilhado, permitindo novas formas de interação entre professores, estudantes e conteúdo. Por sua vez, Valente (2019) reforça que o uso pedagógico dos RED deve privilegiar a exploração, experimentação e a visualização de conceitos abstratos, aspectos fundamentais para alunos com perfis cognitivos diversos, como aqueles com TEA.

Dessa forma, os RED assumem papel central na promoção de práticas inclusivas em Matemática ao potencializarem o engajamento, ampliarem a acessibilidade e favorecerem a aprendizagem. Assim, este estudo se torna importante e útil não só para crianças com TEA, como também para a Educação Matemática Inclusiva.

Nessa perspectiva, surge o interesse desta pesquisa em compreender de que modo os RED podem contribuir efetivamente para o ensino de Matemática de alunos com TEA, considerando suas especificidades cognitivas, sensoriais e emocionais, bem como a necessidade de práticas pedagógicas que favoreçam a participação e o aprendizado de forma equitativa. Assim, a seguinte questão de pesquisa será investigada nesta dissertação: Como os RED podem potencializar o ensino de Matemática para alunos com TEA no Ensino Fundamental I, considerando suas necessidades específicas e promovendo maior acessibilidade e engajamento na aprendizagem? Levando em conta as motivações citadas e a questão norteadora, o estudo proposto tem como objetivo geral investigar como os RED podem contribuir para o ensino de Matemática de alunos com TEA no Ensino Fundamental I, promovendo acessibilidade, engajamento e melhores oportunidades de aprendizagem de acordo com suas necessidades específicas.

Como objetivos específicos, a pesquisa propõe: i) Analisar as dificuldades e necessidades específicas de alunos com TEA no aprendizado da Matemática no Ensino Fundamental I, considerando aspectos cognitivos, sensoriais e emocionais que impactam seu

desenvolvimento acadêmico; ii) Identificar e categorizar os principais Recursos Educacionais Digitais (RED) disponíveis para o ensino de Matemática, avaliando suas características, funcionalidades e potencial para atender alunos com TEA; iii) Investigar a eficácia do uso de RED no ensino de Matemática para alunos com TEA, considerando fatores como engajamento, acessibilidade, adaptação pedagógica e impacto no aprendizado; e iv) Propor diretrizes e recomendações para o uso pedagógico de RED no ensino de Matemática para alunos com TEA, auxiliando professores e educadores na implementação de práticas mais inclusivas e eficientes.

A pesquisa é de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e delineamento de estudo de caso. Foi desenvolvida em uma escola estadual de Minas Gerais, envolvendo quatro alunos diagnosticados com TEA. O percurso metodológico contemplou cinco fases principais: desenvolvimento de referencial teórico e revisão da literatura; definição do conteúdo matemático e seleção dos RED; elaboração da sequência didática; construção dos instrumentos de coleta de dados; e aplicação dos Recursos Educacionais Digitais no formato de simuladores, constantes na plataforma *PhET*, acompanhada de observações e registros audiovisuais.

O público-alvo da pesquisa consiste em alunos com TEA do Ensino Fundamental I de uma escola da Rede Estadual de Ensino do Estado de Minas Gerais. Com base na Revisão Sistemática da Literatura (RSL) e em critérios específicos, como acessibilidade e adaptabilidade, foram selecionados RED para a aplicação. Na sequência, ocorreu a análise dos *feedbacks* dos alunos com TEA e de seus respectivos professores a fim de identificar os recursos mais relevantes e eficazes para o ensino de Matemática. Com base nesses resultados, foram desenvolvidas diretrizes e recomendações pedagógicas para auxiliar os professores na utilização dos RED, proporcionando uma abordagem mais acessível e alinhada às necessidades desses estudantes.

A dissertação realizada neste estudo se estrutura em sete capítulos. Este primeiro apresenta um panorama geral, a justificativa e a motivação para discutir o tema proposto, juntamente com a questão de pesquisa, objetivo geral e específicos e a metodologia.

O segundo capítulo traz a fundamentação teórica, abordando o TEA, suas principais características e desafios de aprendizagem com autores de referência na área. Em seguida, discute-se a EMI, suas bases legais e políticas no contexto brasileiro, ressaltando a importância de uma Matemática voltada a todos. Ademais, explora as contribuições das tecnologias digitais e dos RED para o processo de ensino e aprendizagem, fundamentando-se em estudos que destacam seu potencial para promover práticas pedagógicas acessíveis, interativas e significativas.

Já o terceiro capítulo apresenta uma RSL, a metodologia de busca e as bases de dados utilizadas, relacionando os trabalhos selecionados após a análise final, contendo a importância e a pertinência de cada um para a pesquisa em questão.

No quarto capítulo, descreve-se a metodologia da pesquisa, a seleção dos RED e o processo de elaboração da sequência didática, além da caracterização dos participantes e da escola onde ocorreu a intervenção.

Na sequência, o quinto capítulo apresenta a aplicação dos RED e da sequência didática desenvolvida, descrevendo o contexto, os procedimentos de aplicação e os critérios de análise. Ao final, são apresentadas e discutidas as análises dos resultados obtidos.

O sexto capítulo traz a descrição do produto educacional, um panorama sobre seu planejamento e desenvolvimento, que consta em um *e-book* para professores com sugestões de RED e atividades voltadas ao ensino de Matemática para crianças com TEA.

Por fim, o sétimo capítulo apresenta as considerações finais, sintetizando os principais resultados alcançados e suas relações com a literatura revisada, além de apontar as contribuições da pesquisa e as possibilidades de estudos futuros sobre o tema.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS SOBRE TECNOLOGIAS DIGITAIS E ENSINO E MATEMÁTICA PARA ESTUDANTES COM TEA

A fundamentação teórica deste trabalho inicia-se pela abordagem do tema Transtorno do Espectro Autista (TEA), sua classificação de acordo com o DSM-5, escrito pela *American Psychiatric Association* (APA, 2014), e as características mais comuns de pessoas com TEA de acordo com autores como Fonseca (2004), Schwartzman (2011) e Grandin (2017).

A Educação Inclusiva no Brasil também é abordada a partir do relato de sua trajetória, contendo as principais leis e políticas públicas que garantem às pessoas com deficiência seus direitos perante a sociedade, juntamente com uma análise sobre a Educação Matemática, objetivando esclarecer ao leitor a importância de se ensinar uma Matemática para todos, pautada em autores como D'Ambrosio (1993), Biotto Filho (2008), Skovsmose (2011) e Moura e Moreira (2024). Os estudos de Vygostki (1997) sobre deficiência contribuem de forma positiva para se pensar no processo de aprendizagem de crianças com TEA, alinhados às ideias sobre recursos pedagógicos e suas vantagens de Orrú (2012) e Cunha (2017). Algumas dificuldades no processo de inclusão escolar de crianças com TEA são discutidas citando Mantoan (2003) e Cunha (2017).

Para fechar o Capítulo 2, apresentamos o tema Tecnologias, com foco na Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) e, conseqüentemente, nas Tecnologias Assistivas (TA) e seu uso na Matemática. Ademais, são definidos os Recursos Educacionais Digitais (RED), bem como suas funções e objetivos e, por fim, alguns Recursos Educacionais Digitais para alunos com TEA, com observações importantes de Mendes (2006), Kenski (2012) e Bairral (2012).

2.1 TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA

O termo autismo tem origem em uma palavra grega (*autós*), que significa “por si mesmo”. Esse termo, usado principalmente dentro da área da psiquiatria, é relacionado a certos comportamentos humanos que têm como foco o próprio indivíduo e foi empregado pela primeira vez pelo psiquiatra suíço Eugene Bleuler em 1911. Ele descrevia o autismo como a perda de contato com a realidade, causando dificuldade ou impossibilidade de se comunicar com outras pessoas, o que, na sua visão, eram características da esquizofrenia (Orrú, 2012).

Já em 1943, o psiquiatra austríaco Leo Kanner realizou um estudo com onze crianças, oito meninos e três meninas, com características peculiares e semelhantes, tais como

estereotípias² e dificuldades em se relacionar. Com esse estudo, foi publicado um artigo chamado *Autistic disturbances of affective contact*, em que o autor descrevia o comportamento e as características dessas crianças, tais como atrasos e alterações na linguagem, incapacidade de estabelecer relações com outras pessoas, fixação em manter o ambiente ao redor intacto, além das já citadas estereotípias. Kanner enfatizava que, apesar de não responder a estímulos do mundo, essas crianças possuíam habilidades especiais e uma incrível capacidade de memória para determinados assuntos. Historicamente, o autismo e a esquizofrenia foram conceitualmente confundidos, sendo que o diagnóstico diferencial entre ambos sempre foi um desafio clínico (Martín, 2010).

Segundo Orrú (2012), Kanner discordava de Bleuber principalmente em relação à realidade com o mundo e ao contato afetivo no distúrbio autístico, sendo este divergente na esquizofrenia. Por vários anos, Kanner continuou estudando e discordando de Bleuber, sempre evitando combinar algum sintoma do autismo com a esquizofrenia.

Em 1944, Hans Asperger, um psiquiatra austríaco, publicou sua tese de doutorado, intitulada “*Die 'Autistischen Psychopathen' im Kindesalter*” – a avaliação dos comportamentos e habilidades das 400 crianças que observou. Todas essas crianças possuíam características semelhantes, como baixa capacidade de fazer amizades, dificuldade na coordenação motora, falta de empatia, porém sem a parte cognitiva afetada drasticamente conforme Kanner havia apresentado. Asperger mencionava como essas crianças possuíam uma habilidade única de dissertar sobre temas de interesse próprio detalhadamente (Cunha, 2012). Como a tese desse autor foi publicada em alemão, não foi tão reconhecida na época, e, por esse motivo, somente anos mais tarde as características mencionadas por ele representaram a Síndrome de Asperger.

Em 1952, a APA publicou a primeira edição do DSM-1, uma referência mundial para pesquisadores e médicos, na qual constava que o autismo era um subgrupo da esquizofrenia infantil. Nessa década, houve diversos atritos sobre a origem do autismo, e o conceito mais disseminado foi o termo mãe-geladeira, criado por Kanner e amplamente citado pelo psicólogo austríaco Bruno Bettelheim (Mercadante; Rosário, 2009). Segundo Kanner, a maioria dessas crianças possuía uma característica comum: seus pais/avós apresentavam inteligência acima da média, sendo escritores, médicos e cientistas, o que o fez afirmar que esse fato poderia ser o responsável pelos distúrbios nas crianças. Uma gestação conturbada ou até mesmo rejeitada pela mãe resultava em uma má relação com os pais e as pessoas no geral, causando, assim, o autismo.

² Repetições de gestos e movimentos contínuos e sem motivos aparentes.

Foi somente na década de 60 que esse termo foi perdendo impacto, pois, nesse período, houve o crescente número de evidências que sugeriam alterações do sistema nervoso central de crianças com autismo. Ou seja, o autismo poderia ser um transtorno cerebral presente em crianças de grupos socioeconômicos e etnias completamente distintas. Kanner tentou se retratar, porém sem grande sucesso. Nessa mesma década, mais precisamente em 1965, Temple Grandin, uma jovem com autismo, diagnosticada mais tarde com Síndrome de Asperger, revolucionou as práticas de abate de animais com seus projetos de instalação, que se tornaram referências internacionais no que diz respeito à pecuária (Grandin, 2011). Esse foi um ponto alto para pessoas com autismo e seus familiares, pois Grandin se tornou uma referência e um exemplo de que pessoas com autismo poderiam se desenvolver e ter uma vida considerada normal. Atualmente, Grandin é psicóloga e zootecnista e ministra palestras por todo o mundo, explicando a importância de ajudar crianças com autismo a desenvolver suas potencialidades.

Em 1976, o psiquiatra Ritvo considerou o autismo como um distúrbio do desenvolvimento (Assumpção Jr; Pimentel, 2000). E, ainda neste ano, a psiquiatra Lorna Wing revelou que as pessoas com autismo possuíam três desvios nas áreas de interação social, comunicação, atividades lúdicas e imaginativas, que, quando juntos, são chamados de Tríade de Wing. Dois anos mais tarde, em 1978, o psiquiatra Michael Rutter propôs quatro critérios para definir o autismo, sendo eles:

1 - atraso e desvio sociais não só como função de retardo mental; 2 - problemas de comunicação, novamente, não só em função de retardo mental associado; 3 - comportamentos incomuns, tais como movimentos estereotipados e maneirismos; e 4 - início antes dos 30 meses de idade. (Rutter 1978 *apud* Klim, 2006, p. 4).

Com esses critérios e o crescente número de trabalhos visando a esse assunto, o autismo foi classificado pela primeira vez, em 1980, na atualização do DSM-3, como um Transtorno Global do Desenvolvimento (TGD), mais tarde denominado Transtorno Invasivo do Desenvolvimento (TID) (Orru, 2012). Esse termo foi uma grande conquista, visto que reflete o fato de que, no autismo, múltiplas áreas de funcionamento são afetadas, por isso o termo transtorno.

Em 1981, Lorna Wing desenvolveu o conceito de que autismo é como um espectro e elaborou o termo Síndrome de Asperger, em homenagem a Hans Asperger, para as crianças que demonstravam as características que este autor descreveu em seu trabalho (Rodriguez, 2006). Com esse conceito desenvolvido e o número crescente de pesquisas sobre o autismo, em 1994, o DSM-4 foi atualizado e a Síndrome de Asperger foi adicionada ao TID como descrito abaixo:

A Síndrome de Asperger é caracterizada por um comprometimento severo e persistente na interação social e pelo desenvolvimento de padrões restritos e repetitivos de comportamento, interesses e atividades. Essa perturbação deve causar prejuízo clinicamente significativo nas áreas social, ocupacional ou outras áreas importantes de funcionamento. Em contraste com o Transtorno Autista, não há atrasos clinicamente significativos na linguagem (por exemplo, uso de palavras isoladas aos 2 anos, frases comunicativas aos 3 anos) (APA, 2014, p. 77, tradução nossa).³

Essa definição destaca dois critérios centrais: o comprometimento severo e contínuo na interação social e a presença de padrões restritos e repetitivos de comportamento. Um aspecto importante que diferencia a Síndrome de Asperger de outros transtornos do espectro autista no DSM-IV é a ausência de atrasos significativos no desenvolvimento da linguagem e da cognição. Essa distinção era clinicamente relevante à época, embora atualmente a classificação tenha sido unificada no DSM-5, de 2013, que continha as subcategorias do autismo em um único diagnóstico, qual seja o Transtorno do Espectro Autista. Agora, as pessoas são diagnosticadas em um único espectro, porém com diferentes níveis de gravidade, em que a Síndrome de Asperger também se encontra, reconhecendo a grande variabilidade funcional dentro do espectro. O TEA é classificado como um dos Transtornos de Neurodesenvolvimento no DSM-5 e passou a ser definido através da identificação dos sintomas e com ênfase na observação da comunicação e interação social da criança.

Finalmente, em 2022, a APA apresentou uma versão revisada e atualizada do DSM-5, agora DSM-5-TR, a mais recente e utilizada para esta dissertação. No campo do TEA, houve apenas uma mudança em relação à versão anterior. Para ser diagnosticado com TEA, os indivíduos devem apresentar todas as subcaracterísticas do domínio de dificuldade de comunicação social, e não pelo menos dois como na versão anterior, o que será detalhado no tópico seguinte. Para Ayub (2022), esta atualização foi para obter critérios mais conservadores e, assim, reduzir as taxas de prevalência de diagnóstico do TEA, que atualmente são de 1 em cada 36 crianças segundo o último levantamento do *Center of Disease Control* (CDC) realizado em 2023.

³ Original: “*Asperger’s Disorder is characterized by severe and sustained impairment in social interaction and the development of restricted, repetitive patterns of behavior, interests, and activities. The disturbance must cause clinically significant impairment in social, occupational, or other important areas of functioning. In contrast to Autistic Disorder, there are no clinically significant delays in language (e.g., single words are used by age 2 years, communicative phrases are used by age 3 years).*” (APA, 1994, p. 77).

2.1.1 Critérios e classificação do TEA

Com base no DSM-5-TR, os critérios para diagnóstico do TEA são categorizados em letras: A, B, C, D, E, que são os critérios básicos para o diagnóstico, no qual os diagnosticados devem possuir pelo menos dois dos padrões descritos durante as primeiras etapas de desenvolvimento. No Quadro 1 a seguir, são apresentados esses critérios:

Quadro 1 – Critérios para diagnóstico do TEA

Critérios diagnóstico do TEA	
Critério A – Déficits persistentes na interação social e comunicação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Limitação na reciprocidade social e emocional, com dificuldade para compartilhar interesses e estabelecer uma conversa; 2. Limitação nos comportamentos de comunicação não verbal usados para interação social, variando entre comunicação verbal e não verbal pouco integrada e com dificuldade no uso de gestos e expressões faciais; 3. Limitação em iniciar, manter e entender relacionamentos, com variações na dificuldade de adaptação do comportamento para se ajustar nas situações sociais, compartilhar brincadeiras imaginárias e ausência de interesse por pares.
Critério B – Padrões restritivos e repetitivos de comportamento e interesse. Deve manifestar pelo menos dois dos padrões	<ol style="list-style-type: none"> 1. Movimentos motores, uso de objetos ou fala repetitiva e estereotipada (estereotípias, alinhar brinquedos, girar objetos, ecolalias); 2. Insistência nos mesmos elementos, inflexibilidade em rotinas ou padrões específicos de comportamento; 3. Interesses específicos e restritivos anormais em intensidade e foco; 4. Hiper ou Hiporreatividade a estímulos sensoriais ou interesses incomuns por aspectos sensoriais do ambiente.
Critério C	Precisam estar presentes durante as primeiras etapas do desenvolvimento do indivíduo, porém podem não estar totalmente presentes até que seja necessário durante a interação social e, ainda, passar despercebidos durante as estratégias de aprendizagem durante as etapas do desenvolvimento.
Critério D	Causam prejuízo significativo nas áreas sociais, ocupacional ou em áreas de importante funcionamento do indivíduo.
Critério E	Critérios citados não são explicados pela deficiência intelectual ou pelo atraso global no desenvolvimento. Para diagnosticar o TEA, a comunicação social deve estar abaixo da esperada para o nível geral de desenvolvimento.

Fonte: Elaborado pela autora com base no DSM-5 (2021).

Segundo o DSM-5, esses critérios são os que diagnosticam o TEA, enfatizando que não aparecem todos ao mesmo tempo nem na mesma intensidade. Para complementar esse diagnóstico, o DSM-5 traz a classificação por níveis de funcionamento do indivíduo, isto é, níveis que caracterizam se o indivíduo com TEA necessita de pouco apoio ou apoio considerável durante atividades diárias. Tais características encontram-se descritas no Quadro 2:

Quadro 2 – Níveis de Funcionamento para TEA

Níveis de Funcionamento para TEA	
Nível 1 – Necessidade de pouco apoio Comportamentos repetitivos e restritivos	Os déficits na comunicação social acarretam deficiências visíveis. Há dificuldade em iniciar interações sociais ou há respostas atípicas durante a interação, mesmo o indivíduo tendo um desenvolvimento típico na fala. Parece ter um interesse reduzido em interações sociais. Inflexibilidade no comportamento causa uma dificuldade significativa em planejar, alternar ou organizar atividades.
Nível 2 – Necessidade de apoio substancial Comunicação social	Déficits evidentes na comunicação verbal e não verbal, mesmo possuindo auxílio durante a interação social. Possui desenvolvimento da fala restritivo, com interesses restritos. Inflexibilidade no comportamento gera uma dificuldade com mudança ou comportamentos restritivos/repetitivos que se torna marcante durante a interação. Além de ter dificuldade em mudar o foco ou ação.
Nível 3 – Necessidade de apoio substancial	Déficits severos na comunicação social verbal e não verbal, ocasionando prejuízos graves no funcionamento e iniciação social, além de resposta mínima durante a interação. Possui fala incompreensível e, quando há interação, o que raramente ocorre, possui abordagens incomuns até em uma interação social direta. A inflexibilidade do comportamento é de tal maneira que gera extrema dificuldade em lidar com a mudança ou outros comportamentos restritos/repetitivos. Grande dificuldade em mudar o foco ou a ação.

Fonte: Baseado no DSM-5 (2021).

De acordo com o DSM-5, os sintomas do TEA surgem antes dos 3 anos de vida da criança e começam a ser notados por volta dos 18 meses. Quanto mais cedo for diagnosticado, mais eficiente pode ser o tratamento para desenvolver as habilidades afetadas pelo TEA.

Para Zwaigenbaum *et al.* (2015), a partir dos 12 meses, já são perceptíveis algumas características do TEA, como a falta de resposta aos estímulos sonoros, a ausência de contato visual, desde o chamar pelo nome até mesmo na amamentação, o movimento repetitivo nos pés ou mãos, entre outras características. Segundo os autores, essas características são mais

evidentes a partir dos 18 meses. O diagnóstico é basicamente clínico, visto que não existem exames próprios para esse transtorno. Contudo, deve ser feito por uma equipe multidisciplinar composta por neuropediatras, psicólogos, terapeutas ocupacionais e fonoaudiólogos, contando com a ajuda, até mesmo, de professores, dependendo da idade escolar, visto que são os que estão mais próximos do desenvolvimento cognitivo e intelectual da criança.

Segundo a Sociedade Brasileira de Pediatria (SBP, 2022), o TEA não tem cura. Entretanto, há comprovações científicas de que a intervenção precoce gera ganhos significativos no desenvolvimento motor, cognitivo e intelectual da criança e deve ser iniciada tão logo haja a suspeita ou o diagnóstico fechado por uma equipe multidisciplinar. Esse tratamento consiste em um conjunto de modalidades terapêuticas que têm por objetivo aumentar o desenvolvimento social, a comunicação e, principalmente, melhorar a qualidade de vida e autonomia da criança diagnosticada. Cada criança com TEA tem necessidades individuais e, por isso, precisa de uma avaliação e plano de intervenção individualizado.

Segundo Mello (2007), alguns métodos e programas educacionais são mais utilizados durante o tratamento do TEA: o TEACCH, em português Tratamento e Educação de Crianças com Autismo e Problemas de Comunicação Relacionados, que também é um método comportamental, mas é voltado principalmente para o ambiente pedagógico em que a criança se encontra, muito utilizado em algumas escolas regulares por meio da Sala de Recurso⁴; o método ABA, em português Análise Comportamental Aplicada, cujo objetivo é fazer com que a criança desenvolva competências que permitam a ela tornar-se autônoma e independente. Quando a criança pratica um comportamento desejado, recebe a recompensa, uma espécie de presente por aquele comportamento; quando ocorre o não desejado, não recebe; e o PECS, em português Sistema de Comunicação por Troca de Figuras, um método de comunicação alternativa para quem não consegue falar, mas consegue apontar para figuras como forma de conversação.

Vale a pena enfatizar que esses são apenas alguns dos métodos mais utilizados durante o tratamento da criança com TEA, porém sua aplicação depende do nível de funcionamento e dos tipos de recursos que os profissionais que a auxiliam possuem. O mais importante, segundo especialistas, é começar o tratamento precocemente e com profissionais que conhecem o TEA.

⁴ A Sala de Recursos é um espaço que possui mobiliário, materiais didáticos e pedagógicos específicos que são destinados para o desenvolvimento do Atendimento Educacional Especializado (SEED/MEC, 2008).

Na seção seguinte, será apresentado um breve histórico das leis e políticas públicas no Brasil em relação à Educação Inclusiva, relacionando-as com a Matemática e, conseqüentemente, a educação como um todo, assunto de extrema importância para compreender o cenário escolar atual. Com esse contexto descrito, serão apresentados os desafios da inclusão da criança com TEA no ambiente escolar e seu processo de ensino e aprendizagem específico.

2.2 EDUCAÇÃO MATEMÁTICA INCLUSIVA – LEGISLAÇÕES E POLÍTICAS PÚBLICAS EDUCACIONAIS

A Educação Inclusiva possui desafios não só para os educadores, mas para quaisquer profissionais que trabalham com este tema e desejam uma educação possível para todos. Apesar de hoje sabermos que pessoas com deficiência são capazes de aprender, décadas atrás este não era o entendimento.

Segundo Silva (1987), os momentos da história em relação ao tratamento de pessoas com deficiência podem ser separados em três. O primeiro ocorrendo até a Idade Média, quando essas pessoas, ao nascer, já eram abandonadas ou até mesmo assassinadas. No segundo, ocorria a segregação, ou seja, essas pessoas eram vistas como incapazes de aprender ou interagir e, por isso, eram excluídas da sociedade. E o terceiro quando houve a integração, momento em que surgem as escolas especializadas e as classes especiais nas escolas regulares, o que ainda representava uma segregação, mas já era um avanço em relação ao começo da história.

Para que houvesse a evolução desses momentos, foram necessárias diversas legislações, de modo que a pessoa com deficiência tivesse de fato um lugar na sociedade. A legislação é o ato de constituir leis por meio do poder legislativo. Logo, a legislação educacional é o conjunto de leis referentes à educação, seja ela estritamente voltada ao ensino ou a questões relacionadas à matéria educacional, como por exemplo a profissão de professor, a democratização do ensino ou as mensalidades escolares (Martins, 2002). Nesse aspecto, a legislação que se refere à Educação Matemática, foco deste trabalho, é a mesma aplicada à educação como um todo. Dito isso, serão apresentados os avanços da legislação educacional até a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento que possui uma parte importante sobre o ensino da Matemática.

Começamos essa apresentação pela Lei Federal nº 4.024, de 1961, chamada de Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN). Embora não cite nada diretamente ligado à Matemática, menciona, em seu artigo 20, a variedade de métodos de ensino e formas de atividades escolares, levando em consideração os diferentes grupos sociais (Brasil, 1961). Silva

(2021) enfatiza que é necessária, para um ensino significativo da Matemática, essa utilização de métodos e formas de ensino variadas, pois gera um pensamento lógico-matemático. Além disso, a legislação citada considera que a Educação das pessoas com deficiência, naquela época chamadas de “excepcionais”, deveria ser inserida, se possível, no sistema geral de Educação, com o objetivo de integrar estas pessoas à comunidade (Brasil, 1961). Essa lei é o primeiro passo de um longo caminho da Educação Inclusiva.

Em 1971, a Lei nº 5.692 substituiu a lei anterior, afirmando que os alunos com deficiência que estivessem em atraso quanto à idade regular de matrícula deveriam receber um tratamento especial. Ou seja, essa legislação não garantia a inclusão desses alunos na rede regular de ensino, mas sim numa escola ou classe especializada como lugar correto para eles (Brasil, 1971). Porém, em relação às questões de educação, ela afirma um ponto importante em seu art.1º:

Art. 1º O ensino de 1º e 2º graus tem por objetivo geral proporcionar ao educando a formação necessária ao desenvolvimento de suas potencialidades como elemento de autorrealização, qualificação para o trabalho e para o exercício consciente da cidadania. (Brasil, 1971, p. 1).

Ao fazer relação com o exercício consciente da cidadania, podemos estabelecer uma relação com o ensino de Matemática defendido por D’Ambrósio (1993), um ensino de Matemática que signifique desenvolver a capacidade de administrar situações reais que aparecem a todo momento de forma útil e distinta, relacionando com a vida. Por esse motivo, é tão importante relacionar a Matemática com o cotidiano, principalmente no que se refere à Educação Inclusiva.

Em 1988, a Constituição Federal é promulgada, sendo o primeiro documento oficial em que consta o direito à igualdade de ensino para todas as pessoas, sem exceção, incluindo em seu artigo 208 a obrigatoriedade da educação básica gratuita dos 4 aos 17 anos, assegurando às pessoas com deficiência o Atendimento Educacional Especializado (AEE), preferencialmente na rede regular de ensino (Brasil, 1988). No ano seguinte, em 1989, a Lei Federal nº 7.853 assegura a inclusão da educação especial como modalidade de ensino em todas as etapas educacionais, sendo obrigatória em estabelecimento público, e ainda estabelece como crime de reclusão de 2 a 5 anos mais multa o fato de um estabelecimento recusar ou cobrar um maior valor para a matrícula de alunos com deficiência (Brasil, 1989). Em 1990, o Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA) é criado, reafirmando a importância do atendimento educacional especializado às crianças com deficiência, preferencialmente na rede regular de ensino (Brasil,

1990). Em apenas três anos, o Brasil já tinha dado um grande passo na conquista dos direitos das pessoas com deficiência, e a Educação Inclusiva estava começando a se consolidar.

A Declaração de Salamanca, assinada em 1994, é outro grande passo da Educação Inclusiva, pois estabelece, principalmente, a inclusão de crianças, jovens e adultos com deficiência dentro do sistema regular de ensino. Ou seja, nesse momento, era direito da pessoa com deficiência o acesso e permanência na escola regular (Unesco, 1994). Porém, no mesmo ano, o Brasil cria a Política Nacional de Educação Especial, que sugeria a integração institucional das crianças com deficiência, isto é, apenas as crianças que pudessem acompanhar e desenvolver as atividades curriculares no ensino comum poderiam ingressar na sala regular (Brasil, 1994). Infelizmente, um retrocesso à Declaração de Salamanca, visto que grande parte dos alunos com deficiência eram excluídos do ensino regular, sendo mantidos nas classes e escolas especializadas.

Com a inclusão precisando de lugar cada vez maior no ambiente educacional, houve a necessidade de se criar uma legislação específica, que de fato fosse um avanço na Educação Inclusiva do Brasil. E essa circunstância ocorre em 1996. A Lei nº 9.394, que estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), possui um capítulo específico sobre a Educação Especial. Conforme definido em seu art. 58, “[...] Entende-se por educação especial, para os efeitos desta Lei, a modalidade de educação escolar oferecida preferencialmente na rede regular de ensino, para educandos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação (Brasil, 1996, p. 14).

Nesse documento, são mencionados estudantes não só com deficiência, mas também com transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação. Trata-se de um avanço importante, visto que deixa claros os direitos de todos os alunos com necessidades específicas. Destaca também, em seu art. 59, a importância do apoio especializado para esses alunos e menciona a importância na formação de professores:

Art. 59. Os sistemas de ensino assegurarão aos educandos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação:
I – currículos, métodos, técnicas, recursos educativos e organização específicos, para atender às suas necessidades;
II – terminalidade específica para aqueles que não puderam atingir o nível exigido para a conclusão do ensino fundamental, em virtude de suas deficiências, e aceleração para concluir em menor tempo o programa escolar para os superdotados;
III – professores com especialização adequada em nível médio ou superior, para atendimento especializado, bem como professores do ensino regular capacitados para a integração desses educandos em classes comuns; (Brasil, 1996, p. 15).

Na referida legislação, há a preocupação com a inclusão desses alunos e com uma educação de qualidade, até mesmo no que diz respeito ao currículo, métodos e técnicas ofertados para eles, surgindo, assim, a necessidade de capacitação dos professores. Lado a lado com o ensino da Matemática, podemos perceber que essa adaptação curricular é necessária para a aprendizagem do aluno com deficiência, e a utilização de materiais manipulativos se torna um recurso importante para a aprendizagem significativa. O que reforça a ideia de Aragão (2012) ao afirmar que a linguagem matemática também é desenvolvida a partir dos materiais manipulativos.

Seguindo com as legislações educacionais, em 1997, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) são criados, tendo como objetivo a reforma curricular em todo o território nacional, determinando os conteúdos primordiais para a formação dos estudantes. Esse documento apresenta a divisão do ensino fundamental em primeiro, segundo, terceiro e quarto ciclo, além de deixar claro algumas especificações em relação ao ensino da Matemática. Os alunos precisam conhecer e aprender conceitos relacionados aos quatro eixos temáticos dos conteúdos matemáticos, sendo eles: números e operações (aritmética e álgebra); espaço e formas (geometria); grandezas e medidas (aritmética, álgebra); e tratamento da informação (estatística, combinatória e probabilidade) (Brasil, 1997).

Contudo, esse documento estabelece que “A Matemática precisa estar ao alcance de todos e a democratização do seu ensino deve ser meta prioritária do trabalho docente” (Brasil, 1997, p. 19) e, com isso, deixa nas mãos do professor estabelecer adaptações curriculares, técnicas e métodos para que os alunos com deficiência aprendam. Ou seja, trata-se de uma temática complicada em relação à Educação Inclusiva, tornando-se um desafio enorme, pois o professor é quem tem o dever de considerar as especificidades de cada aluno e realizar as adaptações necessárias, analisando e avaliando as possibilidades de aprendizagem de cada um. Em 2001, a Lei nº10.172, Plano Nacional de Educação (PNE), é promulgada e afirma que a Educação Inclusiva deve ser promovida em todos os níveis de ensino, garantindo vagas no ensino regular independentemente do tipo e grau de deficiência (Brasil, 2001).

No ano de 2002, surge a Resolução CN E/CP nº1, que institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, mencionando que os cursos de licenciatura plena e pedagogia deveriam incluir conhecimentos sobre as especificidades dos alunos com necessidades educacionais especiais (Brasil, 2002). Apesar de ser um passo importante na formação de professores, muitos cursos apenas apresentavam um tópico sobre esse assunto, pois não se tratava de tema obrigatório na formação do professor. Outro documento importante para a formação de professores foi o Decreto n.º 5626, de 2005, que

declara a inclusão de Libras como disciplina obrigatória nos cursos de licenciatura plena e em pedagogia (Brasil, 2005). Este sim foi um grande passo para uma formação de professores mais completa e inclusiva não só para o ensino da Matemática, mas para todas as disciplinas no ambiente escolar.

Nos dois anos seguintes, três planos relacionados à Educação Inclusiva são elaborados. O Plano Nacional de Educação em Direitos Humanos, de 2006, que tem entre suas metas a inclusão, nos currículos das escolas, de temas relacionados à pessoa com deficiência (Brasil, 2006). E, em 2007, o Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE), que aborda a infraestrutura e acessibilidade das escolas, formação de professores e sala de recursos (Brasil, 2007). O Decreto n.º 6.094 implementa o Plano de Metas Compromisso Todos pela Educação, que destaca o atendimento aos alunos com deficiência e reforça a inclusão deles no sistema de ensino público (Brasil, 2007). Mesmo não tendo relação direta com a Matemática, os três planos foram um salto na Educação como um todo, principalmente o PDE, por se tratar da infraestrutura necessária nas escolas, assunto até então não mencionado.

Em 2008, surge a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva Inclusiva, que apresenta diretrizes para a inclusão escolar com o objetivo de garantir o acesso, participação e aprendizagem dos alunos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades/superdotação (Brasil, 2008b), e o Decreto n.º 6.571, que afirma que o Atendimento Educacional Especializado (AEE) na Educação Básica deve ser prestado de forma complementar ou suplementar à formação dos alunos no ensino regular (Brasil, 2008a). O decreto deixa claro que o AEE deve promover condições para que estes alunos consigam avançar na aprendizagem, o que cria uma grande ponte para a Matemática, visto que o aluno com deficiência agora irá complementar seu aprendizado no AEE. Esse documento é um marco histórico, pois a educação especial deixa de ser sistema paralelo à educação regular.

No final do ano de 2012, houve uma conquista inédita para as pessoas com TEA: a Lei n.º 12.764, chamada Lei Berenice Piana, que garante que pessoas com TEA tenham os mesmos direitos da pessoa com deficiência, desde diagnóstico, terapias e medicamentos oferecidos pelo Sistema Único de Saúde (SUS) até o acesso à educação. Por essa lei, o estabelecimento que recusasse alunos com TEA, prática comum até sua sanção, com a justificativa de não possuir estrutura e nem profissionais especializados, poderia ser multado em até 20 salários-mínimos (Brasil, 2012). Essa foi uma norma de extrema relevância para a educação como um todo e para este trabalho, visto que é a temática abordada:

Em 2014, é aprovado o Plano Nacional de Educação (PNE), Lei 13.005, um marco para as legislações brasileiras. Ele consiste em um conjunto de 20 metas que o país deve atingir em

um período de 10 anos, sendo uma delas especificamente relacionada à Educação Inclusiva. A meta 4 afirma:

Universalizar, para a população de 4 (quatro) a 17 (dezesete) anos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação, o acesso à educação básica e ao atendimento educacional especializado, preferencialmente na rede regular de ensino, com a garantia de sistema educacional inclusivo, de salas de recursos multifuncionais, classes, escolas ou serviços especializados, públicos ou conveniados. (Brasil, 2014, p. 67, grifos no original).

Mesmo com esse tópico já tendo sido mencionado, o PNE o apresenta como meta, ou seja, é imprescindível que seja implementado em todo o país, o que, para a Educação Inclusiva, é um grande passo. Em relação à Matemática, o PNE não expõe nada específico, mas, indiretamente, o fato de apresentar quatro metas sobre a formação de professores (metas 15 a 18) é um avanço em todas as disciplinas, pois garante uma formação adequada e continuada para os professores da Educação Básica.

Após este ano, somente em 2015 outra lei é promulgada, uma das mais importantes atualmente, chamada de Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência. Essa lei tem como objetivo assegurar e promover condições igualitárias para pessoas com deficiência, visando à sua inclusão social e cidadania, envolvendo tanto a escola pública como a privada e todos os seus níveis de ensino (Brasil, 2015).

Finalmente, chegamos à Base Nacional Comum Curricular (BNCC), promulgada, em 2017, para o Ensino Infantil e Fundamental e atualizada em 2018, contemplando o Ensino Médio. Nela, é informado o que é necessário e comum para a aprendizagem de todos os alunos no país e o que pode ser diversificado, respeitando os aspectos políticos, éticos e culturais de cada região (Silva, 2021). Em relação à Matemática, a BNCC apresenta perspectivas diferentes para a educação infantil e fundamental, mas em ambas é necessário garantir o letramento matemático. A esse respeito, Santos (2020) pontua:

O letramento matemático é a possibilidade do sujeito de reconhecer o mundo, como seu espaço físico, proporcionando-o envolver-se na realidade das situações cotidianas para a formalização dos conteúdos matemáticos, de forma crítica, na/para cidadania, dentro e fora do ambiente escolar. (Santos, 2020, p. 98).

Com esse conceito em mente, o professor precisa auxiliar seus alunos e relacionar a Matemática vista em sala de aula com as situações cotidianas para que, dessa forma, sua aprendizagem seja, de fato, produtiva. Um fato interessante sobre a BNCC é que as unidades

temáticas são iguais em todas as séries dos ensinos infantil, fundamental e médio, porém vão se ampliando à medida que os anos escolares vão avançando. É o chamado conhecimento em espiral, pois o conteúdo vai ficando mais complexo progressivamente.

A BNCC também aborda um tema importante para este trabalho, qual seja a relação da Tecnologia Digital de Informação (TIC) com a Educação, afirmando a importância de se promover esta relação com o currículo escolar, favorecendo a aprendizagem significativa do aluno. Nesse sentido, a competência 5 postula:

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. (BNCC, 2018, p. 9, grifo no original).

Em resumo, incorporar as TICs no currículo agora é uma prática que precisa ser realizada em todo o território brasileiro para que, com esse suporte, o aluno construa um conhecimento próprio, além de despertar seu interesse na sala de aula e promover uma aprendizagem mais significativa.

Por este trabalho tratar de um transtorno específico, o TEA, é importante ressaltar a Lei n.º 13.861, de 2019, um complemento da Lei 7.853 de 1989, que consiste em incluir as especificidades do TEA nos censos demográficos a partir do ano em que a Lei é criada (Brasil, 2019). Essa legislação representa um marco significativo para os pesquisadores do Brasil, visto que, antes dessa lei, os dados referentes a alunos com TEA eram escassos. Com ela em vigor, os dados serão mais realistas para o TEA, pois incluem suas especificidades.

Em 8 de janeiro de 2020, foi sancionada a Lei 13.977, conhecida como Lei Romeo Mion. Essa lei é a mais recente em relação ao TEA e consiste na criação da Carteira de Identificação da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista (Ciptea). Esse documento é emitido de forma gratuita por órgãos estaduais e municipais. A impossibilidade de identificar a pessoa com TEA visualmente gera ainda mais obstáculos. Com isso, tal legislação vem como uma resposta a esse ponto.

A compreensão das particularidades da legislação educacional inclusiva, relacionando-as com os aspectos que auxiliam no ensino da Matemática, como a avaliação, o currículo e suas adaptações legais e a capacitação adequada do professor, nos ajuda a compreender e justificar a importância da Matemática Inclusiva na sociedade. Segundo Silva (2021), essa Educação vai muito além do atendimento especializado ou da Matemática com foco em cálculos e formas. É

preciso ter um olhar mais sensível em relação a esse ponto, considerando o cotidiano da criança que está aprendendo para uma aprendizagem mais significativa. Dito isso, é importante enfatizar o Ensino da Matemática e seus aspectos para uma Educação Inclusiva.

2.2.1 Aspectos metodológicos do ensino da Matemática para a Educação Inclusiva

Mesmo com tantas leis, resoluções e decretos, a Educação Inclusiva ainda é um assunto amplamente discutido na sociedade, e percebemos que apenas a criação de leis não garante a inclusão escolar de fato. De acordo com o Censo Demográfico de 2022, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o levantamento identificou, pela primeira vez, a população brasileira com diagnóstico TEA, contabilizando aproximadamente 2,4 milhões de pessoas, o que corresponde a cerca de 1,2% da população nacional (IBGE, 2022). Esse dado representa um marco importante para a formulação de políticas públicas voltadas à inclusão, uma vez que oferece uma estimativa oficial da presença do TEA no país.

Até o momento, não há dados atualizados referentes ao ano de 2024 divulgados pelo IBGE, visto que o Censo Demográfico é de periodicidade decenal. Assim, os números de 2022 permanecem como a fonte mais recente e representativa sobre a prevalência do autismo no Brasil. Por outro lado, os dados do Censo Escolar 2024, divulgados pelo INEP, mostram um aumento expressivo nas matrículas de estudantes com TEA, totalizando 918.877 alunos na Educação Básica, um crescimento de 44,4% em relação ao ano anterior (INEP, 2025). Essa diferença entre as bases de dados reflete tanto a ampliação do diagnóstico e da identificação de estudantes com TEA nas redes de ensino quanto a crescente consolidação de políticas de inclusão escolar em classes regulares, alinhadas às diretrizes da Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva (Brasil, 2008).

Nesse sentido, Rosa (2017) faz a seguinte observação:

A Educação Inclusiva é um tema que precisa ser discutido para além da legislação. Temos que refletir como sociedade, como membros da comunidade escolar e, principalmente, como educadores matemáticos. A Educação Matemática é diretamente influenciada por essa (não) movimentação. Enquanto nós, educadores matemáticos, continuarmos pensando na padronização, na normalidade e idealizando discentes homogêneos não conseguiremos avançar. Precisamos começar a transformação por nós, pois TODOS os nossos alunos devem ser incluídos e não percebidos ou ressaltados por suas particularidades. Por que pensar em adaptações, sejam elas curriculares ou de materiais didáticos, somente quando aparece alguém diferente do que tínhamos planejado? Por que o considerado

diferente não se encaixa em nosso planejamento, se ninguém é igual a ninguém? (Rosa, 2017, p. 234, grifos no original).

Com essa afirmação da autora, percebemos a importância das adaptações curriculares e utilização de recursos não só para alunos com deficiência, mas também para os alunos de modo geral.

Carvalho *et al.* (2018) afirmam que ainda há uma carência de trabalhos sobre esse tema. Com isso, surgem novas preocupações sobre pessoas com transtorno ou deficiência, principalmente em relação ao oferecimento de um processo de ensino e aprendizagem de Matemática Inclusiva, uma Matemática que faça sentido para todos.

Partindo desse cenário, é importante frisar que o ensino da Matemática está além do tradicional, sendo preciso um outro olhar a respeito dos conteúdos ensinados em sala de aula. Buscar meios alternativos para o aprendizado da criança com deficiência se faz cada vez mais necessário. Ressaltamos o estudo de Biotto Filho (2008), baseado em Skovsmose (2001), para definir a “matemacia”. Para Biotto Filho (2008), “matemacia” é um conjunto de competências referentes às habilidades matemáticas, bem como à forma com que essas habilidades são aplicadas em determinadas situações e, o mais importante, à reflexão que é desenvolvida durante esse processo.

Reforçando essa ideia, Skovsmose (2001) descreve que a concepção da Matemática moderna se baseia em três conjuntos de ideias: a Matemática é essencial para entender a natureza; é pura racionalidade; e, o mais importante, é um recurso poderoso para intervenções tecnológicas, e o conhecimento de tecnologias é primordial na sociedade que vivemos. Com isso, a Matemática interfere diretamente no desenvolvimento social e formador da sociedade que possibilita formar cidadãos críticos.

Nessa ideia de a Matemática ser essencial para entender a natureza é que se encontra uma reflexão importante quando se ensina a disciplina na perspectiva inclusiva no sentido que ela deve possuir para as pessoas com deficiência. Torna-se necessário mostrar a essas pessoas a importância da Matemática, relacionando-a com o cotidiano e utilizando recursos alternativos para uma aprendizagem significativa, que se torna um desafio para o professor de Matemática. Segundo Silva e Domênico (2014), os professores ficam receosos quando o assunto é a Matemática de forma inclusiva, quais métodos utilizar e como fazer com que esses alunos aprendam o que lhes é explicado.

D’Ambrosio (2012) afirma que não existe uma receita certa quando o assunto é a utilização de métodos alternativos para uma melhor aprendizagem: tudo depende do professor,

do aluno e dos conhecimentos matemáticos. Por isso, é importante que o docente conheça o aluno, suas habilidades, dificuldades e o que ele precisa desenvolver para avançar na sua aprendizagem. Dito isso, focaremos no transtorno desta pesquisa, o TEA, e seus desafios em relação à Educação Inclusiva e seu processo de ensino e aprendizagem.

2.2.2 Perspectiva Vygostkiana e o processo de aprendizagem da criança com TEA

Apesar do reconhecimento que as pessoas com TEA estão tendo atualmente, a educação brasileira ainda não oferece um contexto apropriado para que essas pessoas possam ter um processo de ensino e aprendizagem que atenda a suas particularidades. Sabendo da importância do papel social da educação para todos, é importante discutir as ideias de Vygostki sobre a educação escolar de alunos com TEA.

Segundo Bosa (2002), na formação de professores, o entendimento de que a base do desenvolvimento social é a linguagem e a cognição ainda é vago. Esse tipo de entendimento é encontrado de maneira semelhante na perspectiva Vygostkiana, isto é, a aprendizagem e o desenvolvimento são processos profundamente relacionados e trabalham através de um diálogo. Nesse sentido, a autora traz a seguinte reflexão:

[...] a aprendizagem escolar desencadeia vários processos internos de desenvolvimento, que são capazes de operar somente quando a criança interage com pessoas, em seu ambiente. Uma vez internalizados, esses processos tornam-se parte das aquisições do desenvolvimento independente da criança. As situações de interação social assumem papel decisivo, pois são concebidas como um espaço simbólico gerador de conhecimentos, de apropriação de significados e de construção de subjetividades, em outras palavras, são geradores de pensamento abstrato. (Bosa, 2014, p. 46).

Com essa afirmação de Bosa (2002), acredita-se que é importante enfatizar alguns aspectos da teoria de Vygostki para o estudo sobre a criança com TEA. Apesar de nunca ter estudado o TEA de fato, muitos de seus trabalhos que tratam sobre deficiência podem ser contribuições relevantes para se pensar na educação escolar de crianças com TEA. Os seus estudos sobre deficiência foram feitos por meio de sua defectologia. Para Vygotski (1997), a defectologia aborda os diferentes níveis de desenvolvimento de crianças com algum tipo de deficiência.

Como afirma Gindis (2003), a defectologia estuda o defeito. Apesar de parecer um termo não apropriado atualmente, o autor defende que as ideias de Vygotski são positivas:

[...] defectologia é o termo que reflete a área de pesquisa e prática de Vygotsky que é relevante para a educação especial contemporânea e a psicologia escolar. O termo em si parece bastante degradante. [...] este termo não sobreviveria a uma discussão científica no mundo ocidental hoje porque carrega muitas conotações negativas em relação aos indivíduos com deficiência. Ironicamente, o tom negativo do termo em si não está de forma alguma presente na atitude inspiradora e positiva dos textos de Vygotski. A palavra defectologia significa literalmente o estudo do defeito (Gindis, 2003, p. 200).

Ou seja, para Gindis (2003), as ideias de Vygotski não possuem relação alguma com a conotação ruim que o termo defeito carrega, mas sim uma ideia inspiradora que é muito relevante para a educação especial atualmente.

Ainda sobre o tema, Giest (2018) afirma que, antes de Vygotski, a defectologia preocupava-se apenas com parte biológica, porém este último acreditava que não eram somente limitações físicas, mas também sociais. Ou seja, a falta de inclusão da criança com deficiência no cotidiano era o motivo pelo qual as deficiências dessas crianças ficavam tão visíveis.

Para Vygotski (1997), as maiores dificuldades enfrentadas pelas crianças com deficiência não são as biológicas, mas sim as sociais, pois são estas que segregam e excluem, impedindo assim que a criança se desenvolva na parte social e, conseqüentemente, na parte psicológica e cognitiva.

Entre os anos 1924 e 1925, os trabalhos de Vygotski dão ênfase na educação social da criança com deficiência, pois a deficiência afeta, antes de qualquer coisa, a relação com o outro. Para o autor, o ambiente social tem maior influência nos problemas encontrados pelas pessoas com deficiência do que propriamente a deficiência, isto é, o desenvolvimento da pessoa com deficiência é o mesmo do que a pessoa sem deficiência, o que difere é a forma como esse desenvolvimento se dá. O mesmo ocorre com a educação.

Na visão do pensador bielorusso, as pessoas com deficiência devem ser tratadas da mesma forma que as que não possuem deficiência, pois possuem a mesma capacidade, só utilizam estratégias diferentes. Vygotski (1997, p. 85) acreditava que “[...] ser creado el sistema combinado de educación especial y común”, ou seja, deveria ser criado um sistema que combinasse a educação especial e a regular, isto é, essa combinação poderia ser uma forma de educação onde todos colaborariam entre si.

Essas ideias de desenvolvimento cultural da criança com deficiência permitiram a proposição da tese: “[...] el desarrollo cultural es la esfera fundamental donde resulta posible la compensación de la insuficiencia. Donde resulta imposible un desarrollo orgánico ulterior, se abre ilimitadamente el camino del desarrollo cultural” (Vygotski, 1997, p. 187). Nela, o

educador compreende que a criança assimila o que está no ambiente e, com isso, refaz um novo curso do desenvolvimento. A esse respeito, Vygotski (1997) complementa:

Como já foi dito, as funções psíquicas surgidas no processo do desenvolvimento histórico da humanidade e cuja estruturação depende da conduta coletiva da criança constituem o campo que admite, em maior medida, a nivelamento e atenuação das consequências do defeito e apresenta as maiores possibilidades para uma influência educativa (tradução nossa).⁵

Com essa afirmação, podemos perceber a importância da colaboração da criança com deficiência com as pessoas que estão a sua volta. Com isso, elas desenvolvem as funções superiores intelectuais. Portanto, nota-se que é de extrema importância essa colaboração para o desenvolvimento de crianças com TEA. Não é mais eficaz isolar essas crianças das outras, o contato entre elas é a melhor forma de garantir seu desenvolvimento.

Para a criança com TEA, é fundamental o processo de escolarização, pois é nesse ambiente que será estimulado seu desenvolvimento social e psíquico. Todavia, para que isso ocorra de forma efetiva, torna-se necessário utilizar caminhos alternativos para a aprendizagem desses alunos.

Grandin (1992) afirma que é necessário trabalhar a favor das crianças com TEA, ajudando-as a descobrir o tipo de memória que elas possuem, se é visual, textual ou gráfica. Com foco neste ponto, a aprendizagem é realizada de forma suave e sem bloqueios. Para Grandin (2017), os objetos e elementos são percebidos pelo indivíduo com TEA através dos estímulos sensoriais que eles promovem, e não pelas suas funções. É por esse motivo que a utilização de materiais concretos e virtuais é tão utilizada e possui eficácia para a aprendizagem das crianças com TEA, pois elas precisam tocar e manipular objetos.

Segundo Madeira-Coelho (2012), há a necessidade de se utilizar recursos pedagógicos que enfatizem, a todo momento, a identidade e o espaço dessa criança no seu aprendizado. Utilizando recursos, as crianças com TEA são capazes de aprender, respeitando seu processo e explorando suas potencialidades. Aspecto sempre enfatizado por Cunha (2017) em seu trabalho, a utilização de recursos pedagógicos, como barras e blocos lógicos coloridos por exemplo, auxilia no desenvolvimento lógico-matemático de crianças com TEA. Esse fato é reforçado também por Silva (2012), que descreve a importância da utilização de métodos e recursos

⁵ Trecho original: “*Como ya se ha dicho, las funciones psíquicas surgidas en el proceso del desarrollo histórico de la humanidad y cuya estructuración depende de la conducta colectividad del niño constituyen el campo que admite en mayor medida la nivelación y atenuación de las consecuencias del defecto y presenta las mayores posibilidades para una influencia educativa.*” (Vygotski, 1997, p. 222).

educacionais lúdicos para se desenvolver o raciocínio lógico e a aprendizagem do aluno com TEA.

Outro recurso amplamente utilizado como auxiliador na aprendizagem de conceitos matemáticos são os jogos educacionais, além de desenvolver a comunicação e melhorar a interação social, mas lembrando que o professor deve focar em uma fala direta e objetiva, ideia reforçada por Orrú (2012), pois essas crianças possuem grande dificuldade em entender metáforas ou ironias, logo a comunicação direta é a mais indicada.

De acordo com Orrú (2012), algumas escolas, ao receberem alunos com TEA, focam somente nos critérios que o diagnóstico traz, sem considerar sua singularidade na aprendizagem.

Conforme divulgado pelo último Censo Escolar, de 2023, há 607.144 alunos com TEA matriculados em classes regulares de escolas públicas e particulares nos ensinos infantil, fundamental e médio. Em 2022, havia 405.056 alunos com TEA. Esse aumento considerável nas matrículas se deu, em parte, pela Lei Berenice Piana, que garantiu vários direitos às pessoas com TEA, e pela Lei nº13.861, uma alteração realizada na Lei 7.853/1990, que consistiu em incluir as especificidades do TEA nos censos demográficos a partir do ano de 2019. O aumento de matrículas já é um avanço em relação à inclusão dessas crianças, porém ainda há muito o que ser feito. O simples fato de se estar em uma sala regular não garante que a criança com TEA acompanhe a aula e aprenda os conteúdos de forma significativa. Dito isso, comentaremos na seção a seguir sobre as dificuldades da inclusão da criança com TEA no ambiente escolar.

Diante das contribuições da perspectiva vygotskiana sobre o desenvolvimento social, cultural e cognitivo da criança com TEA, torna-se necessário compreender como esses princípios se materializam no contexto escolar. Se, por um lado, Vygotski destaca a importância das interações sociais e da mediação para o avanço do desenvolvimento, por outro, a realidade das escolas brasileiras evidencia desafios concretos para garantir que esses processos ocorram de forma inclusiva e significativa. Nesse sentido, a próxima seção discute os principais desafios da inclusão escolar enfrentados pelos alunos com TEA no cotidiano educacional.

2.2.3 Desafios da inclusão escolar da criança com TEA

O processo de inclusão escolar de crianças com TEA vem acontecendo lentamente, e ainda há muitos pontos a serem trabalhados. Segundo Mantoan (2003), um dos grandes problemas enfrentados por elas são suas necessidades específicas de aprendizagem, que incluem dificuldades de se organizar, distração com ruídos e falta de habilidade em generalizar

situações. Para que esses problemas sejam superados, a ação do professor é de extrema importância. Cunha (2017) afirma que o primeiro ponto do professor é conhecer o aluno, suas habilidades e dificuldades, trabalhando-as para que este último consiga avançar em seu desenvolvimento.

Para o autor, o maior desafio e o mais necessário é um planejamento individual para cada aluno com TEA, pois essas crianças focam em atividades que possuem interesses. Logo, é preciso que a atividade tenha elementos que chamem a sua atenção. Por se tratar de um trabalho detalhado e individual, o professor da sala regular deve manter um relacionamento próximo com o professor do AEE para manter o nível de desenvolvimento do aluno com TEA tanto na sala regular quanto na sala de recurso.

Com o foco em desenvolver a Matemática com essas crianças, Cunha (2017) assegura que, apesar de se tratar de um trabalho árduo e, na maioria das vezes, incorrespondido nas primeiras tentativas, ele deve ser incentivado e valorizado a fim de facilitar o entendimento e convívio da criança com TEA na sociedade. Fato que reforça a ideia de Skovsmose (2001) sobre a Educação Matemática estar diretamente ligada ao desenvolvimento de competências fundamentais para se viver na atual sociedade.

Buscando uma aprendizagem mais significativa, podemos citar as tendências metodológicas que auxiliam no ensino da Matemática descritas por Mendes (2006), quais sejam: Jogos e materiais concretos; Etnomatemática; Resolução de problemas; Modelagem Matemática; Matemática crítica; História da Matemática; e Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) na Matemática. Segundo o autor, qualquer ação elaborada nas aulas de Matemática será direcionada por uma dessas tendências.

Segundo Souza *et al.* (2019), tem sido comprovada a eficácia de *softwares* no desenvolvimento cognitivo e nas habilidades de jovens com TEA. Bittencourt e Francisco (2015) propõem uma análise sobre processos de interação em ambientes digitais na qual mostram que há desenvolvimento da interação social em crianças com TEA. Brites, L. e Brites, C. (2019) citam pesquisas, inclusive do Brasil, que demonstram que a utilização de determinadas tecnologias e recursos didáticos auxilia na aprendizagem escolar de pessoas com TEA, pois aumentam a motivação e o interesse por atividades pedagógicas ou acadêmicas.

Nesse contexto de buscar uma metodologia diferenciada para o ensino da Matemática de crianças com TEA, a Tecnologia da Informação e Comunicação foi escolhida para esta pesquisa.

Na seção seguinte, são apresentadas algumas considerações sobre o uso de Tecnologias na Educação Matemática com o intuito de detalhar a relação de crianças com TEA com a Matemática através do uso de recursos tecnológicos.

2.3 AS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA PARA CRIANÇAS COM TEA

A utilização de Tecnologias da Informação e Comunicação no contexto educacional tem se mostrado uma ferramenta poderosa para promover a inclusão e o aprendizado de alunos com Transtorno do Espectro Autista. Como afirmam Ananiadou e Claro (2009), a melhoria das habilidades acadêmicas e a redução das desigualdades sociais são objetivos centrais nas políticas educacionais contemporâneas. Nesse sentido, as TIC oferecem recursos que podem atender às necessidades específicas de alunos com TEA, proporcionando um ambiente de aprendizagem mais acessível e engajador. Watson, S e Watson, R. (2011) afirmam que a tecnologia pode ser um meio eficaz para facilitar a aprendizagem em contextos educacionais desafiadores, especialmente para alunos que enfrentam barreiras sociais e cognitivas, que é o caso de alunos com TEA.

Para alunos com TEA, que frequentemente se beneficiam de abordagens visuais e interativas, o uso de aplicativos educativos e jogos matemáticos pode tornar o aprendizado mais envolvente e menos intimidante. Ademais, a inclusão de *feedback* imediato, como sugere Penuel (2006), permite que os alunos ajustem suas estratégias de aprendizagem em tempo real, promovendo um entendimento mais profundo dos conceitos matemáticos.

Cristia *et al.* (2012) enfatizam que a tecnologia não apenas serve como um recurso pedagógico, mas também como uma ponte para a comunicação. Muitas vezes, alunos com TEA enfrentam dificuldades em se expressar verbalmente; assim, ferramentas de TIC, como *softwares* de comunicação aumentativa e alternativa, podem facilitar a interação com professores e colegas. Essa interação é fundamental para o desenvolvimento de habilidades sociais, que são frequentemente desafiadoras para esses alunos.

Em suma, a implementação de TIC na educação de alunos com TEA representa uma estratégia promissora para melhorar o engajamento e o desempenho acadêmico. A pesquisa contínua e o desenvolvimento de práticas baseadas em evidências são essenciais para garantir que essas tecnologias sejam utilizadas de maneira eficaz. Autores como Ananiadou e Claro (2009), Souza e Oliveira (2010) e Penuel (2006) fornecem uma base teórica sólida que apoia a integração das TIC como um meio de promover uma educação mais inclusiva e equitativa para todos os alunos.

Kenski (2012) ressalta que a escola precisa se adequar à evolução tecnológica que acontece no mundo para, assim, preparar seus alunos não só para o mercado de trabalho, mas também para a vida em sociedade:

As tecnologias estão tão próximas e presentes que nem percebemos mais que não são coisas naturais. Tecnologias que resultaram, por exemplo, em lápis, cadernos, canetas, lousas, giz e muitos outros produtos, equipamentos e processos que foram planejados e construídos para que possamos ler, escrever, ensinar e aprender. (Kenski, 2012, p. 24).

Ou seja, a tecnologia está presente no dia a dia de todos. Assim, utilizando os recursos corretos, é possível auxiliar e motivar os alunos durante as aulas, além de aumentar o empenho e rendimento deles.

Destarte, a utilização das TIC se faz necessária durante o processo de ensino e aprendizagem já há algum tempo. Isso pode ser observado em documentos escritos na década de 90, como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), que orientam os educadores a procurarem novas abordagens para melhorarem a prática escolar:

O computador pode ser usado como elemento de apoio para o ensino (banco de dados elementos visuais), mas também como fonte de aprendizagem e como ferramenta para o desenvolvimento de habilidades. O trabalho com o computador pode ensinar o aluno a aprender com seus erros e a aprender junto com seus colegas, trocando suas produções e comparando-as. (Brasil, 1997, p. 35, grifo no original).

Naquela década, o computador era o recurso mais moderno para se utilizar em sala. No entanto, com a evolução da tecnologia nos dias de hoje, temos muitos outros recursos digitais que podem ser usados no ambiente de ensino.

As TIC promovem uma aprendizagem mais significativa e têm como objetivo aprimorar o processo de ensino e aprendizagem, relacionando com a realidade do aluno, despertando maior interesse e participação durante as aulas em todas as etapas da vida escolar. A Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2017) reforça a alfabetização digital das crianças, desenvolvendo as competências e habilidades para o uso responsável das tecnologias. A competência geral 5 deixa claro este pensamento:

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, 2017, p. 11, grifos no original).

Com isso, podemos perceber que a utilização das TIC auxilia na formação de cidadãos críticos e ativos na sociedade, participando conscientemente de decisões importantes durante toda sua vida, contribuindo, assim, para o avanço social, político, econômico e tecnológico da sociedade como um todo.

Para Avila (2011), as tecnologias estão presentes em qualquer área de estudo. Assim, com o avanço das TIC, abriu-se espaço para as chamadas Tecnologias Assistivas (TA), que podem ser definidas da seguinte forma:

A “Tecnologia Assistiva (TA)” é 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 participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (Brasil, 2007, grifo no original).

Por esse conceito de TA, podemos entender que ela tem como objetivo possibilitar a independência e autonomia de pessoas que possuem alguma necessidade especial.

Segundo Bersch (2006), a TA é composta por recursos e serviços, sendo os recursos o equipamento utilizado para que a pessoa realize o que precisa, enquanto o serviço é o que busca resolver os problemas funcionais da pessoa para que ela possa superar o que a está impedindo de ser incluída em diversas atividades. Com isso, podemos entender que as TA estão em constante adaptação, pois funcionam como mediadores que favorecem o acesso ao conhecimento e ajudam na adaptação e autonomia das pessoas com deficiência.

O docente precisa levar em consideração que, ao utilizar tecnologias durante as aulas, estas devem funcionar como uma ponte para a construção do conhecimento e não apenas um suporte para a aula se tornar atrativa para os alunos. Assim, para que isso ocorra, é imprescindível que ele saiba da importância e tenha conhecimento da tecnologia que irá utilizar. Dias (2014) reforça a ideia da escola sobre a tecnologia:

[...]os gestores de uma rede de ensino ou de uma escola têm, assim, um relevante papel na implementação da proposta de integração das TIC na vida da escola. Cabe-lhes a tarefa de aprender a lidar com esse novo elemento, sem tratá-lo como ente estranho ao processo de aprendizagem, mas ao contrário, liderando um processo de debate participativo e procurando inseri-lo de forma contextualizada no projeto político-pedagógico da escola. (Dias, 2014, p. 15).

Esta ideia de implementar a tecnologia pode ser trabalhada pela gestão da escola, juntamente com a equipe pedagógica, propondo-se um Projeto Político Pedagógico (PPP) que envolva a aplicação da tecnologia em sala de aula. Juntamente com isso, o professor precisa saber utilizar essa tecnologia em sua sala com objetivos concretos e com potencial para aprendizagem, tal como reforça Kenski (2012) em seu estudo:

A organização do espaço, do tempo, o número de alunos que compõe cada turma e os objetivos do ensino pode trazer mudanças significativas para as maneiras como os professores e alunos irão utilizar as tecnologias em suas aulas. A escolha de determinado tipo de tecnologia altera profundamente a natureza do processo educacional e a comunicação entre os participantes. (Kenski, 2012, p. 45).

Levando em consideração esta citação, nota-se a importância do planejamento e organização das aulas pelo docente em relação à tecnologia. Ainda que haja dificuldade no domínio dessa tecnologia, o sucesso da aplicação está na preparação da aula, no interesse pela tecnologia e na motivação para usá-la.

Diante das considerações anteriores, é notório que existe uma necessidade de utilizar tecnologias durante as aulas. Dessa forma, destacamos o uso dos recursos educacionais digitais a fim de que os alunos possam investigar e explorar os conteúdos estudados para uma aprendizagem mais significativa, principalmente, para a criança com TEA.

2.3.1 Recursos Educacionais Digitais – um aliado na aprendizagem de crianças com TEA

É importante destacar o que é um Recurso Educacional Digital, suas características e objetivos na educação. Segundo Hitzschky *et al.* (2019), os REDs são ferramentas multimidiáticas que têm como foco influenciar e modificar as práticas pedagógicas de forma positiva. Veiga (2019) diz que esses se originaram na *web* por se tratar de ferramentas digitais e têm como objetivo tornar a aula mais dinâmica, interativa e atrativa para os alunos. Ainda acerca dos REDs, Hitzschky *et al.* (2020, p. 20) pontuam:

São quaisquer recursos digitais, como softwares, aplicativos educacionais e objetos de aprendizagem, construídos e estruturados por meio de instrumentos multimidiáticos como textos, imagens, animações e elementos audiovisuais. (Hitzschky *et al.* 2020, p. 20).

Ou seja, com base nessa definição, observa-se que, para conquistar a atenção dos alunos e manter o foco no conteúdo da sala de aula, é importante que o uso dos REDs se torne cada vez mais comum no ambiente escolar.

Para Medeiros *et al.* (2018), os REDs, são os recursos digitais, como *softwares*, aplicativos educacionais e Objetos de Aprendizagem (AO), feitos a partir de suas ferramentas multimidiáticas, como textos, imagens, áudios, vídeos e animações.

Para Souza (2019), estudos utilizando tecnologias digitais educacionais têm se mostrado um forte aliado na aprendizagem de crianças com TEA, principalmente pelo fato de facilitar a ampliação da comunicação e da interação social deles. Além disso, favorecem a criação de um contexto estruturado e “limpo” de estímulos concorrentes e com interações mais simples de serem feitas. Por esse motivo, esta dissertação selecionou as tecnologias, mais especificadamente os recursos educacionais digitais, para se aprofundar.

Para Austin e Doust (2008), os Recursos Educacionais Digitais descrevem a grande explosão de recursos de informação e comunicação desenvolvidos nas últimas décadas que apresentam uma codificação digital. O uso desses recursos oferece uma aprendizagem mais efetiva se feito de maneira correta na sala de aula, principalmente durante as aulas de Matemática, que, segundo Menegat (2006), são muitas das vezes cansativas e monótonas. Porém, quando há o uso de recursos tecnológicos, tornam-se mais interessantes para o aluno. Como postula Diniz (2001), a utilização de recursos oferece uma possibilidade melhor para o processo de ensino e aprendizagem para os estudantes, visto que eles conseguem construir e desenvolver seu próprio raciocínio.

Para Cursino (2017), a utilização de Recursos Educacionais Digitais apresenta dois pontos importantes: o ponto de vista do conhecimento da Matemática, uma vez que esses recursos auxiliam na integração do conhecimento científico e desenvolvimento do pensamento crítico nos alunos; e o ponto de vista social, a ligação que existe entre tecnologia e Matemática, visto que a tecnologia constantemente desenvolve certas áreas que possuem relação com a Matemática, como a engenharia e a modelagem por exemplo.

Com base nos autores acima e aplicando seus estudos no conteúdo de crianças com TEA, Cunha (2011) reforça que a utilização de tecnologias melhora a comunicação e interação social dessas crianças, além de possibilitar situações que favorecem uma aprendizagem mais focada e interessante. Esse aspecto, para Souza *et al.* (2020), é o ponto principal, isto é, a utilização de recursos tecnológicos ligando o dia a dia da criança com o que é ensinado em sala de aula a fim de que se tenha uma aprendizagem que faça sentido para essa criança. Segundo as autoras, tem

sido comprovada a eficácia de *softwares* no desenvolvimento cognitivo e nas habilidades de jovens com TEA.

Bittencourt e Francisco (2015) destacam estudos que comprovam a eficácia no desenvolvimento da interação social decorrente da interação de ambientes digitais com a criança com TEA. Fletcher-Watson (2014) reforça essa ideia afirmando que a tecnologia se mostra capaz de diminuir os déficits do TEA, como o desvio de atenção e a dificuldade de aprendizagem por exemplo. Estudos de Panyan (1984) e Ploog *et al.* (2013) revelam como crianças com TEA mostram interesse pela tecnologia e como têm aptidão para usá-la. Por essa razão, ela possui uma potencialidade enorme para estimular a sua aprendizagem e o seu desenvolvimento.

Com base nos estudos e pesquisas dos autores citados nesta seção, é possível considerar que o uso de diferentes tecnologias, mais precisamente os Recursos Educacionais Digitais, ajudam consideravelmente no desenvolvimento de atividades que incluem crianças com TEA, pois facilitam desde a comunicação e interação da criança com o ambiente em que ela se encontra até a aprendizagem do conteúdo apresentado de fato.

Um aspecto importante a salientar é a acessibilidade e adaptabilidade que os Recursos Educacionais Digitais possuem. A acessibilidade e a adaptabilidade são pilares fundamentais para uma educação verdadeiramente inclusiva, especialmente no atendimento a crianças com TEA.

Segundo Mantoan (2006), acessibilidade na educação engloba a parte de comunicação e metodologias, que são fundamentais para garantir a inclusão de alunos com deficiência ou com TEA. A autora destaca que a escola deve se adaptar às necessidades dos alunos e não o contrário. Ademais, Carneiro (2019) afirma que a acessibilidade na educação para crianças com TEA envolve a eliminação de barreiras sensoriais, cognitivas e sociais, e a oferta de recursos tecnológicos e humanos que favoreçam a aprendizagem e a socialização. Além dos fatos trazidos pelos autores, a acessibilidade é amparada por lei: a Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015) reforça a acessibilidade como condição essencial para o exercício pleno dos direitos das pessoas com deficiência. Já a UNESCO (2009) defende ambientes educacionais equitativos que respeitem as necessidades específicas dos estudantes.

No que se refere à adaptabilidade, autores como Rasmussen, Silva e Vieira Neix (2021) reforçam inclui a personalização do ensino para alunos com TEA, considerando estratégias como rotinas estruturadas, organização visual, adaptação de materiais e previsibilidade das atividades, isto é, ajusta o currículo sem reduzir sua complexidade ou qualidade. A BNCC reconhece que a diversidade dos estudantes deve ser considerada, e que o currículo deve ser

flexível e adaptável para garantir o direito à aprendizagem de todos, isso inclui estratégias e recursos de acessibilidade e de flexibilização curricular (Brasil, 2017).

Em suma, a acessibilidade assegura a igualdade de condições no acesso à educação, sendo amparada por lei. Já a adaptabilidade está ligada à personalização e flexibilização do ensino, com base em documentos. Ambas são essenciais para a inclusão pedagógica de crianças com TEA, permitindo desenvolver seu potencial em ambientes escolares. Assim, acessibilidade e adaptabilidade se complementam, constituindo práticas essenciais para uma escola inclusiva, democrática e comprometida com a diversidade.

3 ESTADO DA ARTE SOBRE TECNOLOGIAS NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA PARA CRIANÇAS COM TEA

Neste capítulo, será apresentada a Revisão Sistemática de Literatura (RSL) que possibilitou o conhecimento do estado da arte dos trabalhos publicados que possuem relação com o tema desta dissertação, isto é, tecnologias que auxiliam no processo de ensino e aprendizagem de Matemática para crianças com TEA.

Segundo Kitchenhan *et al.* (2009), a RSL tem o objetivo de selecionar, avaliar, interpretar e sumarizar os trabalhos disponíveis sobre um determinado tópico de pesquisa. Morandi e Camargo (2015) completam que a RSL identifica lacunas a serem preenchidas, o que resulta em um relatório coerente sobre o tema pesquisado. Para Kirca e Yaprak (2010), a RSL é essencial para conseguir as informações que a pesquisa pretende em um volume de trabalhos publicados, por vezes compatíveis ou não com o que se deseja. Os autores enfatizam que, como a RSL segue um método e um planejamento responsável, é de extrema importância para uma boa pesquisa, independentemente do tema.

Brizola e Fantin (2016) explicam que a RSL deve conter um conhecimento atual, não sendo apenas um relato do que foi identificado nos trabalhos pesquisados. Ademais, afirmam que ela deve ser rigorosa a tal ponto que possa ser replicada e atualizada para que outros pesquisadores possam se beneficiar. Para os autores, a RSL impede que pesquisadores cometam erros durante o processo, bem como lhes possibilita perceber, após uma longa busca, que a própria pesquisa é irrelevante, visto que outros autores já responderam o que havia sido proposto.

3.1 DESCRIÇÃO DA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

O processo da RSL teve início com a definição da seguinte questão de pesquisa: *Como os RED podem potencializar o ensino de Matemática para alunos com TEA no Ensino Fundamental I, considerando suas necessidades específicas e promovendo maior acessibilidade e engajamento na aprendizagem?* A questão orientou todas as etapas subsequentes do estudo.

Em seguida, foram planejados os procedimentos metodológicos, incluindo a definição das palavras-chave, a formação da *string* de busca, a escolha dos idiomas e das bases de dados e o estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão, conforme descrito no Quadro 3 a seguir:

Quadro 3 – Critérios da Revisão Sistemática de Literatura (RSL)

Critério	Descrição
Listagem de fontes	Bases de dados eletrônicas que compõem: Periódicos da CAPES, Scopus, <i>Web of Science</i> e Scielo.
Palavras-chave	Recursos educacionais digitais; tecnologias educacionais; ferramentas digitais; matemática; educação matemática; transtorno do espectro autista; TEA; autismo; ensino fundamental, educação básica; primeiros anos. <i>Digital educational resources; educational Technologies; technology-based learning; mathematics education; mathematical thinking; autism spectrum disorder; autistic students; primary education; elementary school.</i>
Idioma dos Estudos	Português e inglês.
<i>String</i> de busca	((Recursos Educacionais Digitais) OR (Tecnologias Educacionais) OR (Ferramentas Digitais)) AND ((Matemática) OR (Educação Matemática)) AND ((Transtorno do espectro autista) OR (TEA) OR (Autismo)); ((<i>Digital Educational Resources</i>) OR (<i>Educational Technologies</i>) OR (<i>Technology-Based Learning</i>)) AND ((<i>Mathematics Education</i>) OR (<i>Mathematical Thinking</i>)) AND ((<i>Autism Spectrum Disorder</i>) OR (<i>Autistic Students</i>)) AND ((<i>Primary Education</i>) OR (<i>Elementary School</i>)).
Tipos de trabalhos	Teórico/bibliográfico, Estudos Experimentais e Estudo de Casos.
Critérios de Inclusão	Os trabalhos devem possuir texto completo disponível na web; ter relação com o uso de metodologias, ferramentas ou recursos digitais que auxiliam na aprendizagem de crianças com TEA; ter sido publicados no período de 2012 a 2025; devem ser em português ou inglês.
Critérios de Exclusão	Trabalhos duplicados; trabalhos relacionados somente 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.

Fonte: Elaboração própria (2025).

Com base nessa questão, definiram-se as palavras-chave alinhadas ao tema da pesquisa, que foram combinadas por meio dos operadores booleanos “AND” e “OR”, formando a *string* de busca aplicada em dois idiomas (português e inglês) nas seguintes bases: Periódicos CAPES, Scopus, Web of Science, SciELO e Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES. As buscas foram realizadas entre os meses de março e maio de 2025.

O recorte temporal adotado abrange publicações a partir de 2012, ano da promulgação da Lei n.º 12.764, de 27 de dezembro de 2012 (Lei Berenice Piana), que institui a Política

Nacional de Proteção dos Direitos da Pessoa com TEA. Essa delimitação justifica-se por marcar um avanço significativo nas discussões sobre inclusão escolar e garantia de direitos, impactando diretamente o campo da Educação e das pesquisas voltadas ao TEA.

Assim, o planejamento da RSL buscou garantir transparência, reprodutibilidade e relevância científica, organizando cada etapa de modo que os critérios de busca, seleção e análise dos estudos fossem claramente definidos e sustentados pelo problema de pesquisa.

A escolha da base de dados “Scopus” foi pelo fato de esta possuir um dos maiores banco de dados de resumos e citações científicas do mundo, isto é, abranger uma vasta área de conhecimento acadêmico. Além dela, a base de dados “Web of Science” foi utilizada por servir como mecanismo de busca de referências para pesquisas, além de compreender artigos de periódicos e documentos em diversas áreas de conhecimento. A base de dados “Periódico da CAPES” foi utilizada por possuir acesso a diversos conjuntos de dados nacionais e internacionais atualizados, com muitos artigos em diversas áreas. Já a “SciELO”, por ser uma fonte de acesso aberto, facilita a dispersão de pesquisas com relevância internacional. O “Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES” foi escolhido por constituir uma base que permite acessar diretamente trabalhos acadêmicos produzidos em programas de pós-graduação do Brasil. E, por último, o “Google Scholar” foi selecionado por ser uma fonte de acesso ampla de trabalhos, principalmente versões gratuitas, além de possuir informações relevantes sobre quantas citações cada trabalho apresenta.

Após a aplicação da *string* nas bases de dados acima descritas, obtivemos o resultado preliminar descrito na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Resultado da aplicação da *String* de busca nas bases de pesquisas

<i>String</i> /Idioma	Bases de Dados					
	Scopus	Web of Science	Periódicos da CAPES	SciELO	Teses e Dissertações CAPES	Google Scholar
Inglês ((<i>Digital Educational Resources</i>) OR (<i>Educational Technologies</i>) OR (<i>Technology-Based Learning</i>)) AND ((<i>Mathematics Education</i>) OR	6	22	19	1	0	200

<i>(Mathematical Thinking)) AND ((Autism Spectrum Disorder) OR (Autistic Students)) AND ((Primary Education) OR (Elementary School))</i>						
Português						
<i>((Recursos Educacionais Digitais) OR (Tecnologias Educacionais) OR (Ferramentas Digitais)) AND ((Matemática) OR (Educação Matemática)) AND ((Transtorno do espectro autista) OR (TEA) OR (Autismo))</i>	1	1	5	3	7	200
Total por Base	7	23	24	4	7	400
Total Geral	465					

Fonte: Elaboração própria (2025).

Ressalta-se que, na base de dados *Google Scholar*, o resultado foi expressivo. Dessa forma, delimitou-se por analisar os conteúdos das 10 primeiras páginas, o número que consta na tabela acima, visto que são os resultados mais relevantes. Já no que se refere aos resultados encontrados nas demais bases, considerou-se analisar todos os resumos para, assim, selecionar os trabalhos mais adequados para esta RSL.

Na primeira fase, dos 465 trabalhos encontrados, realizamos a leitura do título, resumo e palavras-chave, bem como a aplicação dos critérios de inclusão e de exclusão e a exclusão dos trabalhos relacionados a capítulos de livros ou aos próprios livros. Destaca-se que trabalhos relacionados às famílias de crianças com TEA, como a inclusão da criança na família ou a aprendizagem de habilidades por meio da família por exemplo, foram excluídos por terem como maior foco o relacionamento da criança com TEA e sua família e amigos. Trabalhos com foco somente sobre comportamento, comunicação e estereotípias das crianças com TEA também foram excluídos, juntamente com trabalhos duplicados ou sobre o mesmo estudo, apenas com

nomes diferentes. Trabalhos cujo escopo consistia em adolescentes/jovens com TEA também foram excluídos devido a pesquisa possuir como foco crianças no Ensino Fundamental.

Ao término desta fase, chegou-se ao número de 86 trabalhos, conforme descrito na Tabela 2 seguinte:

Tabela 2 – Trabalhos após a utilização dos filtros e critérios de inclusão e exclusão

<i>String/Idioma</i>	Bases de Dados						
	Scopus	Web of Science	Periódicos da CAPES	SciELO	Teses e Dissertações CAPES		Google Scholar
Inglês							
((<i>Digital Educational Resources</i>) OR (<i>Educational Technologies</i>) OR (<i>Technology-Based Learning</i>)) AND ((<i>Mathematics Education</i>) OR (<i>Mathematical Thinking</i>)) AND ((<i>Autism Spectrum Disorder</i>) OR (<i>Autistic Students</i>)) AND ((<i>Primary Education</i>) OR (<i>Elementary School</i>))	4	10	9	1	0		20
Português							
((<i>Recursos Educacionais Digitais</i>) OR (<i>Tecnologias Educacionais</i>) OR (<i>Ferramentas Digitais</i>)) AND ((<i>Matemática</i>) OR (<i>Educação Matemática</i>)) AND ((<i>Transtorno do espectro autista</i>) OR (<i>TEA</i>) OR (<i>Autismo</i>))	1	1	3	2	5		30

Total por Base	5	11	12	3	5		50
Total Geral	86						

Fonte: Elaboração própria (2025).

Como o número de trabalhos selecionados ainda foi considerável, optou-se pela leitura integral de cada um utilizando o Mendeley⁶, um gerenciador de referências bibliográficas. Esse recurso foi empregado exclusivamente para organizar e marcar os tópicos principais de cada estudo como objetivos, questão norteadora, autores de referência e produto educacional (quando existente), facilitando assim a análise e a comparação entre os trabalhos o número de trabalhos.

Essa análise foi necessária por dois motivos: primeiro porque, em países como os Estados Unidos, isto é, locais em que é produzida a maioria dos trabalhos de língua inglesa, há a necessidade de decorar, além de tabuadas, operações de soma e subtração de um e dois dígitos. Na visão de Parish (2014), esse fato ocorre porque o sistema desses países especifica que os alunos devem ser fluentes com os números. Dito isso, os trabalhos não continham informações de como as operações eram ensinadas pelos docentes ou aprendidas pelos alunos, já que se trata de um exercício de memorização. Por essa razão, esses trabalhos foram excluídos da seleção final. O segundo motivo foi a importância da tecnologia nos trabalhos. Alguns até mencionavam a tecnologia durante o resumo, mas, no transcorrer do escrito, eram apenas citados alguns autores ou trabalhos que utilizavam tecnologia, porém esta não era utilizada e aplicada.

Os critérios descritos não foram colocados nos critérios de inclusão e exclusão, pois foram aparecendo à medida em que os trabalhos eram lidos, e, juntamente com os anteriores, conforme citado no Quadro 3⁷, foram selecionados aqueles que realmente tinham um objetivo próximo ou semelhante à pesquisa em questão. Logo, dos 86 trabalhos analisados e lidos completamente, 78 foram excluídos, permanecendo, assim, 8 (oito) trabalhos, 7 (sete) artigos científicos publicados em periódicos e 1 (uma) dissertação de mestrado.

Os resultados encontrados nesta RSL têm como objetivo conhecer e analisar os Recursos Educacionais Digitais que ampliam as possibilidades de aprendizagem de Matemática em crianças com TEA, priorizando sua acessibilidade e adaptabilidade, e, com isso, encontrar lacunas de conhecimento nos trabalhos analisados que possam ser abordadas nesta dissertação

⁶ Mendeley é um *software* gratuito de gerenciamento de referências e colaboração acadêmica que permite armazenar, organizar e anotar documentos de pesquisa, além de gerar citações e bibliografias automaticamente. Disponível em: <https://www.mendeley.com>. Acesso em: 20 ago. 2025.

⁷ Ver página 52.

e em trabalhos futuros. A seguir, apresentamos no Quadro 4 a lista dos trabalhos selecionados por ordem cronológica de publicação:

Quadro 4 – Trabalhos selecionados para análise

Autores	Título	Ano	Tipo de trabalho	Base de Dados
Munoz-Soto, R. <i>et al.</i>	<i>Proyect@ matemáticas: A learning object for supporting the practitioners in autism spectrum disorders</i>	2016	Artigo	Web of Science
Yakubova, G., Hughes, E. M., & Shinaberry, M.	<i>Learning with Technology: Video Modeling with Concrete–Representational–Abstract Sequencing for Students with Autism Spectrum Disorder</i>	2016	Artigo	Web of Science
Borges, L. H. L.	Sequência Didática: A Relevância das Tecnologias Educacionais Digitais para o Raciocínio Lógico-Matemático do Educando com Transtorno do Espectro Autista (TEA)	2020	Dissertação	Catálogo de Teses e Dissertações
Mohd, C. K. N. C. K. <i>et al.</i>	<i>Game-Based Learning for Autism in Learning Mathematics</i>	2020	Artigo	Scopus
Ledbetter-Cho, K. <i>et al.</i>	<i>The effects of a teacher-implemented video-enhanced activity schedule intervention on the mathematical skills and collateral behaviors of students with autism</i>	2023	Artigo	Scopus
Silva, C. R. M. <i>et al.</i>	Inclusão escolar e matemática: uso do simulador phet como tecnologia assistiva para alunos com TEA	2024	Artigo	Google Scholar
Yabushita, A. M. M.; Nascimento, W. J.; Marcolino, A, S.	Plataformas Educacionais Digitais no Ensino de Matemática para Estudantes Autistas: Uma Revisão Sistemática	2024	Artigo	Google Scholar
Yakubova, G. <i>et al.</i>	<i>Virtual instruction in teaching mathematics to autistic students: Effects of video modeling, virtual manipulatives, and mathematical games</i>	2024	Artigo	Web of Science

Fonte: Elaboração própria (2025).

Com os trabalhos selecionados, iniciamos a análise observando os anos de publicação. Nesse sentido, pode-se notar um intervalo entre os anos de 2020 e 2023, o qual pode ter sido causado pelo contexto da pandemia de COVID-19, que teve início em 2020 e resultou em uma crise sanitária global, com medidas de distanciamento social, fechamento de escolas e interrupção de serviços presenciais. Esse cenário provocou grandes desafios na educação, especialmente para crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA), que dependem de

rotinas estruturadas, apoio especializado e interação direta para seu desenvolvimento. O fechamento das escolas e a transição repentina para o ensino remoto dificultou o acesso a intervenções pedagógicas e terapias e socialização, afetando o progresso na aprendizagem e no comportamento. Muitas famílias enfrentaram dificuldades para adaptar as atividades escolares em casa, evidenciando a necessidade de políticas públicas mais inclusivas e de suporte adequado em contextos emergenciais que infelizmente não foram realizadas.

Vale ressaltar que, desses trabalhos, 3 (três) são de pesquisas estabelecidas originárias do Brasil, 3 (três) dos EUA, 1 (um) do Chile e 1 (um) da Malásia. Com isso, o Brasil é o país com o maior número de pesquisas relacionando tecnologia como recurso educacional para se ensinar Matemática para crianças com TEA utilizadas para esta dissertação.

Além disso, foi analisada a quantidade de citações que cada trabalho possui no Google Acadêmico, conforme destacado na Tabela 3 a seguir. Trata-se de um aspecto importante, pois conseguimos analisar, no contexto geral, quais trabalhos estão sendo mais estudados pesquisadas:

Tabela 3 – Número de citações de cada trabalho

Trabalhos	Número de citações
Munoz-Soto <i>et al.</i> (2016)	20
Yakubova, Hughes, Shinaberry (2016)	161
Borges (2020)	0
Mohd <i>et al.</i> (2020)	31
Ledbetter-Cho <i>et al.</i> (2023)	30
Silva <i>et al.</i> (2024)	2
Yabushita; Nascimento; Marcolino (2024)	3
Yakubova <i>et al.</i> (2024)	19

Fonte: Elaboração própria (2025).

O trabalho com o maior número de citações foi o de Yakubova, Hughes e Shinaberry (2016), publicado no “*Journal of Autism and Developmental Disorders*”, periódico internacional de grande relevância na área médica e educacional, voltado aos estudos sobre o Transtorno do Espectro Autista e outras deficiências de desenvolvimento. O elevado número de citações – 161 registros – reflete não apenas a qualidade do estudo, mas também a visibilidade internacional desse periódico, amplamente reconhecido por divulgar avanços científicos sobre o TEA.

Em contrapartida, observa-se que os trabalhos brasileiros identificados na revisão, embora representem um número expressivo de publicações recentes sobre o tema, ainda apresentam baixo impacto em termos de citações, com índices variando entre 0 e 7 citações. Essa discrepância pode estar relacionada à recente expansão das pesquisas nacionais, ao foco em dissertações e periódicos locais e à menor inserção internacional das produções brasileiras em bases indexadas de ampla circulação, como Scopus e Web of Science.

Assim, mesmo que o Brasil se destaque em quantidade de estudos e diversidade de abordagens sobre o uso de tecnologias digitais no ensino de Matemática para alunos com TEA, o país ainda enfrenta desafios quanto à visibilidade e ao reconhecimento internacional dessas produções, o que evidencia a importância de divulgar os resultados em revistas de maior alcance e promover redes de colaboração científica internacional.

3.2 O ESTADO DA ARTE - ANÁLISE DOS TRABALHOS SELECIONADOS

A seguir, são apresentados a descrição e os detalhes dos trabalhos selecionados para esta dissertação.

O primeiro artigo analisado foi “*Proyect@ matemáticas: A learning object for supporting the practitioners in autism spectrum disorders*”, de Roberto Munoz, Carlos Becerra, René Noël e Matías Cambler (Munoz *et al.*, 2016), publicado no *XI Latin American Conference on Learning Objects and Technology (LACLO)*. O texto apresenta um Objeto de Aprendizagem criado para auxiliar crianças com TEA no desenvolvimento de habilidades matemáticas que está atualmente disponível para *download* no *Google Play* com a denominação *Proyect@Matemáticas*. Os autores relatam que, no Chile, local de realização da pesquisa, não há Objetos de Aprendizagem com foco nas habilidades matemáticas. Por esse motivo, a pesquisa tornou-se ainda mais relevante.

Os autores iniciam o texto relatando a dificuldade de se encontrar ferramentas tecnológicas para se trabalhar com crianças com TEA no país, visto que não há nenhuma própria e as encontradas estão em outros idiomas, o que dificulta a compreensão. Por este motivo, justifica-se o desenvolvimento do OA. Este objeto tem a finalidade de auxiliar profissionais que trabalham com crianças com TEA, como fonoaudiólogos, psicólogos e professores, sendo de fácil manuseio e compreensão, abordando conceitos básicos como números de 0 a 20, adição e subtração, figuras geométricas até conceitos como identificação de moeda (no caso, a chilena) e compra e venda de objetos.

Munoz *et al.* (2016) relatam detalhadamente a elaboração e desenvolvimento do OA, que consiste em 4 fases: definição de usuários e requisitos, análise, *design* e avaliação. A definição de usuários e requisitos é a fase em que há a descrição do público-alvo do projeto, quais sejam: crianças com TEA de 8 a 11 anos que frequentam uma escola específica, escolhida por meio de uma pesquisa entre professores, terapeutas e pais. Ainda nessa fase, há uma pesquisa bibliográfica sobre o assunto, a observação das crianças para melhor atendê-las e entrevistas com os pais. A fase de análise é aquela em que se expõe o problema a ser discutido e as ideias para a criação do OA. Já a fase de *design* consiste na criação do *layout* do objeto, iniciado pelos autores no papel e, posteriormente, utilizando tecnologia para passar para a interface final, com o objetivo de ser de fácil manuseio tanto para a criança.

Já o artigo intitulado “*Learning with Technology: Video Modeling with Concrete–Representational–Abstract Sequencing for Students with Autism Spectrum Disorder*”, escrito por Gulnoza Yakubova, Elizabeth M. Hughes e Megan Shinaberry (Yakubova *et al.*, 2016), publicado no *Journal of Autism and Developmental Disorders*, foi o segundo trabalho a ser analisado. O escrito apresenta como objetivo avaliar a eficácia de uma intervenção de modelagem em vídeo, utilizando uma sequência de instrução Concreta-Representacional-Abstrata (CRA) para ensinar conceitos matemáticos a alunos com Transtorno do Espectro Autista.

As autoras se baseiam no trabalho de Bruner e Kenney (1965) para definir a sequência de instrução CRA, que estes descreveram como o processo de aprendizagem começando pelo concreto, depois representando a informação através de imagens e, por fim, transformando a informação em um nível formal (abstrato). Segundo os autores, a sequência CRA é utilizada para ajudar os alunos a entenderem conceitos complexos, começando por algo mais visual para depois passar a algo mais abstratas.

O público-alvo da pesquisa foram 4 alunos diagnosticados com TEA que enfrentavam dificuldades em matemática e não tinham experiência nem com modelagem por vídeo, nem com a sequência CRA. Essa pesquisa foi aplicada em um centro educacional privado que atende estudantes com TEA. As atividades consistiram em as crianças assistirem a vídeos de como resolver problemas matemáticos utilizando a sequência CRA. Os vídeos foram assistidos nos *Ipads* para melhor independência de cada criança, além de ter sido fornecida uma lista de verificação de passos necessários para resolver os problemas.

Essa sequência foi descrita por Yakubova *et al.* (2016) da seguinte forma: a parte concreta consistia nos alunos usarem materiais concretos manipulativos coloridos para entender os conceitos matemáticos. Após esse momento, as autoras desenhavam círculos coloridos que

representavam os materiais concretos utilizados; e, por fim, os alunos resolviam os problemas usando números e símbolos matemáticos como adição, subtração e comparação de números

A coleta de dados da pesquisa foi realizada da seguinte forma: primeiramente, os alunos resolviam os problemas apresentados sem nenhuma intervenção ou ajuda, o que permitiu as autoras verificarem o nível de cada aluno. Depois, houve a fase de intervenção, na qual os alunos assistiam os vídeos que seguiam a sequência CRA e resolviam novos problemas. Os dados eram coletados através das respostas dos problemas de cada estudante em cada fase, sendo que cada resposta era marcada como correta e incorreta e a precisão das respostas era feita por porcentagem. Um detalhe interessante nessa pesquisa é que houve um outro avaliador que revisou 30% das folhas de dados para conferir os resultados, garantindo, assim, a credibilidade dos resultados. Após a intervenção, os estudantes e professores responderam a questionários para avaliar a eficácia e praticidade da intervenção.

Com isso, Yakubova *et al.* (2016) chegaram à conclusão da pesquisa. Para as autoras, a combinação de modelagem por vídeo aliada à sequência CRA melhora as habilidades matemáticas de alunos com TEA, visto que todos os 4 alunos apresentaram evolução significativa na resolução de problemas de adição, subtração e comparação de números, que se manteve em partes nas avaliações três semanas após as intervenções, o que as autoras classificaram como não apenas ajudou a aprender novos conceitos como também a reter esse conhecimento por mais tempo. Outro ponto destacado é o engajamento dos estudantes com o uso de tecnologia, que promoveu um ambiente mais autônomo para eles, além de todas as percepções positivas tanto dos estudantes quanto dos professores durante as intervenções e até mesmo no questionário aplicado.

Mesmo reconhecendo a limitação de sua pesquisa devido ao pequeno tamanho da sua amostra, as autoras citam estudos anteriores, como o de Ayres e Langone (2005), que também usam a tecnologia e intervenções baseadas em vídeo para o ensino de estudantes com TEA, o que reforça a eficácia da intervenção de vídeos combinado com a sequência CRA desta pesquisa.

O terceiro trabalho analisado é a dissertação intitulada “Sequência Didática: A Relevância das Tecnologias Educacionais Digitais para o Raciocínio Lógico-Matemático do Educando com Transtorno do Espectro Autista (TEA)”, de autoria de Luiz Henrique Lopes Borges, desenvolvida no Programa de Mestrado Profissional em Novas Tecnologias Digitais na Educação da UniCarioca (2020). O trabalho tem como propósito investigar como o uso de tecnologias educacionais digitais pode contribuir para o desenvolvimento do raciocínio lógico-

matemático de alunos com TEA, partindo da criação de uma sequência didática voltada aos anos iniciais do Ensino Fundamental.

De natureza qualitativa e com abordagem exploratória e descritiva, a pesquisa combinou levantamento bibliográfico e escuta docente a partir da análise de percepções de professores que atuam com alunos autistas. O autor elaborou um produto educacional em formato de sequência didática digital, composta por atividades lúdicas, jogos interativos e recursos tecnológicos voltados à construção de conceitos matemáticos fundamentais, como adição, subtração, multiplicação e divisão. A proposta foi estruturada de modo progressivo, respeitando as características cognitivas e sensoriais dos estudantes com TEA, valorizando a previsibilidade, o uso de cores, a linguagem visual e a mediação passo a passo.

A sequência didática proposta foi dividida em quatro etapas principais: Introdução Lúdica ao Conceito Matemático, utilizando jogos digitais de contagem e associação visual, que estimulam a atenção e a identificação de padrões; Exploração Interativa, feita por meio de aplicativos e jogos educativos digitais, permitindo que o aluno manipule números, formas e quantidades em contextos significativos; Aplicação Orientada, implementada com tarefas de resolução de problemas e atividades gamificadas, mediadas pelo professor, promovendo raciocínio lógico e autonomia; e Síntese e Reflexão, na qual o aluno é convidado a reproduzir ou criar desafios digitais, consolidando a aprendizagem.

Durante a etapa de desenvolvimento, devido à pandemia da COVID-19, a sequência não foi aplicada diretamente com alunos, mas passou por validação teórica e prática junto a professores da rede pública, que destacaram seu potencial inclusivo e sua adequação às demandas de alunos com TEA. Os docentes relataram que o uso de tecnologias digitais, especialmente jogos e simuladores interativos, amplia o engajamento, a socialização e a compreensão dos conceitos matemáticos, tornando o processo de aprendizagem mais acessível e prazeroso.

Borges (2020) fundamenta sua proposta nos princípios de Vygotsky (1998), Piaget (1972) e Papert (1994), enfatizando a importância da aprendizagem mediada, construtiva e contextualizada. A pesquisa reforça que o uso de Tecnologias Educacionais Digitais (TED) deve estar ancorado na mediação pedagógica intencional, no planejamento das etapas de aprendizagem e na personalização das atividades de acordo com o perfil do aluno.

As conclusões indicam que o uso de jogos e recursos digitais favorece o desenvolvimento do raciocínio lógico, da autonomia e da concentração, além de permitir diferentes formas de representação e expressão do pensamento matemático. O estudo defende que a adoção de tecnologias digitais na sala de aula contribui não apenas para a aprendizagem

dos conteúdos matemáticos, mas também para a inclusão efetiva e o fortalecimento das habilidades socioemocionais dos estudantes com TEA.

O quarto trabalho analisado é o artigo escrito por Che Ku Nuraini Che Ku Mohd, Faaizah Shahbodin, Muliati Sedek e Munirah Samsudin (Mohd *et al.*, 2020) intitulado “*Game-Based Learning for Autism in Learning Mathematics*”, publicado no *International Journal of Advanced Science and Technology*, em 2020. O objetivo do estudo é desenvolver um modelo de Aprendizado Baseado em Jogos (*Game-Based Learning – GBL*) direcionado a crianças autistas para facilitar a aprendizagem de Matemática básica. Com isso, o estudo busca criar um ambiente de aprendizado estruturado e interessante, onde as crianças possam aprender conceitos matemáticos de maneira lúdica. O público-alvo do estudo são crianças com TEA com idades entre 5 e 8 anos e foi realizada no *Melaka Autism Education Centre*, na Malásia.

Mohd *et al.* (2020) citam diversos autores para fundamentar a pesquisa. Dentre eles, Boyle *et al.* (2016), que realizam uma revisão sistemática sobre a evidência dos impactos e resultados de jogos de computador e jogos sérios na educação; e Plass *et al.* (2015), que investigam os fundamentos do aprendizado baseado em jogos e suas implicações pedagógicas. Ademais, eles definem o TEA de forma diferente. Normalmente, usamos o CID-11 (Classificação Internacional de Doenças) e o DSM-5 TR (Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais), que é o padrão global quando falamos de doenças e transtornos no geral. Já o artigo usa a definição da própria Malásia, do *National Autism Society of Malaysia* (NASOM), que consiste em “uma deficiência de desenvolvimento ao longo da vida que bloqueia a aprendizagem, a comunicação linguística, o desenvolvimento emocional e social”, apenas diferente da habitual utilizada.

Os autores justificam que, como alunos com TEA têm dificuldade em acompanhar métodos tradicionais de ensino, o jogo tem objetivo de tornar esse aprendizado mais divertido e eficiente, enfatizando que o aprendizado desses alunos deve ser gradual, repetitivo e muito bem orientado visualmente. Por esse motivo, o jogo desenvolvido neste projeto inclui notas explicativas, como instruções antes das fases do jogo, utiliza repetições para reforçar o conteúdo e apresenta elementos visualmente atrativos e interativos, como o *point-and-click*. O jogo foca nas quatro operações básicas: soma, subtração, multiplicação e divisão.

A metodologia é baseada no modelo ADDIE, que se baseia em 5 fases: Análise, *Design*, Desenvolvimento, Implementação e Avaliação – *Evaluation*. Destarte, as autoras relatam cada fase de forma detalhada. Na primeira fase, houve a identificação do público-alvo e a avaliação das necessidades de cada criança, de forma que o jogo atendesse a todas as especificidades do público-alvo. No *Design*, os autores definiram as tarefas que seriam realizadas e quais recursos

seriam utilizados, e o tema definido foi “debaixo d’água” por chamar a atenção das crianças pelos personagens do jogo serem animais marinhos. Desenvolvimento foi a fase que realmente iniciou a produção do jogo, as animações e elementos multimídias foram incluídos e avaliações foram feitas para revisar o jogo. Em seguida a esse momento, houve a implementação do jogo, a entrega e aplicação de fato do jogo e, principalmente, a explicação com o jogo no entendimento do jogo para as crianças com TEA. Por fim, na fase de Avaliação, foi feita a avaliação se realmente houve eficácia e efetividade do jogo como ferramenta de aprendizagem, assim como avaliações formativas durante a aplicação do jogo e avaliação somativa após o jogo para determinar se houve mesmo a aprendizagem de conceitos matemáticos pretendidos (envolvendo as 4 operações).

Mohd *et al.* (2020) concluem o estudo com diversos resultados significativos relacionados ao uso de Aprendizado Baseado em Jogos como uma ferramenta para ensinar matemática para crianças com TEA. Entre eles, relatam que as crianças se mostraram mais dispostas a participar das atividades e desenvolveram também a comunicação e colaboração, visto que interagem com os elementos dos jogos e com os colegas durante a aplicação. A principal conclusão apontada foi a melhora na compreensão matemática, visto que a metodologia de repetição utilizada no jogo contribuiu para a fixação do aprendizado do conteúdo proposto. Além disso, os alunos e educadores expressaram que o formato do jogo o tornava mais divertido e menos estressante o aprendizado das crianças.

O artigo escrito por Katherine Ledbetter-Cho, Mark O’Reilly, Laci Watkins, Russell Lang, Nataly Lim, Katy Davenport, Caitlin Murphy (Ledbetter-Cho *et al.*, 2023) intitulado “*The effects of a teacher-implemented video-enhanced activity schedule intervention on the mathematical skills and collateral behaviors of students with autism*”, publicado no *Journal of Autism and Developmental Disorders*, em 2023, foi o quinto trabalho analisado. O texto detalha um estudo experimental que avaliou efeitos de uma intervenção de cronograma de atividades melhorada por vídeo nas habilidades matemáticas e comportamentos desafiadores de cinco alunos do ensino fundamental com autismo. O público-alvo da pesquisa foram 5 alunos com TEA, entre 6 e 9 anos, em uma sala de educação especial. A professora foi treinada para usar o VAS-VM com os alunos, utilizando *iPads* com vídeos curtos que mostravam modelos visuais e auditivos das etapas de resolução de problemas matemáticos.

O VAS-VM é a sigla para *Video-Enhanced Activity Schedules with Video Modeling*, que pode ser traduzido como “Cronogramas de Atividades com Vídeos Incorporados e Modelagem por Vídeo”, é uma ferramenta pedagógica baseada em tecnologia que combina dois recursos: o VAS (*Visual Activity Schedules*), que são cronogramas visuais compostos por

imagens que mostram, passo a passo, como realizar uma atividade combinado com o VM (*Video Modeling*), que são vídeos curtos que mostram uma pessoa (geralmente um adulto) realizando a tarefa corretamente, servindo como modelo para o aluno imitar.

Ledbetter-Cho *et al.* (2023) iniciam o artigo explicando que professores de alunos com TEA são responsáveis por ensinar conteúdos acadêmicos alinhados ao currículo, como matemática, utilizando práticas baseadas em evidências, porém enfrentam muitas dificuldades desde a formação adequada até carência de pesquisas voltadas para essas áreas. Ademais, detalham que a metodologia foi cuidadosamente planejada para avaliar os efeitos de uma intervenção com cronogramas de atividades com VAS-VM aplicada por uma professora treinada, em uma sala de aula de uma escola pública dos EUA, cujos objetivos eram individualizados e voltados para habilidades matemáticas. As atividades consistiam em adição com manipulativos, contagem a partir de um número e com correspondência um a um.

Os autores trazem como resultado que a intervenção com VAS-VM foi eficaz para melhorar significativamente as habilidades matemáticas de cinco alunos com TEA com idades entre 6 e 9 anos. Todos eles apresentaram aumentos imediatos e consistentes no número de passos corretos nas tarefas matemáticas durante a intervenção em comparação com a linha de base, além de responderem corretamente à maioria dos problemas propostos. Três dos cinco alunos mantiveram o desempenho mesmo após a retirada da intervenção, e quatro demonstraram generalização das habilidades para novos problemas e para o trabalho em pequenos grupos. Além disso, houve redução ou estabilidade nas estereotipias, embora não tenham sido o foco direto da pesquisa. A professora considerou a intervenção viável, eficaz e aplicável ao seu contexto, e os observadores externos também avaliaram positivamente a melhora no engajamento e comportamento dos alunos. Esses resultados indicam que o uso de vídeos incorporados em rotinas visuais pode ser uma ferramenta poderosa, acessível e motivadora para promover a aprendizagem acadêmica de alunos com TEA em ambientes escolares inclusivos.

O artigo intitulado “Inclusão escolar e matemática: uso do simulador PhET como tecnologia assistiva para alunos com TEA”, escrito por Cláudia Rosane Moreira da Silva, Wallysabel Araujo Veras, Leidmar Cunha Melo e Antônio Roberto Coelho Serra (Silva *et al.*, 2024) foi o sexto analisado. Nele, os autores descrevem que a pesquisa foi aplicada em uma escola pública de tempo integral em Sobral (CE), envolveu um professor de ciências, dois alunos com TEA e uma turma do sexto ano. Adotando uma abordagem qualitativa e descritiva, o estudo analisou a aplicação do simulador PhET no ensino de frações, utilizando atividades específicas, o próprio simulador e observações gerais.

O simulador PhET, desenvolvido pela Universidade do Colorado, oferece simulações interativas e gratuitas em diversas áreas da ciência, incluindo a Matemática. O assunto apresentado foi Frações, que sempre é um tema de apreensão não só para alunos TEA, mas para a turma toda. Os autores enfatizam a necessidade de ter uma estratégia diferenciada para esse assunto, e as TIC se destacam para a facilitação do entendimento do conteúdo, como também para a inclusão dos alunos com TEA no ensino em geral.

As simulações “Associe Frações”, “Frações: Igualdade” e “Frações: Números Mistos” foram selecionadas para abordar esse tema, no qual os autores buscaram identificar e representar frações usando recursos visuais e numéricos, demonstrar a capacidade de manipular e representar frações em diferentes formatos, além de reconhecer frações equivalentes em diversos contextos.

Os resultados da pesquisa mostraram uma resposta positiva dos alunos ao uso do PhET *Simulations*, permitindo que eles experimentassem visualmente conceitos complexos e promovessem uma compreensão mais profunda.

A pesquisa conclui que o simulador PhET surge como uma ferramenta inclusiva para o ensino de frações a alunos com TEA, promovendo tanto a compreensão dos conceitos quanto a autonomia dos alunos em seu aprendizado. A integração de tecnologias digitais é destacada como fundamental para o ensino inclusivo, corroborando a necessidade de explorar e desenvolver métodos pedagógicos inovadores e flexíveis para atender às diversas necessidades educacionais dos alunos com TEA.

O artigo intitulado “Plataformas Educacionais Digitais no Ensino de Matemática para Estudantes Autistas: Uma Revisão Sistemática”, escrito por Andréia Melânia Motter Yabushita, William Junior do Nascimento, Anderson da Silva Marcolino (Yabushita; Nascimento; Marcolino, 2024) e publicado na Revista Novas Tecnologias na Educação (RENTE) em 2024, foi o sétimo trabalho analisado. Tem como objetivo investigar o papel das plataformas educacionais digitais no ensino de Matemática para estudantes com TEA. A pesquisa foi conduzida por meio de uma revisão sistemática da literatura, analisando estudos publicados entre 2018 e 2023 que abordam a utilização de tecnologias digitais e recursos interativos no processo de aprendizagem matemática de alunos autistas.

O estudo identificou diversas ferramentas digitais e simuladores utilizados em contextos de ensino inclusivo. Dentre eles, o PhET Colorado, apontado como uma das plataformas mais eficazes por oferecer ambientes interativos, manipuláveis e acessíveis, favorecendo a visualização de conceitos abstratos e o desenvolvimento da autonomia do estudante. Os autores destacam que recursos como o PhET permitem a representação visual de frações, operações e

grandezas, tornando a aprendizagem mais significativa e inclusiva. Ademais, foi evidenciado que as plataformas digitais proporcionam *feedback* imediato, adaptação às necessidades individuais e maior engajamento desde que acompanhadas por mediação docente intencional.

Além de identificar as plataformas mais utilizadas, o artigo também discute os critérios pedagógicos e tecnológicos que tornam determinadas ferramentas mais eficazes para o ensino de Matemática no contexto do TEA. Entre esses critérios, destacam-se a interatividade, a usabilidade intuitiva, a adaptação de estímulos visuais e sonoros, além da possibilidade de customização das atividades conforme o perfil do aluno. Yabushita, Nascimento e Marcolino (2024) enfatizam que plataformas como o PhET se sobressaem porque permitem ao estudante experimentar, testar hipóteses e manipular variáveis em tempo real, transformando o processo de aprendizagem em uma experiência ativa e significativa. Essa característica de exploração autônoma favorece a formação de conceitos matemáticos de forma concreta e contextualizada, o que é especialmente relevante para estudantes autistas que apresentam preferências por estímulos visuais e rotinas previsíveis.

Dessa forma, o estudo amplia a compreensão sobre o papel das tecnologias digitais no ensino de Matemática, evidenciando que o impacto positivo desses recursos não está apenas na inovação tecnológica, mas principalmente na intencionalidade pedagógica com que são aplicados. Quando o professor atua como mediador, planejando atividades que exploram as potencialidades das plataformas digitais, o processo de ensino-aprendizagem torna-se mais acessível, dinâmico e adaptado às particularidades cognitivas dos alunos com TEA. Assim, a pesquisa reforça a necessidade de integrar formação docente, acessibilidade e metodologias ativas, consolidando o uso de ferramentas como o PhET Colorado como aliadas efetivas na construção de uma Educação Matemática verdadeiramente inclusiva.

Os autores concluem que o uso de plataformas como o PhET representa uma estratégia eficaz para o ensino de Matemática inclusiva por unir acessibilidade, ludicidade e potencial pedagógico. Dessa forma, o artigo contribui diretamente com esta pesquisa ao comprovar empiricamente a relevância do simulador PhET como Recurso Educacional Digital (RED) capaz de favorecer a aprendizagem de frações e outros conceitos matemáticos em alunos com TEA.

Já o artigo escrito por Gulnoza Yakubova, Briella Baer Chen, Monerah N. Al-Dubayan e Stuti Gupta (Yakubova *et al.*, 2024) intitulado “*Virtual instruction in teaching mathematics to autistic students: Effects of video modeling, virtual manipulatives, and mathematical games*”, publicado no *Journal of Special Education Technology*”, publicado em 2024, foi o último trabalho analisado. O texto detalha que o objetivo da pesquisa foi examinar os feitos de uma

intervenção *online*, composta por modelagem de vídeo, manipulativos virtuais, monitoramento próprio e técnicas de *prompt* para a aquisição de habilidades matemáticas em dois estudantes autistas do ensino fundamental. Os autores explicam que a modelagem de vídeo são pequenos *clips* que demonstram passo a passo como resolver um problema apresentado e a técnica de *prompt*, são estratégias de apoio gradual para ajudar as crianças a resolver os problemas. O público-alvo da pesquisa foram 2 alunos com TEA, entre 8 e 9 anos, ambos em ensino domiciliar, nos EUA.

Os autores começam o artigo dando enfatizando que trabalhos que envolvem a forma *online* de intervenção são escassos e rasos, apesar de terem aumentado durante e após a pandemia de COVID-19. Citam, inclusive, um trabalho próprio, Yakubova et al. (2022), no qual estudaram os efeitos de uma aplicação com criança de 5 anos também de manipulativos virtuais e para ensinar adição, subtração e comparação de números, que encontraram resultados positivos e evidências de generalização dessas habilidades. Infelizmente, esse trabalho não consta nesta dissertação pelo fato de não ter acesso total pela web.

A metodologia desse estudo foi muito bem estruturada e dividida, visando a avaliar, de forma precisa, a eficácia da intervenção *online* em um ambiente educacional remoto. Foram divididas em etapas. O desenho do Estudo consistia no tipo do estudo e na seleção do público-alvo. O critério foi interessante, visto que os participantes foram selecionados por meio de uma divulgação em grupos de redes sociais e listas de discussão de grupos de pais de crianças autistas, tinham que possuir o diagnóstico de TEA e estar em idade escolar. Já a parte de Intervenção foi composta por vários itens: a modelagem de vídeo, cujos *clips* criados tinham o objetivo de apresentar a resolução de problemas envolvendo subtração, multiplicação e divisão de frações; os manipulativos virtuais como círculos de fração e blocos de base dez para facilitar a compreensão de conceitos matemáticos; e os jogos educativos *online*, permitindo que os alunos aplicassem as habilidades em um ambiente interativo. Um interessante componente utilizado foram os *checklists*, utilizados pelos alunos, que correspondiam aos passos dos problemas abordados nos vídeos, o que ajudou a promover a autonomia durante a aplicação. E, por fim, as técnicas de *prompt*, de forma gradativa, que envolviam dicas menos intrusivas até a assistência conforme necessário.

A coleta de dados foi feita de forma que a principal variável dependesse da precisão dos alunos de resolverem os problemas apresentados, isto é, o número de respostas certas. Os estudantes eram avaliados em três problemas por sessão, em dois dias consecutivos. O estudo incluiu fases de apresentação, intervenção, generalização, a aplicação em novos contextos e, por fim, manutenção, que foi a avaliação do conhecimento após a intervenção. Os dados foram

analisados visualmente para identificar padrões de desempenho e determinar a relação entre a intervenção e a conquista de habilidades. Ademais, foi utilizado um cálculo específico para quantificar o tamanho do efeito da intervenção em cada habilidade, permitindo uma interpretação das mudanças no desempenho dos alunos. No final da pesquisa, uma avaliação foi realizada com os discentes e seus pais para coletar *feedback* sobre a aceitação e eficácia da intervenção, incluindo questões sobre o impacto no aprendizado.

Yakubova *et al.* (2024) concluem o artigo com vários resultados positivos. Como exemplo, citam que ambos os alunos alcançaram 100% de precisão em todas as habilidades matemáticas propostas e conseguiram aplicar essas habilidades em novos problemas. Além disso, durante a fase de manutenção, foi observado que os alunos conseguiram manter o desenvolvimento das habilidades, o que indica o aprendizado duradouro. A avaliação realizada com pais e alunos foi positiva, na qual consta que a maioria considerou viável e eficaz as necessidades dos filhos. Os autores finalizam o artigo sugerindo que as abordagens utilizadas podem ser implementadas em contextos educacionais futuros para beneficiar outros alunos com TEA.

3.3 IMPLICAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS TRABALHOS

Após um resumo detalhado de cada trabalho selecionado, foi elaborada uma análise onde se destaca, as convergências, divergências, análises das metodologias, principais achados em cada um deles e se alguns trazem resultados parecidos, principalmente em relação à positividade do uso de metodologias e tecnologias no ensino de Matemática para alunos com TEA.

Visando à maior clareza das convergências e particularidades de cada trabalho, destacando contribuições relevantes para a pesquisa cada trabalho selecionado, apresenta-se o Quadro 5 a seguir:

Quadro 5 – Demonstração comparativa dos estudos analisados

Autor/ Ano	Título	Objetivo	Público-Alvo	Tipo de Tecnologia (RED)	Acessibi- lidade	Adaptabi- lidade	Principais resultados	Limitações	Diferenciais
Munoz <i>et al.</i> (2016)	<i>Proyect@ matemáticas: A learning object for supporting the practitioners in autism spectrum disorders</i>	Desenvolver um OA para apoiar o ensino de matemática funcional e pré-cálculo para crianças com TEA.	Crianças com TEA em escolas chilenas.	Aplicativo multitoque (OA).	Interface simples, com estímulos visuais e táteis.	Uso por profissionais diversos.	Melhora nas habilidades de pré-cálculo e matemática funcional; alto engajamento.	Não mensura desempenho quantitativo; uso restrito ao idioma e currículo local.	Primeira aplicação de OA para TEA no Chile com mais de 15.000 downloads.
Yakubova <i>et al.</i> (2016)	<i>Technology: Video Modeling with Concrete–Representational–Abstract Sequencing for Students with ASD</i>	Avaliar o efeito do vídeo modelado combinado à sequência CRA no ensino de matemática.	4 alunos com TEA do Ensino Fundamental.	Vídeos instrucionais com sequência CRA.	Uso de imagens e áudio favorecendo a visão.	Progressão gradual e repetição personalizada.	Aumento na aquisição e manutenção de habilidades matemáticas.	Amostra pequena e ausência de grupo controle.	Integra CRA com vídeo modelagem, elevando autonomia.
Borges (2020)	Sequência Didática: A Relevância das Tecnologias Educacionais Digitais para o Raciocínio Lógico-Matemático do Educando com Transtorno do Espectro Autista (TEA)	Discutir contribuições das tecnologias digitais para o raciocínio lógico-matemático em alunos com TEA.	Alunos com TEA dos anos iniciais do Ensino Fundamental.	Jogos digitais e vídeos educativos.	Recursos acessíveis em ambiente escolar comum.	Sequência ajustável conforme ritmo do aluno.	Engajamento e compreensão aumentada segundo docentes.	Produto não aplicado devido à pandemia.	Propõe sequência didática detalhada com base em opiniões docentes.
Mohd <i>et al.</i> (2020)	<i>Game-Based Learning for Autism in Learning Mathematics</i>	Investigar o uso de jogos digitais para apoiar o aprendizado matemático de alunos com TEA.	Crianças com TEA do Ensino Fundamental.	Jogos digitais educativos.	Interface visual atrativa e linguagem simples.	Customização de níveis de dificuldade.	Melhoria na concentração e motivação.	Amostras reduzidas e curto período de intervenção.	Integra gamificação com <i>design</i> centrado no usuário.

Autor/ Ano	Título	Objetivo	Público-Alvo	Tipo de Tecnologia (RED)	Acessibi- lidade	Adaptabi- lidade	Principais resultados	Limitações	Diferenciais
Ledbetter- Cho <i>et al.</i> (2023)	<i>The Effects of a Teacher-Implemented Video-Enhanced Activity Schedule Intervention on Mathematical Skills</i>	Analisar o impacto de cronogramas de atividades com vídeos integrados no desempenho acadêmico.	5 alunos com TEA do Ensino Fundamental.	Cronogramas digitais com vídeos modelados (VAS-VM).	Uso em <i>tablets</i> com acessibilidade visual.	Adaptação ao ritmo e autonomia de cada aluno.	Melhora nas habilidades matemáticas e redução de estereotípias.	Faltam dados de longo prazo e amostra pequena.	Implementação direta por professores em sala de aula.
Silva <i>et al.</i> (2024)	Inclusão Escolar e Matemática: Uso do Simulador PhET como Tecnologia Assistiva para Alunos com TEA	Explorar o uso do simulador PhET no ensino de frações como tecnologia assistiva.	2 alunos com TEA e turma regular.	Simulador PhET – Frações.	Ferramenta gratuita, visual e interativa.	Atividades adaptáveis conforme perfil cognitivo.	Respostas positivas e maior compreensão.	Estudo de curta duração, em uma escola.	Demonstra o PhET como tecnologia assistiva inclusiva.
Yabushita <i>et al.</i> (2024)	Plataformas Educacionais Digitais no Ensino de Matemática para Estudantes Autistas: Uma Revisão Sistemática	Analisar o impacto das plataformas digitais no ensino de matemática para alunos com TEA.	Alunos com TEA, professores de matemática.	Plataformas educacionais digitais (AVAs).	Interfaces interativas e ferramentas de <i>feedback</i> .	Customização conforme necessidade individual.	Maior engajamento; desafios de infraestrutura e formação docente.	Poucos estudos empíricos no Brasil.	Relaciona BNCC e práticas inclusivas mediadas por tecnologia.
Yakubova (2024)	<i>Virtual Instruction in Teaching Mathematics to Autistic Students: Effects of Video Modeling, Virtual Manipulatives, and Mathematical Games</i>	Investigar instrução virtual com múltiplos recursos digitais (vídeo, jogos, manipulativos).	2 alunos com TEA do Ensino Fundamental.	Ensino virtual com jogos, vídeos e manipulativos digitais.	Acesso remoto e recursos visuais intensivos.	Progressão personalizada e auto-monitoramento.	Alunos atingiram 100% de precisão e generalização.	Poucos participantes; ambiente <i>online</i> .	Combina múltiplos RED em contexto virtual.

Fonte: Elaboração própria (2025)

A análise dos estudos apresentados no quadro acima evidencia que, apesar da diversidade de abordagens e Recursos Educacionais Digitais empregados como objetos de aprendizagem, jogos digitais, vídeos modelados, plataformas educacionais e simuladores, há uma convergência quanto ao potencial dos RED na promoção do engajamento, da motivação e do desenvolvimento de habilidades matemáticas em alunos com TEA. Em todos os casos, observa-se que as tecnologias, quando adequadamente planejadas e adaptadas, favorecem a participação ativa dos alunos e possibilitam diferentes formas de mediação docente, com foco na autonomia e no aprendizado significativo.

No entanto, os estudos também destacam limitações recorrentes, como o número reduzido de participantes, o curto tempo de intervenção e a escassez de pesquisas empíricas nacionais. Tais achados reforçam a necessidade de novas investigações que articulem práticas pedagógicas inclusivas, formação docente e recursos tecnológicos acessíveis, de modo a consolidar uma educação matemática mais equitativa e responsiva às especificidades dos alunos com TEA.

Em termos de eficácia da tecnologia no engajamento e motivação do público-alvo, há uma forte convergência entre os trabalhos, visto que todos possuem tecnologias de diversas formas, seja com jogos, modelagem de vídeo, simuladores ou objetos de aprendizagem. Conclusões mais evidentes de que o interesse dos alunos aumenta significativamente constam, principalmente, nos trabalhos de Yakubova *et al.* (2016), Mohd *et al.* (2020) e Ledbetter-Cho *et al.* (2023), que demonstram ganhos expressivos de atenção, envolvimento e desempenho após a introdução de recursos digitais interativos.

Em relação aos benefícios cognitivos nas habilidades dos alunos, como por exemplo raciocínio lógico, resolução de problemas e compreensão de conceitos matemáticos, o trabalho de Yakubova *et al.* (2016) destaca ao demonstrar a eficácia da sequência CRA integrada à vídeo-modelagem, enquanto Ledbetter-Cho *et al.* (2023) a demonstra tanto no desempenho acadêmico quanto na redução de estereótipos. Diversos estudos apontam que as intervenções tecnológicas promovem a autonomia dos alunos e aumentam sua motivação, comprovando perspectivas da teoria sociocultural de Vygotsky e princípios do Behaviorismo, presentes em boa parte das fundamentações analisadas.

Por sua vez, acerca das divergências entre os trabalhos, temos alguns pontos importantes a notar. Os estudos exploram uma variedade de tecnologias, desde jogos digitais e simuladores até modelagem em vídeo e ambientes de realidade virtual. Essa diversidade reflete diferentes abordagens e objetivos de pesquisa. Os estudos variam também em termos de metodologia, desde estudos de caso com um único participante, como Da Silva *et al.* (2023), até estudos

experimentais com grupos maiores, como Yakubova *et al.* (2016) e Ledbetter-Cho *et al.* (2023). Essa variação influencia, principalmente, na generalização dos resultados.

Enquanto alguns estudos se concentram em habilidades matemáticas específicas, como frações (Silva *et al.*, 2024), outros adotam uma abordagem mais ampla, explorando o desenvolvimento do pensamento lógico e das operações básicas, como Borges (2020) e Muñoz-Soto *et al.* (2016). Já Mohd *et al.* (2020) privilegiam a aprendizagem baseada em jogos digitais, demonstrando o valor da ludicidade no processo educativo, assim como Borges (2020), que desenvolveu uma sequência didática com jogos digitais voltada para o desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático. Embora a aplicação do produto não tenha ocorrido devido à pandemia, o estudo apresenta contribuições significativas ao discutir o papel das tecnologias educacionais digitais como mediadoras do processo de aprendizagem

Os estudos mais recentes, como os de Silva *et al.* (2024) e Yabushita *et al.* (2024), reforçam o avanço das pesquisas nacionais, especialmente no que se refere à utilização de plataformas digitais em práticas pedagógicas inclusivas, alinhadas às diretrizes da BNCC. O estudo de Da Silva *et al.* (2024) evidencia a importância da mediação docente e da formação continuada para que o uso dos RED seja efetivo em sala de aula, enquanto Yabushita *et al.* (2024) apontam ganhos significativos na atenção compartilhada, comunicação funcional e interação social por meio de softwares visuais e simulações digitais.

Além disso, trabalho de Yabushita *et al.* (2024) amplia o escopo das investigações ao analisar o uso combinado de vídeo modelagem, manipulativos virtuais e jogos digitais em contexto *online*, destacando a viabilidade de ensino remoto adaptado às necessidades dos alunos autistas, uma contribuição importante em tempos de crescente ensino híbrido.

Os quatro trabalhos mais recentes (Ledbetter-Cho *et al.*, 2023; Da Silva *et al.*, 2024; Yabushita *et al.*, 2024; Yakubova *et al.*, 2024) reforçam a tendência observada nos trabalhos internacionais, mas também revelam o ainda limitado volume de pesquisas nacionais sobre a temática, evidenciado pelo baixo número de citações identificadas, o que demonstra a necessidade de ampliar investigações brasileiras sobre RED e TEA.

Em termos gerais, os trabalhos analisados convergem para a conclusão de que as tecnologias digitais e metodologias inovadoras têm um impacto positivo no ensino de Matemática para alunos com TEA. No entanto, é importante ressaltar a necessidade de adaptar as tecnologias e estratégias às necessidades individuais dos alunos, bem como de realizar mais pesquisas com metodologias rigorosas e amostras maiores para confirmar e ampliar os resultados obtidos. Os trabalhos reforçam a ideia de que as tecnologias assistivas têm o

potencial de transformar o ensino de matemática para alunos com TEA, tornando-o mais acessível, engajador e eficaz.

Após a análise das metodologias e resultados de cada trabalho, não se pode deixar de enfatizar a importância e o potencial que os RED têm para transformar o ensino de Matemática dos alunos com TEA no Ensino Fundamental I, que constitui o objetivo central desta pesquisa. Com base nos trabalhos analisados, observa-se que muitos alunos com TEA têm um forte estilo de aprendizagem visual, e os RED podem oferecer representações visuais claras e diretas de conceitos matemáticos, como frações, formas geométricas e operações. Além disso, os RED fornecem ambientes de aprendizado estruturados e previsíveis, cruciais para alunos com TEA que se beneficiam da rotina e da clareza.

Os interesses dos alunos com TEA podem ser direcionados através do RED, customizando-o com temas ou elementos de interesse específicos, o que se mostra eficaz para motivar e engajar. O *feedback* imediato, as múltiplas formas de interação e a possibilidade de controle do ritmo de aprendizagem tornam-se aspectos decisivos. Ambientes virtuais também podem reduzir a ansiedade social e a sobrecarga sensorial, permitindo que os alunos se concentrem no aprendizado da matemática.

A partir desta RSL, foi possível identificar diferentes tipos de RED empregados no ensino de Matemática para alunos com TEA, entre eles, simuladores interativos, jogos digitais, objetos de aprendizagem, vídeos modelados e plataformas virtuais. Esses RED foram categorizados conforme suas funcionalidades pedagógicas, destacando-se três principais eixos: 1) recursos voltados à visualização e manipulação de conceitos matemáticos; 2) recursos que promovem motivação e engajamento por meio de interatividade lúdica; e 3) recursos destinados à mediação docente e acompanhamento do progresso dos alunos.

Com base nessa categorização, optou-se por utilizar simuladores interativos da plataforma *PhET Interactive Simulations*, que se enquadram na primeira categoria, por favorecerem a compreensão de conceitos abstratos por meio de representações visuais dinâmicas. Assim, foram selecionados dois RED para aplicação na pesquisa: *Fractions: Intro* e *Build a Fraction*, ambos voltados à exploração de conceitos fundamentais de frações e equivalência numérica. Essa escolha se fundamentou tanto na relevância do conteúdo para os alunos participantes quanto nas evidências apontadas na literatura quanto à eficácia desse tipo de recurso na promoção da aprendizagem e da inclusão.

4 PERCURSO METODOLÓGICO

Este capítulo descreve o percurso metodológico adotado para o deste estudo, detalhando as etapas, procedimentos e instrumentos utilizados.

A pesquisa adota uma abordagem qualitativa, uma vez que busca compreender fenômenos em profundidade, considerando o contexto no qual ocorrem e a subjetividade dos participantes. Segundo Bogdan e Biklen (1994), a pesquisa qualitativa preocupa-se em compreender os significados atribuídos pelos sujeitos às suas experiências, o que se mostra pertinente ao investigar como alunos com TEA interagem com RED no processo de aprendizagem da Matemática.

Ademais, caracteriza-se como um estudo de natureza exploratória e descritiva, pois procura levantar informações ainda pouco sistematizadas acerca do tema e descrever as características do fenômeno em questão. De acordo com Gil (2017), pesquisas exploratórias têm como finalidade proporcionar maior familiaridade com um problema e possibilitar a construção de hipóteses, enquanto as descritivas buscam descrever fatos e relações entre variáveis. Caracteriza-se também como estudo de caso, uma vez que se concentrou em um número reduzido de participantes, possibilitando a investigação aprofundada de suas interações com os recursos (Yin, 2005).

Dessa forma, o percurso metodológico configura-se em 5 fases interdependentes, que se articulam de modo a garantir o rigor científico e a coerência entre os objetivos propostos e as etapas executadas. São elas:

- Fase 1 – Revisão teórica e bibliográfica: aprofundamento teórico sobre TEA; Educação Matemática Inclusiva e RED; e realização da RSL para embasar a pesquisa e orientar a seleção dos recursos digitais.
- Fase 2 – Definição do conteúdo e seleção dos RED: definição do conteúdo de frações e escolha dos simuladores *Fractions Intro* (Frações: Introdução) e *Build a Fraction* (Construa uma Fração) como Recursos Educacionais Digitais.
- Fase 3 – Desenvolvimento da sequência didática: elaboração de uma sequência didática estruturada em quatro etapas progressivas, com atividades que exploram os simuladores *Fractions Intro* e *Build a Fraction*.

- Fase 4 – Instrumentos de coleta de dados - definição e utilização de dois instrumentos principais: ficha de observação e gravação em vídeo para acompanhamento da execução da sequência didática.
- Fase 5 – Aplicação dos RED e análise dos dados: aplicação dos simuladores **Fractions Intro** e *Build a Fraction* em contexto real de sala de aula com alunos com TEA, seguida da análise qualitativa dos dados coletados.

Nas seções seguintes, cada uma dessas fases será apresentada de forma detalhada, descrevendo os procedimentos adotados, os materiais utilizados e as etapas de desenvolvimento da pesquisa.

4.1 FASE 1: REVISÃO TEÓRICA E BIBLIOGRÁFICA

A primeira fase do percurso metodológico correspondeu à etapa essencial para o embasamento conceitual e científico desta pesquisa. O aprofundamento teórico contemplou os eixos centrais do estudo, o TEA, a Educação Matemática Inclusiva e o RED, possibilitando compreender o cenário atual das práticas pedagógicas voltadas a alunos com TEA e o papel das tecnologias digitais nesse contexto.

Inicialmente, no capítulo 2, foram analisadas as contribuições de autores que abordam o TEA sob uma perspectiva neuropsicológica e educacional, permitindo delinear as características cognitivas e comportamentais que influenciam o processo de aprendizagem desses estudantes. Em seguida, a discussão voltou-se para o campo da Educação Matemática Inclusiva, com foco nas políticas públicas brasileiras, na defesa de uma Matemática para todos e na importância da mediação docente para garantir equidade no ensino.

Posteriormente, o estudo abrangeu a análise de pesquisas sobre o uso de tecnologias digitais na educação e a definição de RED como instrumentos mediadores de aprendizagem, destacando seus potenciais para promover a acessibilidade, a autonomia e o engajamento dos alunos.

Essa fase incluiu, ainda, a realização de uma RSL, apresentada no Capítulo 3, que permitiu identificar lacunas nas produções acadêmicas e selecionar estudos relevantes sobre o uso de RED no ensino de Matemática para alunos com TEA. As evidências obtidas nessa etapa serviram de base para definir os critérios de seleção dos recursos digitais e orientar as decisões metodológicas subsequentes.

Assim, a Fase 1 representou o alicerce teórico e metodológico da pesquisa, conferindo rigor científico e assegurando coerência entre a fundamentação teórica, os objetivos propostos e as etapas práticas do estudo.

4.2 FASE 2: DEFINIÇÃO DO CONTEÚDO MATEMÁTICO E SELEÇÃO DOS RED

Na segunda fase, definiu-se o conteúdo matemático a ser abordado, bem como os RED a serem utilizados como mediadores do processo de ensino e aprendizagem.

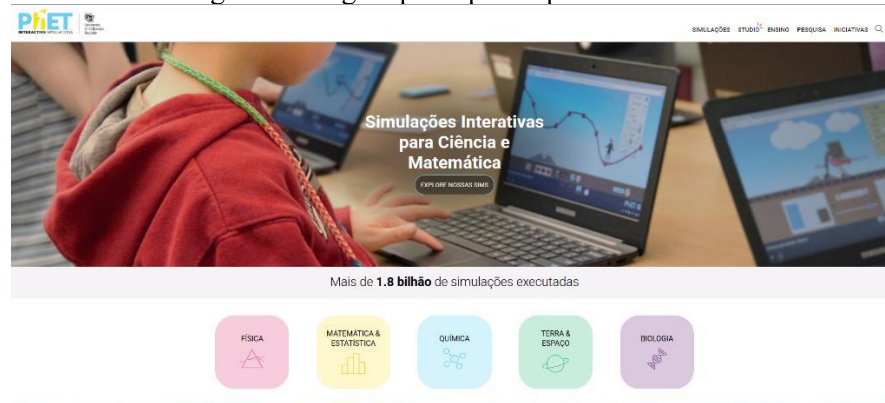
Considerando as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que enfatiza o letramento matemático e o uso de tecnologias digitais de forma crítica e significativa, optou-se por trabalhar o conteúdo de frações, tema previsto nas unidades temáticas de “Números” e “Grandezas e Medidas” para o Ensino Fundamental I e de alta relevância para o desenvolvimento do pensamento proporcional.

A escolha do conteúdo de frações também foi sugestão da professora responsável pelos alunos participantes, que destacaram se tratar de um conteúdo em que todos os quatro alunos apresentavam dúvidas e dificuldades recorrentes. Essa decisão buscou, portanto, alinhar o planejamento da intervenção às necessidades reais observadas no cotidiano escolar, garantindo que a proposta didática tivesse pertinência pedagógica e relevância para a prática docente.

Com base na RSL, observou-se que diversos estudos destacam o potencial dos simuladores digitais no ensino de conteúdos matemáticos para alunos com TEA. Yakubova, Hughes e Shinaberry (2016) demonstraram que o uso de simulações interativas auxilia na compreensão de conceitos matemáticos e promove maior autonomia e engajamento. De forma semelhante, Mohd *et al.* (2020) e Ledbetter-Cho *et al.* (2023) identificaram que o uso de recursos digitais visuais e manipuláveis contribui significativamente para a aprendizagem de frações, especialmente quando combinados com mediação docente e registro em papel.

Diante dessas evidências, foram selecionados os simuladores constantes na Plataforma PhET, desenvolvida pela *University of Colorado Boulder*. A PhET foi escolhida por reunir características que o tornam especialmente apropriado para alunos com TEA: interface simples, comandos intuitivos, estímulos visuais equilibrados e possibilidade de exploração autônoma. A Imagem 1 a seguir mostra a tela inicial da plataforma com a possibilidade de escolha de conteúdos:

Imagem 1 – Página principal da plataforma PhET



Fonte: Plataforma PhET⁸

Descrição da imagem⁹: Captura de tela da página inicial da plataforma PhET. A imagem apresenta, em destaque, estudantes utilizando computadores com simulações interativas abertas nas telas. Ao centro, lê-se o texto “Simulações Interativas para Ciência e Matemática”. Abaixo, aparecem ícones coloridos que representam áreas do conhecimento, como Física, Química, Biologia, Ciências da Terra e Matemática, organizados em formato horizontal.

De acordo com Borba e Penteado (2016), os ambientes de simulação digital como os encontrados na PhET transformam a forma como o conhecimento matemático é produzido e compreendido, estimulando a visualização e a experimentação de conceitos abstratos. Nessa mesma direção, Valente (2019) e Moran (2018) reforçam que as tecnologias digitais, quando utilizadas de maneira intencional e planejada, promovem aprendizagem ativa e inclusiva, potencializando o protagonismo e a autonomia dos estudantes.

Assim, a escolha do conteúdo de frações e de simuladores da plataforma PhET fundamentou-se em critérios pedagógicos, teóricos e contextuais, considerando tanto as necessidades indicadas pela professora quanto as evidências científicas sobre o potencial dos RED no ensino de Matemática para alunos com TEA.

No campo das Frações, a plataforma PhET destaca RED de simulações relacionadas com este conteúdo: *Fractions Intro* (Frações: Introdução) e *Build a Fraction* (Construa uma Fração) que possibilitam aos alunos manipular numerador e denominador, visualizar

⁸ Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/

⁹ A audiodescrição traduz imagens em palavras para que pessoas cegas e com baixa visão possam ter acesso ao seu conteúdo (Franco e Silva, 2010, p. 23). O recurso também amplia o entendimento de pessoas com deficiência intelectual, com TDAH, autistas, disléxicos, idosos e outras pessoas sem deficiência (Motta, 2016, p. 2).

representações em figuras e reta numérica, além de compreender a equivalência entre frações (Makuch; Martins, 2018; Silva *et al.*, 2024).

No Quadro 6 a seguir, destacamos os dois RED selecionados com suas funcionalidades:

Quadro 6 – Funcionalidades dos RED selecionados

Nome	Funcionalidade
PhET Fractions Intro ¹⁰	Exploração visual de frações em modelos circulares e retangulares; manipulação de numerador e denominador; representação em reta numérica; equivalência de frações.
PhET Build a Fraction ¹¹	Atividade lúdica de associação entre representação pictórica, forma numérica e posição na reta; reforço de conceitos básicos de frações.

Fonte: Elaboração própria (2025).

A escolha desses simuladores justifica-se pela combinação entre acessibilidade, interatividade e adequação ao perfil dos alunos com TEA, ao mesmo tempo em que responde a uma necessidade concreta apontada pelas professoras, permitindo desenvolver conteúdos matemáticos relevantes e observar indicadores de aprendizagem inclusiva como destacam Moran (2018) e Yakubova *et al.* (2016).

4.2.1 RED 1 – *Fractions: Intro*

O primeiro RED selecionado, *Fractions: Intro*, constitui um ambiente digital interativo que permite a exploração de conceitos fundamentais de frações em contextos visuais e manipulativos.

A interface apresenta representações circulares, retangulares e na reta numérica nas quais o usuário pode alterar numeradores e denominadores, visualizando, em tempo real, as relações entre as partes e o todo, bem como a equivalência entre frações distintas. Busca promover o desenvolvimento do sentido de número fracionário e da correspondência entre a forma pictórica, simbólica e posicional.

Por se tratar de um recurso que privilegia a ação e a experimentação, o *Fractions: Intro* favorece uma aprendizagem ativa e mediada, perspectiva alinhada às ideias de Vygotsky (1998), segundo as quais o conhecimento se constrói por meio da interação social e do uso de

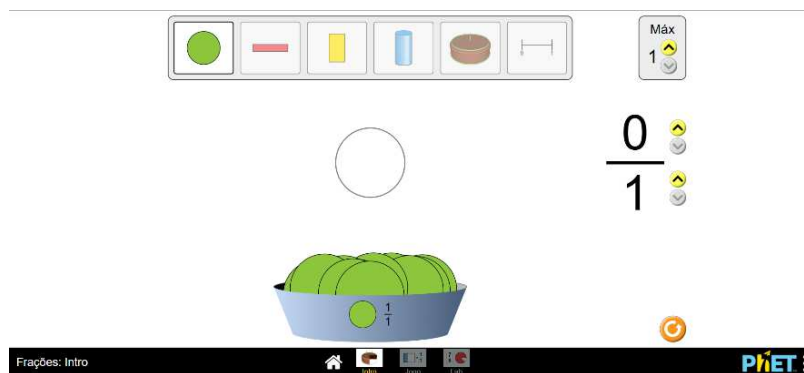
¹⁰ Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/fractions-intro

¹¹ Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/build-a-fraction

instrumentos culturais. Ao permitir a manipulação direta das representações e o recebimento de *feedback* visual imediato, o simulador contribui para a passagem do concreto ao abstrato, elemento essencial à compreensão de conceitos matemáticos.

Dessa forma, compreende-se que o *Fractions: Intro* constitui não apenas um simulador digital, mas um instrumento de mediação pedagógica capaz de favorecer o engajamento e a construção de significados matemáticos por estudantes com TEA. Na Imagem 2, está representada a página inicial do RED:

Imagem 2 – Página principal do *Fractions Intro*



Fonte: Plataforma PhET ¹²

Descrição da imagem: Tela inicial da simulação *Fractions: Intro*, da plataforma PhET. No centro da imagem, há um recipiente em formato de tigela contendo partes circulares verdes que representam frações. Acima, aparecem opções de formas geométricas para seleção. À direita, são exibidos os números zero sobre um e um sobre um, indicando frações. A interface apresenta fundo claro e elementos visuais simples e coloridos.

Considerando suas características interativas e o potencial de visualização dos conceitos de fração, o *Fractions: Intro* foi selecionado como o primeiro RED a ser aplicado nesta pesquisa. De acordo com Yakubova *et al.* (2016), o uso de simulações digitais pode promover o desenvolvimento de habilidades matemáticas e cognitivas em alunos com TEA, especialmente quando aliado à mediação docente e à exploração de múltiplas representações.

¹² Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/fractions-intro/latest/fractions-intro_all.html?locale=ptBR.

4.2.2 RED 2 – *Build a Fraction*

O *Build a Fraction*, segundo RED selecionado, é um simulador que amplia as possibilidades exploradas no *Fractions: Intro* ao propor a construção ativa de frações a partir da associação entre representações visuais (modelos circulares e retangulares) e formas numéricas.

Sua dinâmica consiste em permitir que o aluno “monte” uma fração, escolhendo o número de partes e colorindo a quantidade correspondente, associando, assim, o modelo pictórico à expressão simbólica. De acordo com Vygotsky (1998), o desenvolvimento de conceitos se consolida quando o sujeito participa ativamente do processo de aprendizagem, interagindo com ferramentas culturais mediadoras.

Nesse sentido, o *Build a Fraction* favorece a internalização do conceito de fração por meio da experimentação, pois o aluno precisa compreender as relações entre numerador, denominador e equivalência para alcançar o resultado correto. Essa estrutura didática reforça a sequência Concreta–Representacional–Abstrata (CRA), descrita por Yakubova *et al.* (2016), na qual a manipulação e visualização de objetos concretos antecede a formalização simbólica. A seguir, são apresentadas as análises referentes à utilização do *Build a Fraction* pelos quatro alunos participantes da pesquisa.

O *Build a Fraction* (Imagem 3) possui diferentes níveis, mas nesta pesquisa preferimos manter apenas o nível 1, tanto pela idade dos alunos quanto pelo conteúdo trabalhado:

Imagem 3 – Página principal do *Build a Fraction*



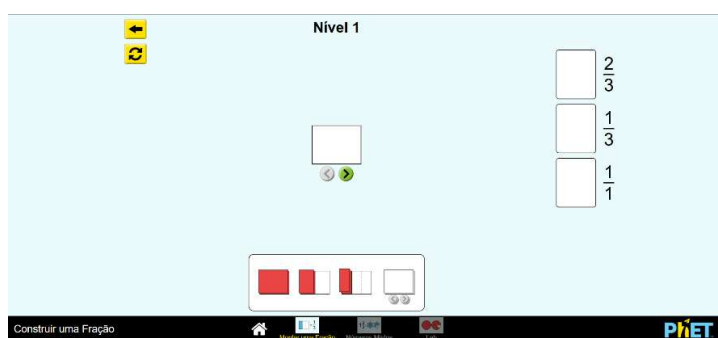
Fonte: Plataforma PhET ¹³

¹³ PhET Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/build-a-fraction/latest/build-a-fraction_all.html?locale=pt_BR

Descrição da imagem: Tela inicial da simulação Build a Fraction, com fundo claro. No centro, há a opção “Escolha um nível”, acompanhada por seis cartões organizados em duas fileiras. Cada cartão apresenta um nível identificado por números e figuras geométricas coloridas, como círculos, barras e polígonos, indicando diferentes desafios relacionados à construção de frações.

Na Imagem 4, está a página principal do nível 1, do *Build a Fraction*. Esse simulador amplia as possibilidades exploradas no *Fractions: Intro*, ao propor a construção ativa de frações a partir da associação entre representações visuais (modelos circulares e retangulares) e formas numéricas. Sua dinâmica consiste em permitir que o aluno “monte” uma fração, escolhendo o número de partes e colorindo a quantidade correspondente, associando, assim, o modelo pictórico à expressão simbólica:

Imagem 4 – Página principal do nível 1 do *Build a Fraction*



Fonte: Plataforma PhET ¹⁴

Descrição da imagem: Tela do nível 1 da simulação Build a Fraction. No centro da interface, há um espaço em branco destinado à construção da fração. À direita, aparecem representações numéricas de frações, como dois terços, um terço e um meio. Na parte inferior, são exibidas peças retangulares vermelhas e brancas que podem ser manipuladas pelo usuário para formar as frações solicitadas.

De acordo com Vygotsky (1998), o desenvolvimento de conceitos se consolida quando o sujeito participa ativamente do processo de aprendizagem, interagindo com ferramentas culturais mediadoras. Nesse sentido, o *Build a Fraction* favorece a internalização do conceito

¹⁴ Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/build-a-fraction/latest/build-a-fraction_all.html?locale=pt_BR.

de fração por meio da experimentação, pois o aluno precisa compreender as relações entre numerador, denominador e equivalência para alcançar o resultado correto.

Portanto, este RED foi selecionado para proporcionar a ampliação das habilidades desenvolvidas no primeiro RED, consolidando a compreensão das relações entre numerador e denominador e promovendo o reconhecimento de equivalências e simplificações de frações.

Assim, a Fase 2 consolidou a definição e caracterização dos RED selecionados, estabelecendo as bases para o planejamento da sequência didática e para a continuidade do percurso metodológico da pesquisa.

4.3 FASE 3: O DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O desenvolvimento da sequência didática fundamentou-se nos pressupostos de Dolz e Schneuwly (2004), que a definem como um conjunto de atividades organizadas de maneira progressiva, articulando objetivos de aprendizagem, conteúdos e estratégias didáticas voltadas à construção de um determinado conhecimento. Segundo os autores, a sequência didática é um instrumento pedagógico intencional, que permite ao professor planejar, aplicar e avaliar situações de ensino de forma estruturada, considerando o desenvolvimento gradual das capacidades cognitivas e comunicativas dos alunos.

De acordo com Moran (2018), o uso pedagógico das tecnologias digitais amplia as possibilidades de representação e de construção do conhecimento, promovendo aprendizagens mais significativas e personalizadas. Essa visão é reforçada por Santos e Oliveira (2020), ao defenderem que os recursos digitais, quando utilizados de forma planejada e contextualizada, atuam como ferramentas inclusivas, capazes de proporcionar múltiplas formas de engajamento, representação e expressão.

No contexto desta pesquisa, a sequência didática foi elaborada com base nas necessidades observadas em alunos com TEA, identificadas em conjunto com a professora. Durante uma conversa com a docente, foram discutidas as dificuldades mais recorrentes dos alunos, o que orientou as escolhas metodológicas e o formato das atividades propostas.

O conteúdo de frações foi selecionado por representar uma das maiores dificuldades de compreensão entre os participantes, especialmente no que se refere à noção de parte-todo, equivalência e representação simbólica. Tal escolha também se alinha às habilidades da BNCC para o Ensino Fundamental, que orienta o desenvolvimento do pensamento lógico-matemático por meio de múltiplas representações e linguagens.

A proposta didática foi construída segundo uma perspectiva sociointeracionista em consonância com Vygotsky (1998), que compreende a aprendizagem como um processo mediado socialmente e potencializado pela interação entre sujeito, instrumento e contexto. Nesse sentido, os simuladores PhET – *Fractions: Intro* e *Build a Fraction* foram adotados como RED, uma vez que suas interfaces visuais e manipulativas a atenção, a memória e o raciocínio lógico, aspectos frequentemente desafiadores para alunos com TEA.

No Quadro 7 a seguir, é possível observar quais são as competências previstas na BNCC relacionadas ao conteúdo de frações e a sua relação com a sequência didática aplicada:

Quadro 7 – Competências da BNCC relacionadas à sequência didática (Frações – PhET)

Competência	Relação com a Sequência Didática
Competência Geral 2	Estimular a curiosidade intelectual por meio da exploração investigativa no simulador PhET, permitindo que os alunos manipulem numerador e denominador para compreender conceitos de frações.
Competência Geral 4	Utilizar a linguagem matemática, visual e digital para representar frações em diferentes contextos, incluindo figuras e reta numérica.
Competência Geral 5	Fazer uso de tecnologias digitais de forma significativa e crítica, desenvolvendo a autonomia no uso do simulador PhET.
Competência Específica de Matemática 2	Compreender e utilizar a Matemática como linguagem para interpretar e expressar situações do cotidiano envolvendo frações.
Competência Específica de Matemática 3	Resolver problemas matemáticos relacionados a frações, explorando equivalências, representações gráficas e a reta numérica.
Competência Específica de Matemática 7	Desenvolver autonomia e pensamento crítico ao utilizar tecnologias digitais para compreender e comparar frações.

Fonte: Elaboração própria (2025).

Nesse sentido, a sequência didática planejada com os RED sobre frações não se limita a desenvolver habilidades de identificação de numerador e denominador, equivalência e localização de frações na reta numérica. O propósito é mais amplo, como promover a formação integral do aluno, articulando aprendizagem matemática com o desenvolvimento de competências cognitivas, sociais e digitais em consonância com a proposta da BNCC.

Já as habilidades previstas na BNCC detalham os objetivos de aprendizagem específicos, ou seja, aquilo que o estudante deve ser capaz de realizar ao final de determinado processo educativo. Diferentemente das competências, que possuem caráter mais amplo e integrador, as habilidades são ações observáveis que evidenciam a aprendizagem dos conteúdos escolares.

No caso desta pesquisa, as sequências didáticas desenvolvida com o uso dos 2 RED simuladores constantes na Plataforma PhET, buscou atender as habilidades citadas no Quadro 8 a seguir:

Quadro 8 – Habilidades da BNCC relacionadas à sequência didática (Frações – PhET)

Código BNCC	Habilidade	Relação com a Sequência Didática/RED
EF05MA07	Ler, escrever e ordenar números racionais positivos na forma fracionária, reconhecendo-os como extensão dos números naturais.	Reconhecimento e registro de frações no RED <i>Fractions Intro</i> e no papel quadriculado.
EF05MA08	Reconhecer as diferentes representações de uma fração (parte de um todo, quociente e razão).	Exploração de frações em modelos circulares e retangulares no PhET no RED <i>Fractions Intro</i> .
EF05MA09	Resolver e elaborar problemas com números racionais positivos na forma fracionária, envolvendo as ideias de fração de quantidade, comparação e equivalência.	Identificação de equivalências no RED <i>Fractions Intro</i> , comparação de frações e formalização da linguagem matemática.
EF06MA08	Representar, ordenar e localizar números racionais (inclusive frações) na reta numérica.	Localização e comparação de frações na reta numérica no RED <i>Fractions Intro</i> .
EF06MA09	Utilizar equivalência e simplificação de frações para resolver problemas em diferentes contextos.	Construção de frações equivalentes nos RED <i>Build a Fraction</i> .

Fonte: Elaboração própria (2025).

No ensino de frações, as habilidades contemplam desde o reconhecimento da representação fracionária até a localização de números racionais na reta numérica e a identificação de equivalências.

Dessa forma, ao alinhar a prática pedagógica às habilidades da BNCC, a proposta assegura que a aprendizagem esteja em consonância com os parâmetros nacionais de qualidade, ao mesmo tempo em que possibilita atender às necessidades específicas dos alunos com TEA, garantindo uma abordagem inclusiva, contextualizada e significativa.

A sequência didática foi organizada em cinco etapas principais:

- 1) acolhida e ambientação;
- 2) exploração guiada do simulador;
- 3) construção e registro das representações gráficas;
- 4) jogo de equivalência;
- 5) formalização da linguagem matemática.

Cada uma dessas fases integrou momentos de experimentação, observação, mediação docente e formalização conceitual conforme o que propõem Zabala (1998) e Perrenoud (2000) sobre o ensino por competências e o protagonismo do aluno.

A aplicação foi acompanhada por registros observacionais e reflexivos, possibilitando uma análise qualitativa das interações, engajamento e evolução conceitual dos alunos. Seguindo Yakubova *et al.* (2016) e Silva *et al.* (2024), a mediação docente buscou favorecer a autonomia, o *feedback* imediato e a autoexploração, elementos essenciais para o aprendizado de estudantes com TEA em ambientes digitais. Além desses registros, houve também os registros individuais escritos de cada aluno, produção do aluno durante o segundo momento da atividade, na avaliação final.

Por fim, ressalta-se que a versão completa da sequência didática, contendo a descrição detalhada das atividades, recursos, objetivos e critérios de avaliação, encontra-se no Apêndice I desta dissertação. Essa inclusão tem como objetivo preservar a clareza e a fluidez do texto metodológico, ao mesmo tempo em que permite a consulta integral do material por professores e pesquisadores interessados em aplicar ou adaptar a proposta em contextos inclusivos de ensino de Matemática.

Dessa forma, a Fase 3 marcou o processo de elaboração da sequência didática, estruturando as atividades de ensino de modo a integrar os RED selecionados às necessidades dos alunos participantes, garantindo intencionalidade pedagógica e alinhamento aos objetivos da investigação.

4.4 FASE 4: DESENVOLVIMENTO E SELEÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Concluída a etapa de elaboração da sequência didática, o estudo avançou para o momento de sistematizar a coleta das evidências. Para isso, foram desenvolvidos e selecionados instrumentos específicos de registro que possibilitaram observar e analisar o processo de aprendizagem dos alunos com TEA durante o uso dos RED.

De acordo com Gil (2008), a coleta de dados representa uma etapa fundamental em qualquer pesquisa científica, pois é a partir dela que se obtêm as informações necessárias para sustentar a análise e a interpretação dos resultados. Desse modo, os instrumentos de coleta foram definidos de modo a permitir a observação direta e o registro detalhado das interações

entre os alunos, o professor e o simulador PhET. Para tanto, utilizaram-se dois recursos complementares:

- 1) Ficha de Observação: instrumento sistematizador das ações observadas, permitindo registrar aspectos como engajamento, autonomia, comunicação, resolução de problemas e interação com o recurso digital.
- 2) Gravação em Vídeo: possibilitou uma análise mais profunda das manifestações não verbais, respostas espontâneas e sequência das interações, favorecendo a triangulação dos dados.

Segundo Flick (2009), a combinação de diferentes instrumentos de coleta é uma estratégia metodológica que aumenta a validade dos resultados e enriquece a compreensão do fenômeno estudado. Assim, o uso articulado da ficha de observação e das gravações em vídeo permitiu capturar nuances comportamentais e cognitivas essenciais para a análise do processo de aprendizagem mediado pelos RED.

A seguir, apresenta-se o processo de elaboração, critérios de seleção e aplicação prática desses instrumentos, bem como a justificativa teórico-metodológica que embasou sua utilização neste estudo.

4.4.1 Ficha de Observação

A ficha de observação (Apêndice 2) foi desenvolvida como um instrumento estruturado para registrar as manifestações comportamentais e cognitivas dos alunos durante a aplicação das atividades mediadas pelos simuladores PhET. Conforme defendem Lakatos e Marconi (2003), a observação sistemática é um procedimento essencial nas pesquisas qualitativas, pois permite a coleta de dados empíricos diretamente no ambiente natural em que o fenômeno ocorre, reduzindo a interferência de interpretações subjetivas imediatas.

A ficha foi organizada em categorias que refletem dimensões observáveis do processo de aprendizagem, adaptadas a partir dos estudos de Yakubova *et al.* (2016) e Ledbetter-Cho *et al.* (2023), que destacam a importância de indicadores específicos para o acompanhamento de alunos com TEA em situações mediadas por tecnologia. As categorias principais utilizadas foram:

- Engajamento: nível de interesse, curiosidade e permanência nas atividades;

- Autonomia: capacidade de explorar o simulador e tomar decisões com pouca intervenção do professor;
- Interação: comunicação verbal e não verbal com o professor e os colegas;
- Compreensão Conceitual: evidências de entendimento sobre numerador, denominador, equivalência e representação de frações;
- Comportamento durante a Atividade: reações frente a desafios, estímulos visuais e situações de erro.

Cada categoria foi acompanhada de indicadores graduados em uma escala descritiva (por exemplo: “necessita de mediação constante”, “atua com auxílio”, “atua de forma autônoma”), permitindo uma análise mais precisa da evolução individual dos participantes

A construção dessa ficha foi baseada no modelo de observação participante descrito por Angrosino (2009), no qual o pesquisador assume o papel de mediador-observador, registrando os comportamentos sem interromper o fluxo natural da atividade. O instrumento também foi submetido à validação por meio da análise da professora que aplicou a pesquisa, que avaliou sua clareza e adequação ao contexto escolar dos alunos.

Além de subsidiar a análise qualitativa, a ficha serviu como ferramenta formativa, orientando o olhar do pesquisador para aspectos específicos do processo de aprendizagem e garantindo que o registro dos dados fosse consistente e comparável entre os diferentes momentos da sequência didática.

4.4.2 Gravação em Vídeo

A gravação em vídeo foi utilizada como instrumento complementar de coleta, permitindo registrar de forma detalhada as interações, expressões faciais, gestos e respostas não verbais dos participantes, aspectos muitas vezes difíceis de captar apenas pela observação direta. Conforme apontam Bogdan e Biklen (1994), o uso do vídeo constitui um recurso valioso na pesquisa qualitativa, pois possibilita revisitar o material diversas vezes, favorecendo análises mais ricas e trianguladas.

O registro audiovisual abrangeu toda a sequência de atividades, priorizando os momentos de maior interação com os RED simuladores da plataforma PhET. O vídeo permitiu observar aspectos como:

- Tempo de resposta dos alunos às instruções;
- Foco visual e atenção direcionada;
- Expressões de satisfação, dúvida ou frustração;
- Momentos de ajuda solicitada e trocas de fala com o mediador;
- Uso de estratégias pessoais durante a manipulação do simulador.

Essas informações foram posteriormente transcritas e analisadas em articulação com os dados obtidos nas fichas de observação, possibilitando um olhar mais amplo sobre os processos cognitivos e afetivos envolvidos. De acordo com Denzin e Lincoln (2018), a triangulação de dados – neste caso, os registros escritos e audiovisuais – confere maior credibilidade e profundidade às interpretações produzidas em estudos de natureza qualitativa.

Por fim, o uso do vídeo também se mostrou um recurso de autoanálise reflexiva, pois permitiu à pesquisadora revisar suas próprias intervenções, a clareza das instruções dadas e a efetividade da mediação docente durante as atividades.

Assim, em conjunto, esses instrumentos de coleta utilizados proporcionaram uma visão abrangente do processo de ensino e aprendizagem mediado pelos RED, favorecendo a compreensão da relação entre a tecnologia, a mediação pedagógica e as características cognitivas e comportamentais dos alunos com TEA. Essa abordagem metodológica reforça a coerência interna do estudo, garantindo a fidelidade dos registros e contribuindo para a análise dos resultados, que será apresentada nos tópicos subsequentes.

A partir da definição dos instrumentos de coleta de dados, foi possível planejar e conduzir a aplicação da sequência didática junto aos participantes da pesquisa. Essa etapa representou o momento central do estudo, no qual se observaram, de forma integrada, os efeitos pedagógicos do uso dos RED na aprendizagem de frações por alunos com TEA.

Assim, a Fase 4 sistematizou os instrumentos de coleta de dados, como fichas de observação e registros audiovisuais, assegurando a validade, a confiabilidade e a adequação dos procedimentos metodológicos às características dos participantes e aos propósitos do estudo.

4.5 FASE 5: APLICAÇÃO DOS RED

Considerando a amplitude desta etapa e a relevância dos dados produzidos durante a intervenção, optou-se por apresentar a Fase 5 de forma desdobrada. Assim, nesta seção, descreve-se como ocorrerá a aplicação dos RED, enquanto a análise dos dados e resultados

obtidos é tratada de maneira aprofundada no Capítulo 5 a fim de proporcionar maior clareza e fluidez na leitura do texto.

Antes da descrição da aplicação dos RED, apresenta-se a caracterização do contexto da pesquisa e dos participantes, etapa fundamental para compreender as condições pedagógicas em que o estudo foi desenvolvido.

4.5.1 Caracterização da escola e dos participantes

A pesquisa foi realizada em uma escola localizada em Leopoldina (MG), sendo esta uma instituição estadual que atende alunos dos anos iniciais e finais do Ensino Fundamental, bem como estudantes do Ensino Médio. A escola dispõe de sala de recursos multifuncionais e, apesar de apresentar algumas limitações de acessibilidade física em determinados espaços, oferece recursos de inclusão, como rampas de acesso e mobiliário adaptado, além de práticas pedagógicas que envolvem a participação de toda a comunidade escolar. O corpo docente é composto por 75 professores, dos quais 18 são professores com experiência em práticas inclusivas, atuando diretamente com estudantes da Educação Especial. Já o corpo discente é formado por 636 alunos, incluindo 24 discentes com diagnóstico confirmado de TEA.

A pesquisa contou com a participação de quatro alunos, todos diagnosticados dentro do espectro autista e matriculados nos anos finais do Ensino Fundamental. A seguir, apresenta-se a caracterização de cada aluno. Para preservar a identidade dos estudantes, serão denominados neste estudo como Aluno 1, Aluno 2, Aluno 3 e Aluno 4.

- **Aluno 1 (11 anos, 6º ano)**

O aluno possui diagnóstico de TEA e apresenta problemas auditivos que acabam resultando na dificuldade da fala. Faz acompanhamento psicológico e não utiliza remédios de uso contínuo. Não utiliza a Sala de Recurso por opção da família. Ele se interessa por jogos de internet, andar de bicicleta e jogos educativos. Apresenta também dificuldade em memorizar o que escuta e o que vê, ainda que responda positivamente a recursos digitais e as questões envolvendo raciocínio lógico, sendo Medalhista de ouro na Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas-Mirim (OBMEP-Mirim). A família se faz presente em todas as áreas da vida escolar do estudante.

- **Aluno 2 (14 anos, 8º ano)**

Este aluno apresenta diagnóstico de TEA e necessidades específicas relacionadas à atenção e à regulação emocional. Seu perfil indica interesse em atividades visuais e interativas, mas também maior necessidade de mediação pedagógica em situações de abstração. O aluno demonstra dificuldades em manter a concentração por períodos prolongados, embora responda positivamente a estímulos lúdicos e recursos digitais. O contexto familiar é presente e participativo, o que favorece seu acompanhamento escolar.

- **Aluno 3 (14 anos, 8º ano)**

Possui diagnóstico de TEA associado a TDAH, apresentando dificuldades de atenção, concentração e autonomia em atividades cotidianas. Faz uso de medicação e acompanhamento psicoterápico. É descrito como um estudante afetuoso e sensível, que tende a se abalar emocionalmente diante de repreensões ou mudanças inesperadas de rotina. Mostra-se tímido e reservado na comunicação, falando mais quando estimulado em ambientes de confiança. Apresenta dificuldades em leitura, escrita e raciocínio lógico, necessitando de suporte constante, mas participa das aulas quando encorajado e se envolve em atividades práticas e dinâmicas. Seu histórico escolar foi marcado por períodos de agitação e dificuldades de adaptação, mas atualmente está estabilizado com apoio da família e da escola.

- **Aluno 4 (13 anos, 9º ano)**

Apresenta diagnóstico de TEA associado a epilepsia e dermatite atópica emocional, sendo acompanhado por diversos profissionais da saúde, incluindo psicólogo, terapeuta ocupacional, neuropediatra e psiquiatra. Faz uso contínuo de medicação (anticonvulsivantes e antidepressivos), que provoca efeitos colaterais como sonolência. Apesar das dificuldades, demonstra interesse em leitura, jogos de lógica como LEGO, bicicleta e interação com os pais. Prefere ambientes tranquilos e necessita de acompanhamento constante em situações de maior vulnerabilidade (como idas ao banheiro ou bebedouro). Em termos pedagógicos, apresenta leitura lenta, baixa compreensão textual e dispersão, mas busca realizar as atividades propostas com apoio, mostrando esforço para se manter engajado.

A caracterização desses alunos evidencia não apenas suas especificidades cognitivas, emocionais e pedagógicas, mas também a relevância de se adotar recursos acessíveis e interativos no processo de ensino. Nesse sentido, a proposta com os simuladores da plataforma

PhET buscou atender às demandas de cada perfil, valorizando o potencial dos RED como ferramentas de mediação e inclusão.

4.5.2 Descrição da Aplicação dos RED

A aplicação dos RED foi realizada na sala de informática da escola participante, em um ambiente estruturado, previsível e adaptado às necessidades dos alunos com TEA. Esse espaço foi organizado de modo a favorecer a concentração, o conforto e a segurança, garantindo que os participantes se sintam acolhidos e motivados durante a realização das atividades.

A condução da aplicação ficou sob responsabilidade da professora, integrante do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática (PPGEM), que já possui vínculo e familiaridade com os alunos. A pesquisadora acompanhou o processo de forma remota, mantendo contato direto com a docente responsável e oferecendo suporte durante todas as etapas a fim de assegurar que os procedimentos fossem realizados conforme o planejamento metodológico.

Durante a aplicação, os alunos foram convidados a interagir com os simuladores *PhET Interactive Simulations*, *Fractions: Intro* e *Build a Fraction*, previamente selecionados. As atividades foram organizadas em etapas, conforme a sequência didática elaborada, visando à exploração de conceitos matemáticos relacionados às frações e à equivalência numérica. O objetivo é promover a aprendizagem significativa por meio da manipulação de representações visuais e simbólicas, estimulando a atenção, a autonomia e o engajamento dos participantes.

Os momentos de aplicação serão registrados em vídeo, mediante autorização da escola e dos responsáveis pelos alunos, com o intuito de permitir posterior análise das interações, comportamentos e estratégias observadas durante o uso dos simuladores. Além disso, será utilizada uma ficha de observação docente para o registro sistemático de aspectos qualitativos do processo, como a participação, o envolvimento e as respostas dos alunos diante das propostas apresentadas.

Com essa etapa, pretende-se compreender de que modo os RED podem contribuir para o ensino de Matemática de alunos com TEA, possibilitando uma análise das potencialidades e dos desafios que emergem do uso desses recursos em contexto escolar inclusivo.

4.5.3 Organização das sessões

A sequência didática foi desenvolvida ao longo de sessões com duração média de 40 a 50 minutos cada, realizadas durante o horário regular das aulas. As atividades foram planejadas de forma progressiva, de modo a favorecer o engajamento e a construção gradual dos conceitos matemáticos.

Nesse sentido, as sessões devem seguir um planejamento progressivo, organizado em três momentos principais, com base nos princípios da abordagem Concreta–Representacional–Abstrata (CRA) conforme preconizam Yakubova *et al.* (2016) e Ledbetter-Cho *et al.* (2023):

- Primeiro momento: ambientação e exploração inicial do simulador, permitindo aos alunos conhecer a interface e compreender a relação entre numerador e denominador.
- Segundo momento: realização das atividades planejadas, com foco na representação e equivalência de frações e na identificação delas na reta numérica, mediadas pela professora com base em perguntas orientadoras e estímulos visuais.
- Terceiro momento: registro das produções dos alunos e síntese das observações pela professora, a fim de documentar o processo de desenvolvimento da atividade.

A condução das sessões deve respeitar o ritmo individual de cada aluno, com apoio pedagógico constante e adaptações conforme as necessidades observadas. De acordo com Zabala (1998), o planejamento didático estruturado deve articular momentos de experimentação, reflexão e formalização conceitual, promovendo a construção gradual do conhecimento.

4.5.4 Registros e Observações

Durante a aplicação das atividades, foram utilizados os instrumentos de coleta de dados previamente elaborados, quais sejam Ficha de Observação e registro em vídeo, com o objetivo de documentar o desenvolvimento das sessões e garantir o registro fiel das interações e mediações realizadas.

A observação direta, realizada pela professora aplicadora, possibilitou o acompanhamento sistemático do comportamento dos alunos, da execução das tarefas e das estratégias de mediação pedagógica empregadas. As gravações em vídeo, por sua vez, permitiram capturar detalhes do processo que subsidiaram a posterior análise qualitativa apresentada no Capítulo 5.

A utilização combinada desses instrumentos segue as orientações de Yin (2015) e Lüdke e André (2013), que defendem a triangulação de fontes de dados como forma de assegurar validade e confiabilidade em pesquisas qualitativas do tipo estudo de caso.

Os registros dessa etapa têm caráter descritivo, sem qualquer interpretação dos resultados, limitando-se à documentação do processo de aplicação e à organização dos materiais que sustentaram as análises apresentadas no capítulo subsequente.

Dessa forma, a Fase 5 correspondeu à etapa de planejamento da aplicação prática da pesquisa, na qual os RED e a sequência didática foram implementados junto aos participantes, permitindo a observação, o registro e a análise dos resultados alcançados no processo de ensino e aprendizagem.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Este capítulo apresenta e discute a análise dos dados obtidos durante a aplicação dos RED, no formato de simuladores da plataforma PhET, realizada na primeira quinzena de outubro de 2025 em uma escola estadual localizada na cidade de Leopoldina (MG), que atende alunos dos anos iniciais e finais do Ensino Fundamental e do Ensino Médio. A intervenção envolveu quatro alunos diagnosticados com TEA, matriculados nos anos finais do Ensino Fundamental, foi conduzida pela professora e teve acompanhamento remoto da pesquisadora. O ambiente de aplicação foi a sala de informática da escola, organizada de modo a atender às necessidades de acessibilidade e garantir um espaço estruturado e previsível para os estudantes.

Conforme descrito na Fase 2 (Seção 4.2), foram selecionados dois RED no formato de simuladores da plataforma PhET. A análise tem por objetivo discutir os resultados observados na aplicação desses recursos, relacionando-os aos objetivos da pesquisa e aos referenciais teóricos que sustentam o estudo.

Destarte, o capítulo está organizado em três seções:

- Na primeira, apresenta-se a forma de organização e tratamento dos dados obtidos, explicitando os instrumentos e critérios analíticos utilizados.
- A segunda seção contempla a análise dos dados obtidos durante a aplicação dos RED, estruturando-se em três subtópicos: o primeiro dedicado ao RED 1 – *Fractions: Intro* e o segundo ao RED 2 – *Build a Fraction*, contemplando as observações, interpretações dos registros de cada aluno participante e evidenciando os avanços, dificuldades e estratégias manifestadas durante as atividades.
- A terceira seção reúne as considerações gerais das análises, discutindo os principais resultados observados e sua relação com os objetivos e referenciais teóricos que sustentam esta pesquisa.

A seguir, apresenta-se a forma como os dados foram organizados e analisados, contemplando os procedimentos empregados no tratamento das informações e na sistematização dos registros obtidos durante a aplicação dos RED.

5.1 ORGANIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados constitui uma etapa fundamental do processo de investigação, pois possibilita transformar os registros coletados durante a aplicação em informações sistematizadas que permitam compreender a realidade observada. De acordo com Bardin (2016), a análise de conteúdo envolve um conjunto de procedimentos que buscam organizar, classificar e interpretar dados qualitativos de modo a identificar sentidos e significados presentes nos discursos, ações e comportamentos dos participantes.

Nesta pesquisa, a análise dos dados foi conduzida sob uma abordagem qualitativa e descritiva conforme defendem Lüdke e André (1986), para quem esse tipo de análise possibilita compreender os fenômenos educativos em sua complexidade, valorizando as experiências individuais e os contextos em que ocorrem. O foco principal esteve em observar como os alunos com TEA interagiram com os RED e de que maneira essas interações contribuíram para a aprendizagem do conteúdo de frações.

Os dados foram obtidos a partir de dois instrumentos principais:

- 1) Ficha de Observação, elaborada com base nos objetivos da sequência didática, contendo campos para registro de comportamentos, nível de engajamento, estratégias utilizadas pelos alunos e indícios de compreensão conceitual;
- 2) Gravações em vídeo, que permitiram observar as expressões faciais, interações sociais e momentos de mediação docente durante a aplicação das atividades com o simulador PhET.

A utilização combinada desses instrumentos possibilitou a triangulação das informações, procedimento fundamental para ampliar a consistência interpretativa dos achados e aumentar a confiabilidade da análise. De acordo com Flick (2009), a triangulação fortalece a credibilidade dos resultados ao articular diferentes fontes e perspectivas, reduzindo vieses e enriquecendo a compreensão do fenômeno investigado. Após a coleta, os dados foram transcritos integralmente e organizados individualmente, contemplando as observações específicas de cada aluno participante da pesquisa.

Para o tratamento analítico do material, adotou-se o referencial de Bardin (2016), cuja proposta prevê três etapas interdependentes: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados. Essas fases orientaram a sistematização dos registros e permitiram identificar

categorias emergentes relacionadas ao desempenho, engajamento e modos de interação dos estudantes durante as atividades com os simuladores:

- 1) Pré-análise: leitura flutuante dos registros para reconhecimento inicial do conteúdo e identificação de padrões comportamentais e pedagógicos;
- 2) Exploração do material: categorização dos dados segundo eixos de observação definidos previamente;
- 3) Tratamento e interpretação: agrupamento dos resultados observados e elaboração de sínteses descritivas.

Com base nas observações realizadas e nas anotações das fichas, foram estabelecidas quatro categorias de análise que refletem os aspectos centrais da intervenção:

- a) Engajamento e participação nas atividades;
- b) Compreensão conceitual sobre frações;
- c) Autonomia e tomada de decisão;
- d) Interação e mediação pedagógica.

Essas categorias emergiram das evidências coletadas e dialogam com o referencial teórico que embasa esta pesquisa, especialmente os estudos de Vygotsky (1998), Zabala (1998) e Moran (2018), que ressaltam o papel da mediação e das tecnologias na construção do conhecimento.

Os registros indicaram que, durante as sessões com os simuladores PhET, os alunos apresentaram níveis variados de envolvimento e compreensão, diretamente relacionados às suas características individuais. As observações mostraram que a familiaridade com o ambiente digital e o suporte da professora mediadora influenciaram positivamente a concentração e a persistência nas tarefas. Além disso, foram notados momentos de autonomia progressiva, nos quais os alunos realizaram ações no simulador sem auxílio direto, evidenciando o potencial dos RED como instrumentos de apoio à aprendizagem.

Os dados obtidos serviram de base para a análise interpretativa apresentada na seção seguinte, na qual são discutidos os resultados qualitativos da intervenção, relacionando as evidências empíricas aos objetivos e fundamentos teóricos da pesquisa.

5.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após o processo de categorização e sistematização dos registros conforme descrito na seção anterior, procedeu-se à análise dos resultados. Essa etapa buscou interpretar as evidências observadas durante a aplicação dos RED, relacionando-as aos objetivos da pesquisa e ao referencial teórico que fundamenta o estudo.

A análise dos resultados foi organizada em três eixos complementares com o intuito de oferecer uma compreensão ampla e coerente dos resultados obtidos durante a intervenção. Inicialmente, são apresentados os detalhes do percurso de aprendizagem e o comportamento de cada aluno participante com cada RED, considerando suas especificidades cognitivas, emocionais e pedagógicas. Em seguida, são discutidos os resultados gerais, que sintetizam os padrões e tendências observados no grupo, evidenciando os aspectos comuns do processo de aprendizagem mediado pelos RED. Por fim, apresentam-se as considerações finais do capítulo, nas quais são destacadas as principais conclusões da análise, apontando para as contribuições utilizando as evidências empíricas aos referenciais teóricos que fundamentam esta pesquisa, promovendo uma reflexão crítica sobre o potencial inclusivo e pedagógico dos RED no ensino de Matemática para alunos com TEA, que sustentam o desenvolvimento do produto educacional apresentado no capítulo seguinte.

5.2.1 PhET: *Fractions Intro*

O primeiro RED analisado corresponde ao *Fractions: Intro*, previamente apresentado no Capítulo 4, o qual introduz o conceito de frações por meio de representações visuais e manipulativas. Nesta etapa, o RED foi aplicado como atividade inicial da sequência didática, com o intuito de diagnosticar o nível de compreensão dos alunos sobre as relações parte-todo e de promover o reconhecimento de equivalências simples.

A seguir, são apresentadas as análises referentes à interação de cada participante com o RED, denominados Aluno 1, Aluno 2, Aluno 3, Aluno 4, destacando os comportamentos observáveis, as estratégias de resolução e os indícios de aprendizagem emergentes, baseadas nos registros observacionais e audiovisuais, articulando os achados empíricos aos referenciais teóricos de Yakubova *et al.* (2016), Santos e Oliveira (2020), Moran (2018) e Ledbetter-Cho *et al.* (2023).

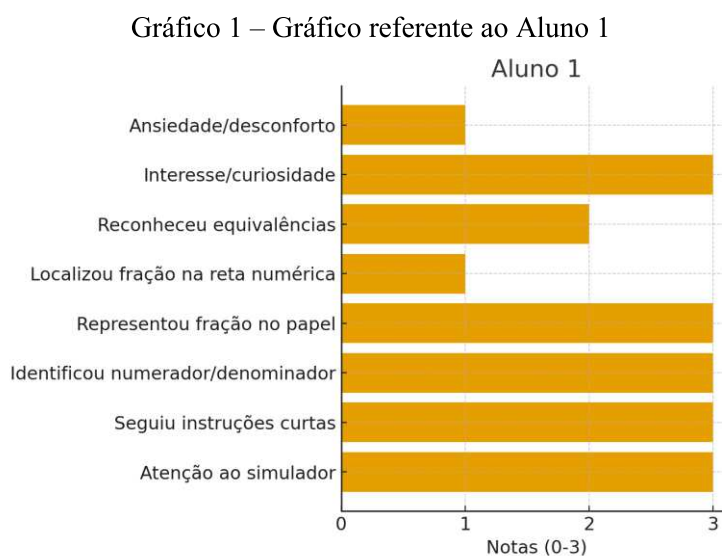
Aluno 1 – 6º ano

O Aluno 1 demonstrou engajamento imediato na exploração do simulador, identificando rapidamente as frações representadas nos modelos circulares. Em suas ações, observou-se curiosidade e autonomia, características que, segundo Moran (2018), refletem a aprendizagem ativa mediada por tecnologias digitais. Realizou comparações espontâneas entre numerador e denominador e conseguiu estabelecer relações entre as representações pictóricas e os símbolos numéricos, o que indica transição entre os níveis concreto e representacional propostos por Yakubova *et al.* (2016).

Durante a atividade na reta numérica, necessitou de mediação pontual da professora, principalmente na leitura dos intervalos, mas respondeu positivamente às intervenções. A interação social mediada reforçou o avanço em sua zona de desenvolvimento proximal, conforme Vygotsky (1998).

Apesar disso, mostrou curiosidade e persistência, construindo significados próprios, como quando afirmou: “*Ah, então é um pintado e dois livres, né?*”, evidenciando sua forma de traduzir a linguagem matemática em elementos concretos de sua experiência.

O Gráfico 1 a seguir mostra os dados retirados da ficha de observação, que contém como o aluno se comportou, pontos importantes e relevantes de cada aluno durante a atividade. Os números representam a grau de realização e de ajuda que cada aluno precisou, sendo 0 = Não realizado, 1 = Pouca realizado, 2 = Realizado Com apoio | 3 = Autônomo:



Fonte: Elaboração própria (2025).

O gráfico evidencia que o aluno 1 reconheceu de forma correta as frações equivalentes e teve autonomia para realizar as atividades no papel.

Aluno 2 – 8º ano

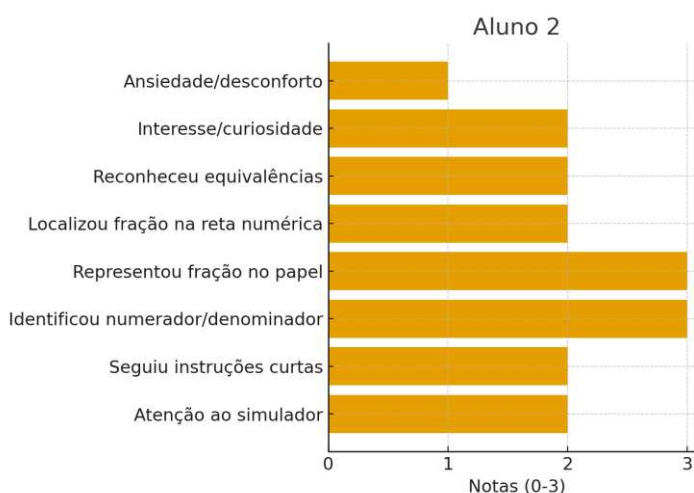
Mostrou avanços importantes em numerador, denominador e equivalências, conseguindo transpor o conceito para o papel. Entretanto, apresentou sinais de ansiedade (suor nas mãos), o que influenciou sua autonomia em alguns momentos.

Essa situação dialoga com Grandin e Panek (2014), que ressaltam como aspectos emocionais e sensoriais podem interferir no desempenho de alunos com TEA.

A fala “*Aumenta o numerador que tem ali, né? ... Aumenta o que tá colorido*” indica compreensão do vínculo entre representação simbólica e visual. Assim, seu desempenho confirma a importância de considerar tanto aspectos cognitivos quanto emocionais no processo de ensino-aprendizagem.

À medida que a atividade avançou, o recurso se fez mais eficaz no engajamento do Aluno 2, que passou a entender melhor o numerador e denominador. O Gráfico 2 mostra os dados retirados da ficha de observação da professora, que registra como o discente se comportou, pontos importantes e relevantes de cada aluno durante a atividade:

Gráfico 2 – Gráfico referente ao Aluno 2



Fonte: Elaboração própria (2025).

O gráfico evidencia que o Aluno 2 reconheceu de forma correta as frações equivalentes e teve autonomia para realizar as atividades no papel.

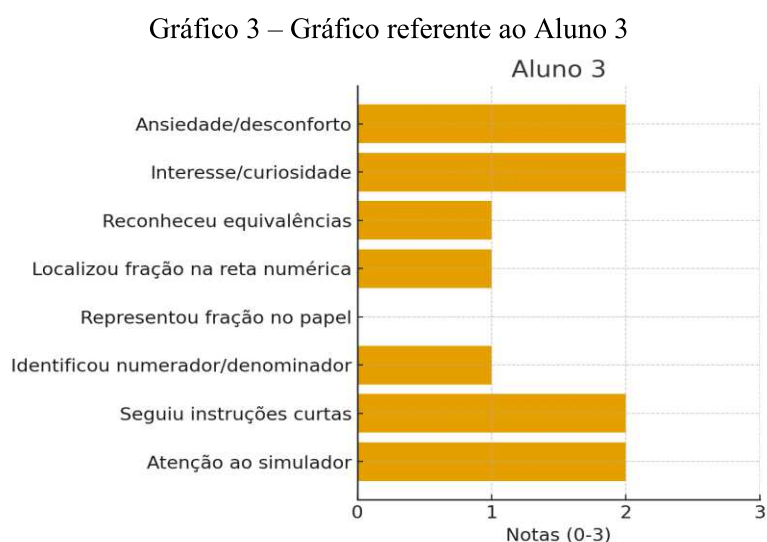
Aluno 3 – 8º ano

O Aluno 3 demonstrou atenção flutuante durante a atividade, alternando momentos de foco e dispersão. Quando direcionado à tarefa, conseguiu identificar corretamente as partes coloridas e relacioná-las aos números correspondentes. A necessidade de apoio constante evidencia o papel essencial da mediação docente no processo inclusivo conforme Mantoan (2015) e Vygotsky (1998).

Destacou-se pelo entusiasmo com os elementos lúdicos do simulador, como os sons e feedbacks do simulador, porém com baixo desempenho conceitual. Apesar de reagir de forma divertida (“*Levei na cara!*”), a dificuldade em identificar numerador e denominador e em realizar registros escritos revelou forte dependência da mediação docente

O caso confirma o alerta de Moran (2018) de que a tecnologia não garante, por si só, a aprendizagem e precisa estar vinculada a estratégias pedagógicas estruturadas. Além disso, reforça os achados de Batista (2021), que, ao analisar tecnologias digitais como recursos educacionais para inclusão de crianças com TEA, enfatiza que a seleção e o uso desses recursos devem considerar as características e necessidades específicas desse público, de modo a favorecer sua participação e aprendizagem.

O Gráfico 3 mostra os dados retirados da ficha de observação da professora, que contém como o aluno se comportou, pontos importantes e relevantes de cada aluno durante a atividade:



Fonte: Elaboração própria (2025).

Como dito, o aluno teve muita dificuldade em representar a fração no papel, o que causou desconforto e ansiedade.

Aluno 4 – 9º ano

O Aluno 4 interagiu de forma autônoma com o simulador e mostrou familiaridade prévia com o recurso. Contudo, suas produções escritas revelaram falhas em compreender a noção de “todo” e de equivalências.

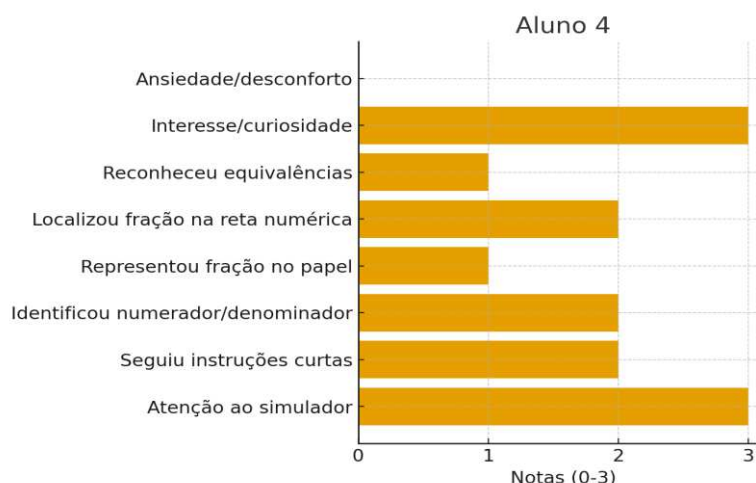
Iniciou a atividade com confiança, afirmando já conhecer o simulador. Essa familiaridade, entretanto, gerou uma postura de menor abertura às intervenções da pesquisadora. No vídeo, observou-se que ele tendia a contar linhas em vez de partes ao dividir figuras geométricas, o que ocasionava erros recorrentes.

Em diferentes momentos, precisou de apoio para compreender que o denominador indica o número total de partes, e o numerador, quantas devem ser coloridas. Houve progresso quando conseguiu verbalizar corretamente: “*em cima é numerador, embaixo é denominador*”.

A capacidade de interpretar visualmente as representações sugere bom domínio da etapa concreta e transição para o pensamento simbólico em consonância com a sequência CRA proposta por Yakubova *et al.* (2016). Durante as comparações entre frações na reta numérica, o aluno verbalizou suas hipóteses e justificativas, indicando internalização do raciocínio matemático e autorregulação da aprendizagem, elementos valorizados por Vygotsky (1998) e observados também nas experiências relatadas por Silva *et al.* (2024) sobre o uso de tecnologias assistivas.

O Gráfico 4 mostra os dados retirados da ficha de observação da professora, que contém como o aluno se comportou, pontos importantes e relevantes de cada aluno durante a atividade:

Gráfico 4 – Gráfico referente ao Aluno 4



Fonte: Elaboração própria (2025).

Apesar de não sentir nenhuma ansiedade e desconforto durante a atividade e se manter interessado até o final, tal circunstância não garantiu que conseguisse realizar toda a avaliação final.

A análise conjunta dos quatro alunos evidencia que o simulador *Fractions: Intro* promoveu um ambiente de aprendizagem dinâmico e acessível, possibilitando diferentes níveis de mediação conforme as necessidades individuais.

O caráter visual e interativo do recurso favoreceu o engajamento, a compreensão conceitual e o desenvolvimento de autonomia em consonância com os pressupostos de Santos e Oliveira (2020) sobre o potencial dos RED na construção de significados matemáticos. De modo geral, observou-se que a combinação entre a ação exploratória dos alunos, a mediação docente e o *feedback* visual do RED contribuiu para ampliar a compreensão da estrutura fracionária, confirmando o papel dos recursos digitais como instrumentos mediadores de práticas inclusivas no ensino de Matemática.

5.2.2 PhET *Build a Fraction*

O segundo recurso analisado foi o *Build a Fraction*, também pertencente à plataforma PhET, utilizado em momento posterior da sequência didática. Enquanto o primeiro simulador teve foco introdutório, este segundo foi proposto com o objetivo de aprofundar a compreensão de equivalência e composição de frações, favorecendo a generalização dos conceitos já explorados.

A seguir, são apresentadas as análises referentes à utilização do *Build a Fraction* pelos quatro alunos participantes da pesquisa.

Aluno 1 – 6º ano

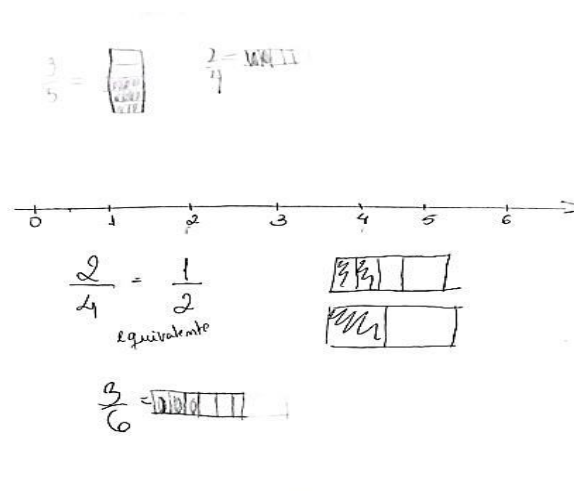
O Aluno 1 manteve o comportamento exploratório observado na utilização do *Fractions: Intro*, demonstrando curiosidade em montar diferentes frações e verificar o resultado visual. Essa atitude ativa confirma o potencial motivacional dos recursos digitais descrito por Moran (2018).

Durante as tentativas iniciais, o aluno construiu corretamente frações simples (como $1/2$ e $3/4$), reconhecendo as proporções entre partes coloridas e o todo. No entanto, apresentou hesitação diante das equivalências, necessitando de mediação da professora.

Ao receber orientações, o aluno percebeu que $2/4$ correspondia a $1/2$, o que evidencia avanço na compreensão da equivalência fracionária e demonstra a importância do *feedback* visual do simulador conforme discutido por Ledbetter-Cho et al. (2023).

Já a Imagem 5 representa a produção do aluno durante o segundo momento da atividade, na avaliação final, em que cada aluno deveria responder a 2 perguntas sobre o tema proposto como fim de avaliação do conteúdo:

Imagem 5 – Registro do referente ao Aluno 1



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Descrição da imagem: Registro gráfico produzido pelo Aluno 1 em folha de papel. A imagem apresenta representações de frações por meio de desenhos de retângulos parcialmente preenchidos, anotações numéricas de frações e uma reta numérica com marcações. Observam-se tentativas de representação de equivalências fracionárias, associação entre forma pictórica e numérica e registros escritos próximos aos desenhos.

O Aluno 1 registrou diferentes representações de frações: retângulos divididos, reta numérica e comparações ($2/4 = 1/2$; $3/6$). A escrita é mais simples, com menos símbolos algébricos, mas demonstra claramente a ideia de equivalência. O uso da palavra equivalente, mostra que ele internalizou o vocabulário matemático.

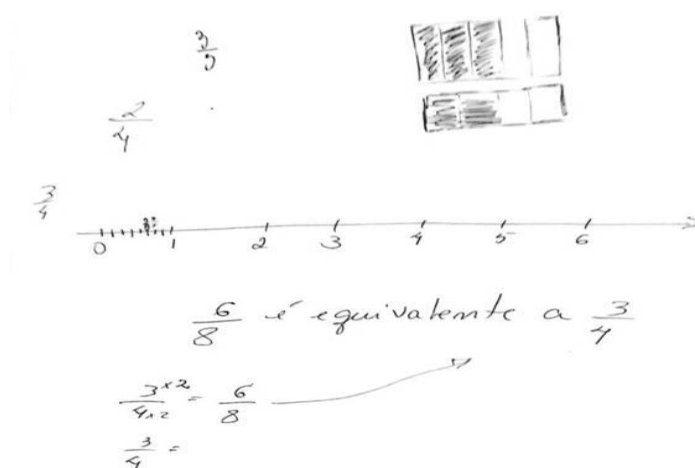
Aluno 2 – 8º ano

O Aluno 2 iniciou a atividade com auxílio constante da professora, mostrando dificuldade em associar as partes visuais às representações numéricas. A mediação foi fundamental para que compreendesse o papel do numerador e do denominador na construção das frações.

Gradualmente, o aluno conseguiu montar frações simples e identificar quando o resultado era incorreto, reagindo positivamente ao *feedback* imediato do simulador. Segundo Santos e Oliveira (2020), o uso de RED potencializa a autonomia e o engajamento quando o estudante é conduzido a refletir sobre seus erros e acertos, situação observada neste caso. Ao final, o discente demonstrou melhora na leitura simbólica e maior segurança ao manipular o simulador, indicando avanço dentro de sua zona de desenvolvimento proximal (Vygotsky, 1998).

Por sua vez, a Imagem 6 a seguir representa a produção do aluno durante o segundo momento da atividade, na avaliação final, em que se deveria responder a 2 perguntas sobre o tema proposto como fim de avaliação do conteúdo:

Imagem 6 – Registro referente ao Aluno 2



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Descrição da imagem: Registro gráfico produzido pelo Aluno 2 em folha de papel. A imagem contém desenhos de retângulos divididos em partes iguais, alguns parcialmente preenchidos, anotações de frações e uma reta numérica com marcações. Há registros escritos que indicam comparações e equivalências entre frações, bem como tentativas de posicionamento dessas frações na reta numérica.

O registro escrito mostra que, apesar de insegurança e ansiedade inicial, o aluno 2 conseguiu representar as frações de forma adequada, ainda que com alguns traços incompletos. Isso demonstra que o RED facilitou a construção do conceito, mas que a transposição para o registro simbólico ainda demanda mediação e prática.

Aluno 3 – 8º ano

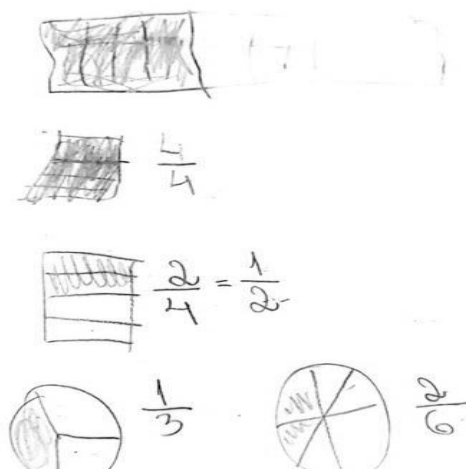
O Aluno 3 apresentou oscilações na atenção e necessitou de reorientações frequentes para manter o foco. Apesar disso, mostrou-se interessado em colorir as figuras e testar combinações. O uso do *Build a Fraction* proporcionou a esse aluno a oportunidade de compreender as relações entre as partes e o todo de forma mais concreta.

Durante a mediação, a professora incentivou o estudante a verbalizar o que observava, o que contribuiu para a construção linguística do conceito de fração. Essa interação reforça a visão de Silva *et al.* (2024) de que a tecnologia assistiva pode servir como suporte comunicativo e cognitivo para alunos com TEA.

Ainda que apresentasse lentidão no raciocínio, o aluno conseguiu montar corretamente algumas frações, demonstrando indícios de compreensão conceitual e resposta positiva à intervenção mediada.

Já a Imagem 7 representa a produção do aluno durante o segundo momento da atividade, em que se deveria responder a 2 perguntas sobre o tema proposto, como fim de avaliação do conteúdo:

Imagem 7 – Registro referente ao Aluno 3



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Descrição da imagem: Registro gráfico produzido pelo Aluno 3 em folha de papel. A imagem apresenta representações de frações por meio de figuras geométricas, incluindo retângulos e círculos divididos em partes iguais, alguns setores preenchidos. Também há anotações numéricas de frações próximas às figuras, indicando diferentes formas de representação do mesmo conceito.

O Aluno 3 trabalhou as equivalências e o registro de frações de forma correto, porém mostrou muito esforço em associar diferentes representações, retângulos e círculos por exemplo. Essa variação de modelos, significa que ele ampliou a noção de fração além do retângulo subdividido, um ponto importante na construção do conhecimento de frações.

Aluno 4 – 9º ano

O Aluno 4 apresentou desempenho consistente e autônomo na utilização do simulador. Desde o início, demonstrou facilidade para construir frações e relacioná-las às representações numéricas. Ainda realizou associações corretas e explorou espontaneamente diferentes possibilidades, buscando representar frações equivalentes.

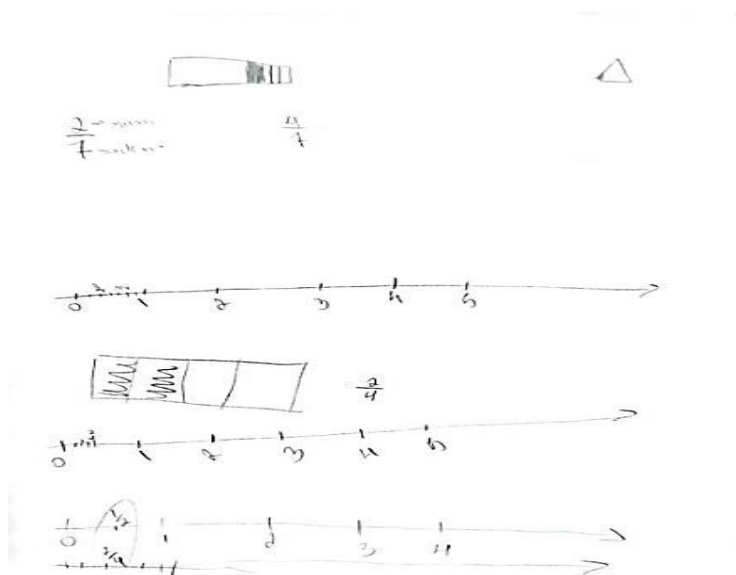
Sua postura ativa confirma as observações de Moran (2018) sobre o potencial dos ambientes digitais em promover protagonismo e engajamento. Além disso, sua capacidade de justificar as construções indica o avanço para o nível abstrato da sequência CRA, conforme Yakubova *et al.* (2016). A professora interveio apenas para propor novos desafios, reforçando a importância da mediação como suporte e não como dependência, em sintonia com os princípios defendidos por Vygotsky (1998).

Ao trabalhar frações na reta numérica, localizou corretamente “ $2/7$ ” e “ $4/7$ ” após mediação, conseguindo visualizar a sequência de subdivisões. O mesmo ocorreu ao comparar frações equivalentes, quando identificou que “ $2/4$ ” e “ $1/2$ ” ocupavam a mesma posição na reta.

Apesar dessas conquistas pontuais, o aluno apresentou dificuldade persistente em representar graficamente o todo e suas partes proporcionais no papel, limitando a consolidação do conceito.

Em suas próprias palavras, revelou cansaço no decorrer da atividade: “*Estou cansado hoje... o pior é que hoje tem psicólogo*”, o que pode ter influenciado na execução escrita. A Imagem 8 a seguir representa a produção do aluno durante o segundo momento da atividade, na avaliação final, em que cada aluno deveria responder a 2 perguntas sobre o tema proposto, como fim de avaliação do conteúdo:

Imagem 8 – Registro referente ao Aluno 4



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Descrição da imagem: Registro gráfico produzido pelo Aluno 4 em folha de papel. A imagem apresenta desenhos de retângulos fracionados, marcações em retas numéricas e anotações de frações. Observam-se diferentes tentativas de representar frações por meio de áreas preenchidas e de sua localização na reta numérica.

O registro escrito do Aluno 4 mostra um trabalho mais disperso: representações na reta numérica, alguns desenhos de parte-todo e a fração $2/4$. Ele utilizou mais a reta, tentando localizar as diferentes frações, mas com marcações irregulares. Isso sugere que o discente compreendeu a ideia de fração como número, mas ainda encontra dificuldade em organizar a reta de modo proporcional. A presença de várias tentativas na mesma folha mostra o empenho em testar hipóteses, ainda que com necessidade de mediação constante.

A análise dos dados referentes ao uso do *Build a Fraction* evidencia que o recurso potencializou a compreensão das relações entre numerador, denominador e equivalência, contribuindo para a consolidação dos conceitos trabalhados no *Fractions: Intro*.

A associação entre a representação visual e a forma numérica permitiu aos alunos avançar na compreensão simbólica, reafirmando o papel dos RED como mediadores no processo de ensino-aprendizagem de Matemática.

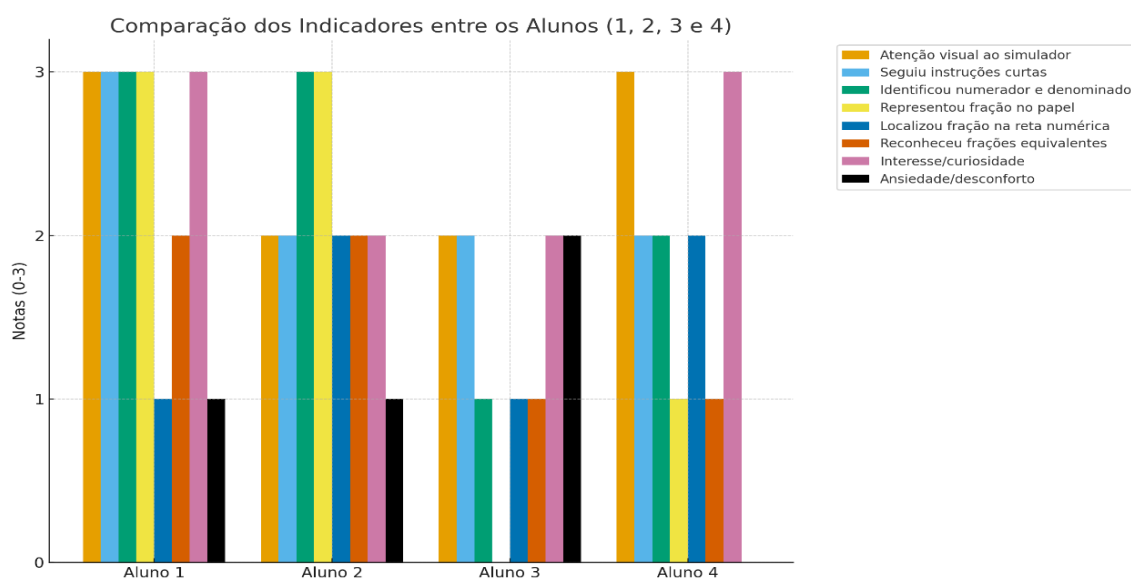
De modo geral, observou-se que o RED promoveu a experimentação ativa, o raciocínio visual e a autonomia progressiva dos participantes, corroborando os estudos de Santos e

Oliveira (2020) e Ledbetter-Cho *et al.* (2023), que ressaltam a importância das tecnologias digitais no desenvolvimento cognitivo e social de alunos com TEA. Assim, o *Build a Fraction* mostrou-se um instrumento complementar ao *Fractions: Intro*, fortalecendo a relação entre ação, representação e simbolização na aprendizagem de frações.

5.2.3 Resultados gerais

O gráfico comparativo geral visto a seguir (Gráfico 5) evidencia as diferenças de desempenho, tornando visível como cada indicador variou entre os alunos, mas também como o engajamento foi uma constante positiva:

Gráfico 5 – Gráfico comparativo com os 4 alunos



Fonte: Elaboração própria (2025).

O gráfico comparativo dos quatro alunos permite visualizar, de forma sintética, os padrões de desempenho nos diferentes indicadores avaliados. De modo geral, observa-se que todos os estudantes apresentaram notas mais altas nos aspectos ligados ao engajamento inicial com o simulador, evidenciando que os RED despertaram motivação e favoreceram o envolvimento com a tarefa.

No entanto, quando se analisam os indicadores de maior complexidade conceitual, como “Localizou fração na reta numérica” e “Reconheceu frações equivalentes”, os resultados são mais baixos e heterogêneos, indicando que o desafio não está no uso da ferramenta em si, mas

na apropriação de conceitos matemáticos abstratos. Esse dado converge com os apontamentos de Silva (2021) e Batista (2021), que ressaltam a necessidade de mediação docente consistente para transformar o potencial tecnológico em aprendizagem significativa.

Outro aspecto relevante é que o Aluno 1 (6º ano) e o Aluno 4 (9º ano) apresentaram maior estabilidade entre os indicadores, com destaque para o interesse e a autonomia, embora o último tenha mostrado lacunas conceituais na noção de “todo” e equivalência. O Aluno 2 (8º ano) obteve bom desempenho em numerador/denominador e representações gráficas, mas apresentou sinais de ansiedade que impactaram sua participação. Já o Aluno 3 (8º ano) destacou-se pelo entusiasmo lúdico, mas teve baixo rendimento conceitual, exemplificando o risco de que o RED seja utilizado mais como jogo do que como recurso pedagógico (Moran, 2018).

Portanto, a análise geral confirma que os RED são eficazes para estimular a participação, a atenção e a curiosidade dos estudantes com TEA, mas ainda requerem mediações didáticas planejadas, atividades complementares no papel e acompanhamento próximo para que os conceitos matemáticos, especialmente frações e suas representações na reta numérica, sejam plenamente consolidados.

Uma análise interessante é sobre os registros escritos de cada aluno. As produções escritas indicam que todos avançaram na compreensão de frações com relação da parte-todo, em diferentes níveis, e desenvolveram a noção de frações equivalentes:

- **Aluno 1** consolidou a equivalência de forma mais intuitiva, utilizando representações visuais claras e associando conceitos à escrita matemática;
- O **Aluno 2** destacou-se na tentativa de formalização algébrica (multiplicação de numerador e denominador), ainda que com dificuldade na reta numérica;
- O **Aluno 3** ampliou o repertório de representação ao empregar tanto círculo quanto retângulo, mostrando flexibilidade no conceito;
- E, por fim, o **aluno 4**, demonstrou compreensão parcial ao trabalhar reta numérica, mas revelou dificuldade em manter a proporcionalidade, necessitando de maior intervenção.

De modo geral, a experiência mostra que a combinação de simulação digital (PhET), apoio visual (cores, figuras) e registro escrito, potencializa a aprendizagem, pois permite que os alunos transitem do concreto para o simbólico, cada um ao seu ritmo. O processo também

evidencia a importância da mediação docente que ajuda a oferecer sentido as representações e corrige imprecisões no registro.

5.3 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

Os resultados desta pesquisa validam os achados já apontados pela RSL, confirmando que os RED podem atuar como ferramentas relevantes de inclusão e acessibilidade no processo de ensino e aprendizagem de estudantes com TEA (Santos; Oliveira, 2020). Observou-se que o engajamento inicial com tais recursos é elevado, o que evidencia seu potencial motivador; entretanto, tal engajamento não garante, por si só, a aprendizagem efetiva, uma vez que exige constante mediação pedagógica (Moran, 2018). Ademais, verificou-se que determinados conceitos matemáticos, como as equivalências e a reta numérica, permanecem desafiadores para os alunos, mesmo em contextos mediados digitalmente (Silva, 2021). Nesse sentido, a mediação docente se mostrou decisiva para que os RED pudessem promover avanços significativos, reforçando a concepção sociocultural de Vygotsky (1998) segundo a qual a aprendizagem se concretiza por meio da interação e da intervenção pedagógica intencional.

As maiores dificuldades encontradas pelos alunos relacionaram-se a conceitos de maior abstração, como a reta numérica e as equivalências de frações. Tais desafios já haviam sido destacados por Silva (2021), bem como por Silva *et al.* (2024), que, ao trabalharem com o simulador PhET em Sobral (CE), verificaram avanços no entendimento de frações, mas também ressaltaram a necessidade de estratégias diferenciadas para lidar com as especificidades cognitivas de estudantes com TEA. Do mesmo modo, os estudos de Yakubova *et al.* (2016) e Yakubova *et al.* (2024) reforçam que o apoio visual e o uso de modelagem em vídeo ou manipulativos digitais favorecem a compreensão, mas apenas quando associados a sequências didáticas graduais, como a CRA¹⁵.

Outro aspecto relevante identificado foi a variação nos níveis de autonomia entre os participantes. Enquanto alguns conseguiram realizar determinadas tarefas com menor apoio, outros necessitaram de constante mediação docente. Essa heterogeneidade confirma os achados de Ledbetter-Cho *et al.* (2023), que evidenciam o impacto positivo de cronogramas de

¹⁵ Abordagem Concreta-Representacional-Abstrata (CRA) baseada nos autores Yakubova *et al.* (2016) e Ledbetter-Cho *et al.* (2023).

atividades com modelagem em vídeo (VAS-VM¹⁶) na promoção da independência, embora ressaltem que a eficácia está vinculada à atuação do professor. Tal resultado também encontra ressonância na dissertação de Nascimento (2018), cuja pesquisa revelou que o uso de *softwares* educativos somente promoveu aprendizagem significativa do sistema de numeração decimal quando mediado pela interação entre aluno, recurso digital e docente.

Além disso, em alguns casos, foi possível observar episódios de ansiedade que interferiram no desempenho, sobretudo diante de tarefas que exigiam maior abstração. Esse dado converge com as considerações de Grandin e Panek (2014), que chamam atenção para a relevância de aspectos emocionais e sensoriais no processo de aprendizagem de pessoas com TEA. Nesse sentido, o estudo de Mohd *et al.* (2020), ao propor um ambiente de aprendizagem baseado em jogos, ressalta justamente a importância de formatos lúdicos e estruturados para reduzir o estresse e ampliar o engajamento.

Em síntese, a análise dos quatro alunos confirma que os RED são ferramentas valiosas para motivar, engajar e promover acessibilidade no ensino de Matemática a estudantes com TEA. Contudo, sua eficácia depende de uma mediação docente intencional, capaz de converter a motivação inicial em aprendizagem efetiva. Esse achado converge com diferentes trabalhos da literatura internacional e nacional (Yakubova *et al.*, 2016; Munoz *et al.*, 2018; Nascimento, 2018; Mohd *et al.*, 2020; Ledbetter-Cho *et al.*, 2023; Yakubova *et al.*, 2024; Silva *et al.*, 2024), que apontam a necessidade de estratégias pedagógicas planejadas, fundamentadas em teorias de aprendizagem e apoiadas por recursos tecnológicos inclusivos.

Dessa forma, a experiência empírica relatada nesta dissertação fortalece a compreensão de que a tecnologia, embora potente, só se torna transformadora quando articulada à mediação, à intencionalidade pedagógica e à sensibilidade frente às singularidades dos alunos.

A análise dos resultados revelou contribuições relevantes para a prática pedagógica. O uso dos RED se mostrou eficaz não apenas como ferramenta de motivação, mas também como recurso de acessibilidade, favorecendo a participação ativa dos alunos nas atividades propostas.

As fichas de observação e os registros de vídeo desempenharam papel fundamental ao permitir a identificação de nuances de engajamento e de dificuldades, enriquecendo a compreensão sobre o processo de aprendizagem. Ademais, a valorização das falas dos discentes possibilitou identificar estratégias próprias de construção de significado, reforçando a importância de dar voz ao estudante no contexto educativo.

¹⁶ *Video-Enhanced Activity Schedules with Video Modeling*, que pode ser traduzido como “Cronogramas de Atividades com Vídeos Incorporados e Modelagem por Vídeo”, uma ferramenta pedagógica baseada em tecnologia que combina os dois recursos, baseado nos autores Ledbetter-Cho *et al.* (2023).

Apesar dessas limitações, os resultados obtidos demonstram que o uso de simuladores digitais, quando associado a uma mediação pedagógica intencional e sensível às necessidades dos alunos, representa uma estratégia promissora para o ensino de Matemática a estudantes com TEA.

5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Os resultados desta pesquisa evidenciam que o uso de RED no ensino de Matemática para alunos com TEA apresenta contribuições significativas, mas também desafios importantes. De modo geral, constatou-se que os RED promovem alto engajamento inicial e funcionam como ferramentas de acessibilidade e inclusão, favorecendo a participação ativa dos estudantes e despertando a curiosidade em torno dos conteúdos matemáticos. Entretanto, verificou-se que o engajamento, embora relevante, não garante por si só a aprendizagem, sendo indispensável a mediação pedagógica intencional.

As análises também confirmaram que determinados conceitos matemáticos, sobretudo aqueles de maior abstração, como as equivalências de frações e a reta numérica, permaneceram como pontos de dificuldade recorrente. Nesse sentido, a presença do professor como mediador foi decisiva, corroborando a perspectiva sociocultural de Vygotsky, bem como as evidências apresentadas pela literatura revisada. Outro aspecto a destacar foi a variação no nível de autonomia entre os alunos, que refletiu a necessidade de intervenções diferenciadas e personalizadas. Episódios de ansiedade também foram observados, demonstrando que dimensões emocionais e sensoriais precisam ser consideradas no planejamento das práticas pedagógicas com alunos com TEA.

Assim, esta investigação reforça que a tecnologia, quando articulada à intencionalidade pedagógica e à sensibilidade docente, constitui um recurso potente para favorecer aprendizagens significativas em Matemática. As fichas de observação e registros utilizados mostraram-se úteis para captar nuances de engajamento, dificuldades e estratégias próprias de construção de sentido, elementos que enriquecem a compreensão sobre os processos de aprendizagem.

Esses achados fundamentam a elaboração do Produto Educacional, apresentado no capítulo seguinte, que se configura como uma proposta prática destinada a professores e educadores. Tal produto organiza as diretrizes e recomendações construídas a partir da pesquisa e da RSL, com o objetivo de apoiar a implementação de práticas pedagógicas mais inclusivas e eficazes no ensino de Matemática para alunos com TEA.

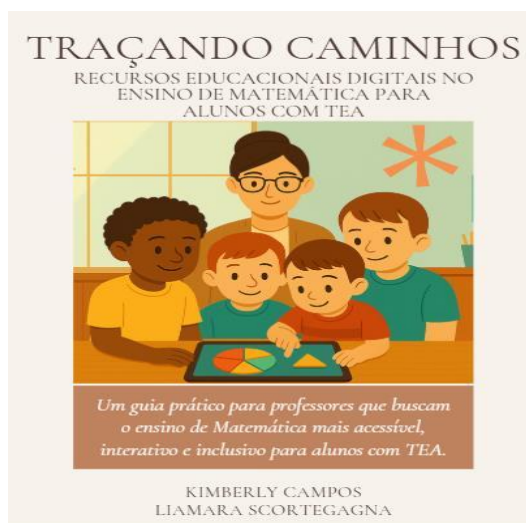
6 PRODUTO EDUCACIONAL “TRAÇANDO CAMINHOS: RECURSOS EDUCACIONAIS DIGITAIS NO ENSINO DE MATEMÁTICA PARA ALUNOS COM TEA”

A partir das análises desenvolvidas no capítulo anterior, tornou-se evidente a necessidade de organizar as contribuições desta pesquisa em um material prático que auxilie professores e educadores no processo de ensino de Matemática para alunos com TEA. Os resultados obtidos indicaram tanto o potencial dos RED em promover engajamento e acessibilidade quanto os desafios enfrentados pelos estudantes em relação a conceitos abstratos, à variação nos níveis de autonomia e às questões emocionais e sensoriais observadas durante as atividades.

Nesse sentido, o Produto Educacional proposto configura-se como um *e-book* que reúne diretrizes e recomendações pedagógicas fundamentadas nos achados empíricos desta investigação e na RSL realizada. O objetivo é oferecer aos docentes um guia acessível, organizado e aplicável, que contribua para o planejamento e a execução de práticas pedagógicas inclusivas, favorecendo o uso intencional dos RED no ensino da Matemática.

6.1 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O Produto Educacional, intitulado “*Traçando Caminhos: Recursos Educacionais Digitais no Ensino de Matemática para Alunos com TEA*”, consiste em um *e-book* voltado a professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental. O material tem como foco o uso de RED, especialmente os simuladores da plataforma PhET, como estratégia para potencializar o ensino e a aprendizagem de frações com alunos com TEA. A seguir, na Imagem 9, apresentamos a capa do *e-book*:

Imagem 9 – Capa do *e-book* “Traçando Caminhos”

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Descrição da imagem: Capa do e-book intitulado “Traçando Caminhos: Recursos Educacionais Digitais no Ensino de Matemática para Alunos com TEA”. A imagem apresenta uma ilustração com quatro crianças reunidas em torno de uma mesa, interagindo de forma colaborativa. As crianças possuem diferentes características físicas, representando diversidade. Ao fundo, há elementos gráficos simples em tons suaves. Na parte inferior da capa, consta o subtítulo que indica tratar-se de um guia prático para professores que buscam o ensino de matemática mais acessível, inclusivo e interativo para alunos com TEA, bem como o nome da autora.

O *e-book* se inicia pela seção “Carta ao professor” (Imagem 10), que estabelece um diálogo afetivo e motivador com o leitor, destacando o propósito do material e o vínculo com a prática docente e a pesquisa desenvolvida no mestrado. A linguagem é acolhedora, buscando aproximar teoria e cotidiano escolar:

Imagem 10 – Carta introdutória ao(à) professor(a)



Carta ao professor

Este e-book, intitulado "Traçando Caminhos: Recursos Educacionais Digitais no Ensino de Matemática para Alunos com TEA", foi pensado especialmente para você, que deseja tornar suas aulas de Matemática mais acessíveis, envolventes e inclusivas. Mais do que um produto acadêmico, este material nasce da vivência prática de uma das autoras na sala de aula e está diretamente vinculado à dissertação desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Universidade Federal de Juiz de Fora (PPGEM/UFJF).

A partir da observação e da escuta atenta às necessidades dos estudantes com Transtorno do Espectro Autista (TEA), surgiu a inquietação que deu origem à pesquisa e, por consequência, a este Produto Educacional.

Aqui você encontrará propostas simples e aplicáveis, pensadas para o Ensino Fundamental, com foco na utilização de Recursos Educacionais Digitais (RED), especialmente os simuladores PhET, como estratégia para potencializar a aprendizagem matemática de forma interativa, visual e significativa. Este guia não pretende oferecer respostas prontas. Pelo contrário: ele é um convite à experimentação, à criação e à personalização.

Desejamos que este material te inspire a construir novos caminhos e renove a certeza de que o seu olhar pedagógico transforma realidades.

Ensinar Matemática é abrir possibilidades, e quando o fazemos com intencionalidade, tecnologia e sensibilidade, promovemos uma educação verdadeiramente inclusiva.

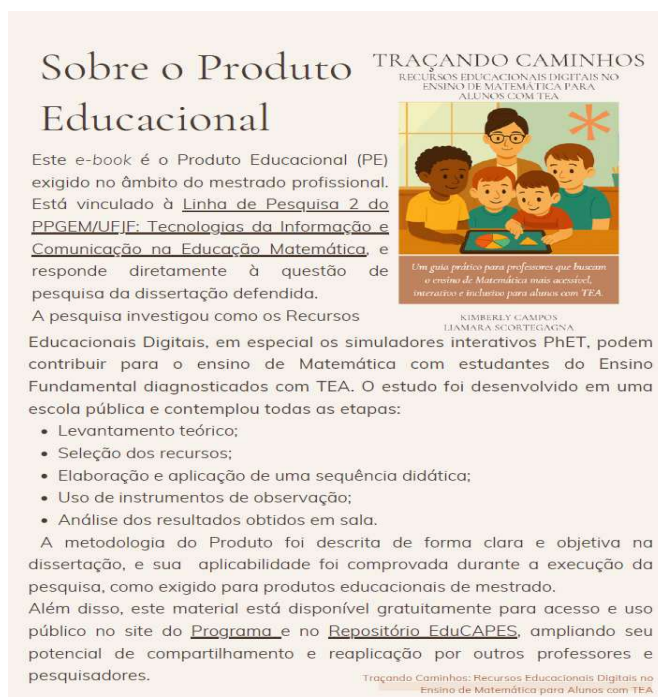
Kimberly Campos e Lianora Scortelegna

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Descrição da imagem: Página inicial da carta ao professor que integra o e-book “Traçando Caminhos”. Na parte superior, há uma ilustração com uma mão segurando um lápis sobre formas geométricas coloridas. Abaixo, aparece o título “Carta ao professor” e um texto explicativo que apresenta o objetivo do produto educacional, destacando seu foco no ensino de matemática para alunos com Transtorno do Espectro Autista por meio de recursos educacionais digitais, com ênfase em práticas acessíveis e inclusivas. Ao final do texto, consta a assinatura da autora.

Em seguida, introduz a proposta do guia (Imagem 11), destacando sua origem na vivência docente e seu vínculo com o PPGEM/UFJF. A seção “Sobre o Produto Educacional” explica a natureza do material, sua relação com a dissertação e as etapas da pesquisa que lhe deram origem:

Imagem 11 – Sobre o Produto Educacional “Traçando Caminhos”



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Descrição da imagem: Página do e-book intitulada “Sobre o Produto Educacional”. A imagem apresenta um texto explicativo que contextualiza o produto “Traçando Caminhos” como resultado de uma pesquisa de mestrado profissional, descrevendo seus objetivos, público-alvo e contribuição para o ensino de matemática na perspectiva da educação inclusiva. À direita, há uma ilustração com crianças representando diversidade. O layout utiliza cores suaves e organização textual em blocos.

Mais adiante, o *e-book* apresenta sua estrutura de forma clara e visual (Imagem 12), destacando os principais componentes: embasamento teórico, simuladores utilizados, sequência didática, ficha de observação, orientações pedagógicas, dicas práticas e leituras recomendadas. Essa divisão facilita o uso autônomo pelo docente e serve como guia de implementação:

Imagem 12 – Estrutura geral do *e-book*



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Descrição da imagem: Página do e-book que apresenta a estrutura geral do material. O texto descreve o e-book como um guia prático, organizado em seções que incluem embasamento teórico, descrição dos recursos educacionais digitais, planejamento da sequência didática e orientações para aplicação. Ao lado do texto, há uma ilustração com caderno, folhas, xícara e elementos gráficos, remetendo ao planejamento pedagógico. A página utiliza cores claras e disposição equilibrada entre texto e imagem.

O embasamento teórico (Imagem 13) traz uma síntese sobre o Transtorno do Espectro Autista e os Recursos Educacionais Digitais, contextualizando a importância de práticas inclusivas e tecnológicas no ensino de Matemática:

Imagem 13 – Seção “Breve Embasamento Teórico”



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Descrição da imagem: Página do e-book identificada como a seção “Breve embasamento teórico”. No centro da imagem, há o número “01” indicando a primeira seção do material. Abaixo, aparece o título da seção e um breve texto introdutório que destaca a importância do embasamento teórico para a compreensão do uso de recursos educacionais digitais no ensino de matemática para alunos com TEA. A página contém ícones ilustrativos relacionados ao conhecimento e à análise de dados.

A página seguinte apresenta uma explicação introdutória sobre o TEA, sua classificação, bem como sobre a Lei nº 12.764/2012 – Lei Berenice Piana e o Censo Escolar 2024, o qual informa o crescimento da presença de alunos com TEA nas escolas. Em seguida, os RED são contextualizados como ferramentas pedagógicas que favorecem a aprendizagem ativa e visual, em especial para alunos que se beneficiam de estímulos concretos e previsíveis, com bases em autores como Kenski (2012) e Yakubova *et al.* (2016).

Na sequência (Imagem 14), é descrita a plataforma *PhET Interactive Simulations*, destacando sua interface acessível, visual limpa e adequação às necessidades de estudantes com TEA:

Imagem 14 – Seção “A tecnologia utilizada – Plataforma PhET”



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

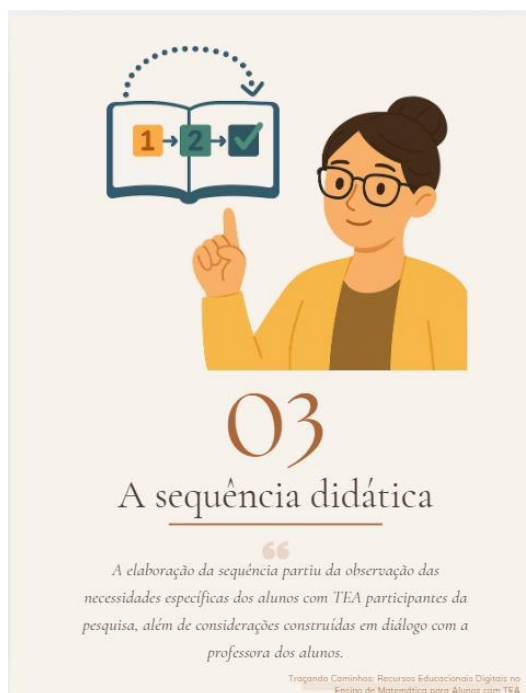
Descrição da imagem: Página do e-book identificada como a seção “A tecnologia utilizada – Plataforma PhET”, indicada pelo número “02”. A página apresenta um breve texto introdutório que contextualiza o uso da plataforma PhET como recurso educacional digital no ensino de matemática para alunos com Transtorno do Espectro Autista. Abaixo do texto, aparece o logotipo da plataforma PhET Interactive Simulations. O layout utiliza cores claras e organização centralizada.

Nas páginas seguintes, são apresentados e descritos os dois simuladores utilizados na pesquisa:

- RED 1 – *Fractions: Intro*, que introduz a fração como parte de um todo;
- RED 2 – *Build a Fraction*, que aprofunda o conceito de equivalência entre frações.

Por sua vez, a Sequência Didática é o núcleo do Produto (Imagem 15). Organizada a partir de Dolz e Schneuwly (2004) e dos princípios da abordagem Concreta–Representacional–Abstrata (CRA), contempla cinco etapas: acolhida, exploração guiada, registro gráfico, jogo de equivalência e formalização conceitual:

Imagem 15 – Seção “A Sequência Didática”



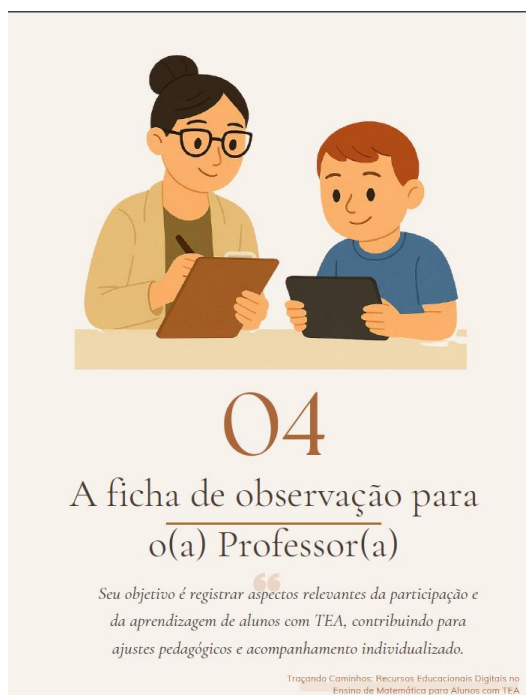
Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Descrição da imagem: Página do e-book identificada como a seção “A sequência didática”, indicada pelo número “03”. Na parte superior, há uma ilustração de uma professora apontando para um livro aberto com ícones que representam etapas de aprendizagem. Abaixo, consta um texto introdutório que apresenta a sequência didática como elemento central do material, descrevendo sua organização e aplicação com estudantes participantes da pesquisa. A página utiliza cores suaves e disposição equilibrada entre texto e ilustração.

Nessa seção, também são apresentadas a proposta prática desenvolvida, explicações sobre cada etapa da sequência e fotos. As subseções seguintes, “Orientações para aplicação da sequência”, “Avaliação da aprendizagem” e “Dicas para o(a) professor(a)”, detalham a forma de implementação, critérios de observação e estratégias inclusivas.

Logo após, a seção “Ficha de Observação” (Imagem 16) é apresentada como instrumento de registro e acompanhamento do progresso dos alunos com TEA. Inclui indicadores como atenção visual, compreensão de instruções, identificação de numerador e denominador, bem como sinais de desconforto ou ansiedade:

Imagem 16 – Seção “Ficha de Observação”

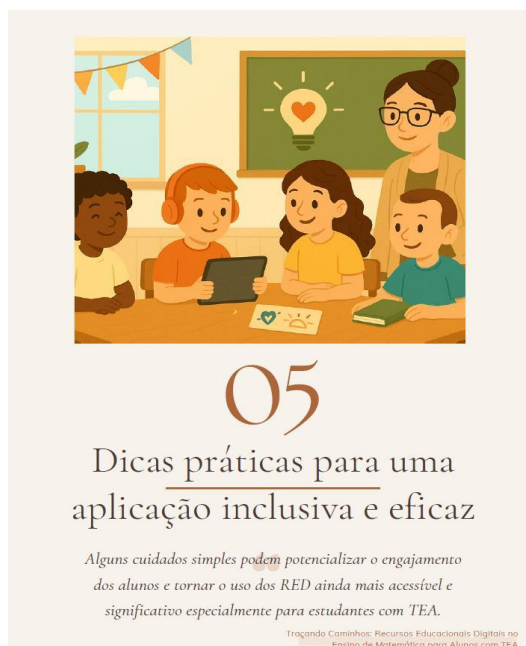


Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Descrição da imagem: Página do e-book identificada como a seção “A ficha de observação para o(a) professor(a)”, indicada pelo número “04”. A imagem apresenta uma ilustração de uma professora e uma criança utilizando dispositivos digitais. Abaixo da ilustração, há um texto explicativo que descreve a ficha de observação como instrumento para registrar aspectos relevantes da participação e aprendizagem dos alunos durante as atividades propostas. O layout é simples, com cores claras.

O material apresenta “Dicas práticas para uma aplicação inclusiva e eficaz” (Imagem 17), que reúne orientações objetivas para potencializar o uso dos RED.

Imagem 17 – Seção “Dicas práticas para uma aplicação inclusiva e eficaz”



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Descrição da imagem: Página do e-book identificada como a seção “Dicas práticas para uma aplicação inclusiva e eficaz”, indicada pelo número “05”. A imagem apresenta uma ilustração de um grupo de crianças reunidas em sala de aula, acompanhadas por uma professora, interagindo com recursos digitais. Abaixo, há um texto introdutório que destaca orientações práticas para o uso dos recursos educacionais digitais de forma inclusiva e significativa com estudantes com TEA.

Ademais, foi incluída a seção “Leituras recomendadas” (Imagem 18), que sugere obras e pesquisas complementares, incluindo a própria dissertação que originou o *e-book*:

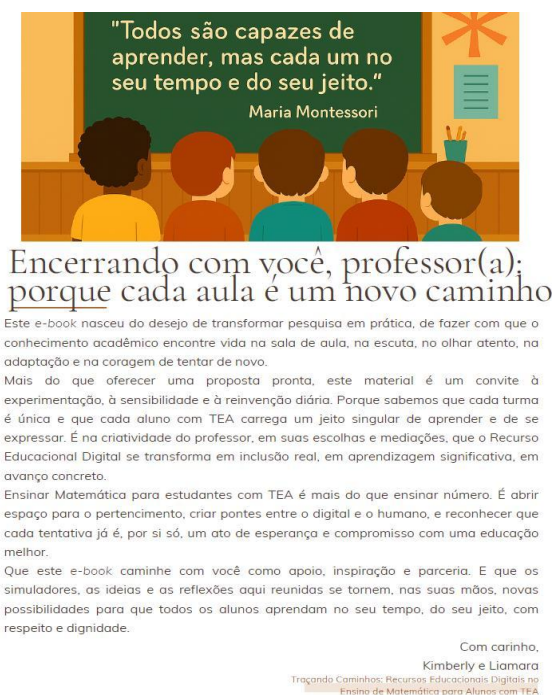
Imagem 18 – Seção “Leituras recomendadas”



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Descrição da imagem: Página do e-book identificada como a seção “Leituras recomendadas”, indicada pelo número “06”. A imagem apresenta uma ilustração de livros empilhados com um pequeno vaso de planta sobre eles. Abaixo, há um texto que indica a seção como espaço destinado à sugestão de leituras que dialogam com o uso de tecnologias educacionais e o ensino de matemática para alunos com Transtorno do Espectro Autista.

Por fim, o texto de encerramento “Com você, professor(a)” (Imagem 19) conclui o guia de forma inspiradora, reafirmando a importância da sensibilidade, tecnologia e inclusão na prática docente pode transformar a sala de aula em um espaço de pertencimento, equidade e aprendizagem significativa:

Imagem 19 – Encerramento do *e-book*

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Descrição da imagem: Página final do e-book “Traçando Caminhos”. A imagem apresenta uma ilustração com crianças e uma professora em sala de aula, acompanhada de uma citação sobre aprendizagem e respeito às diferenças. Abaixo, há um texto de encerramento direcionado ao professor, que reforça a importância de práticas pedagógicas inclusivas, acessíveis e centradas nas potencialidades dos estudantes. Ao final, consta a assinatura da autora

Em síntese, o Produto Educacional sistematiza e transforma em proposta pedagógica as contribuições da pesquisa de campo e da RSL, reafirmando que os RED podem ser instrumentos de inclusão e aprendizagem em Matemática, desde que integrados a uma prática pedagógica intencional, planejada e sensível às especificidades dos alunos com TEA.

O documento completo do Produto Educacional, contendo orientações detalhadas de aplicação, sugestões de mediação, atividades complementares e materiais de apoio, será disponibilizado no Repositório Institucional do PPGEM e na UFJF, garantindo acesso público e possibilidade de replicação em diferentes contextos educacionais.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação teve como objetivo central investigar como os RED podem potencializar o ensino de Matemática para alunos com TEA no Ensino Fundamental I, considerando suas necessidades específicas e buscando promover maior acessibilidade, engajamento e oportunidades de aprendizagem. A partir da RSL, constatou-se que os RED constituem ferramentas promissoras de inclusão, capazes de despertar motivação, favorecer a visualização de conceitos abstratos e ampliar possibilidades de mediação pedagógica. Entretanto, a literatura também revelou a necessidade de mediação docente constante, uma vez que o engajamento inicial promovido pelos recursos não garante, por si só, a aprendizagem significativa.

A pesquisa de campo corroborou esses achados. Ao analisar as experiências de quatro alunos, foi possível identificar padrões importantes:

- o engajamento lúdico e a motivação inicial foram elevados em todos os casos;
- as maiores dificuldades estiveram relacionadas a conteúdos abstratos, como a reta numérica e as equivalências de frações;
- a mediação pedagógica mostrou-se decisiva para que os RED favorecessem avanços na compreensão conceitual;
- aspectos emocionais e sensoriais, como episódios de ansiedade, interferiram no desempenho, reforçando a importância de um olhar integral para o estudante com TEA.

Dessa forma, os resultados confirmaram que a integração dos RED ao ensino de Matemática só alcança seu potencial inclusivo quando associada a práticas pedagógicas intencionais, planejadas e sensíveis às especificidades de cada aluno. A escuta das falas dos estudantes e os registros de observação se mostraram recursos fundamentais para compreender nuances de engajamento e de construção de significados.

Como contribuição prática, foi elaborado um Produto Educacional, em formato de *e-book*, que sistematiza diretrizes e recomendações para professores do Ensino Fundamental I. Esse material integra achados da RSL e da pesquisa de campo, organizando-os em uma proposta que combina fundamentos teóricos e exemplos práticos de aplicação dos RED, especialmente os simuladores PhET. Assim, o produto busca apoiar docentes na implementação de práticas

inclusivas e eficazes, reafirmando o compromisso desta pesquisa em oferecer subsídios aplicáveis à realidade escolar.

Em termos de limitações, destaca-se o número reduzido de participantes, o que não permite generalizações, além da ausência de registros audiovisuais em um dos casos, restringindo a análise. Ainda assim, as evidências reunidas oferecem pistas relevantes para investigações futuras.

Como encaminhamentos de pesquisa, sugere-se ampliar o número de participantes, incluir diferentes etapas escolares e explorar outros tipos de RED, como jogos digitais e softwares adaptativos. Também se recomenda o desenvolvimento de formações continuadas para professores, voltadas ao uso crítico e pedagógico das tecnologias digitais no ensino da Matemática Inclusiva.

Em síntese, esta dissertação reafirma que a tecnologia, quando aliada à mediação docente intencional, representa um caminho promissor para a promoção da Educação Matemática Inclusiva. Mais do que recursos, os RED constituem pontes para aprendizagens significativas, desde que usados como instrumentos de diálogo, experimentação e respeito às singularidades de cada estudante.

Mais do que investigar o uso de tecnologias digitais, esta pesquisa reafirma a convicção de que todo aluno é capaz de aprender, desde que lhe sejam garantidas condições acessíveis, mediação sensível e práticas pedagógicas inclusivas. O percurso aqui desenvolvido mostrou que os RED podem ser mais do que ferramentas de ensino: eles se tornam pontes entre o concreto e o abstrato, entre o desafio e a conquista, entre a diferença e a inclusão.

Apesar dos resultados promissores, reconhece-se que este estudo apresenta limitações inerentes ao seu contexto, como o número reduzido de participantes e o recorte específico de conteúdo matemático abordado. Assim, considera-se pertinente que futuras pesquisas investiguem o uso de RED em outros conteúdos da Matemática, a fim de ampliar a compreensão sobre o potencial inclusivo desses recursos. Também se sugere o aprofundamento de estudos voltados à formação de professores para o uso pedagógico dos RED, fortalecendo práticas docentes que promovam, de forma intencional e planejada, a inclusão e a aprendizagem significativa de todos os estudantes

Que este trabalho inspire outros educadores e pesquisadores a continuar traçando caminhos para uma Educação Matemática que não apenas ensine conteúdos, mas que também acolha, motive e dê voz a cada estudante, reconhecendo sua singularidade e potencial.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PSYCHIATRY ASSOCIATION (APA). **Diagnostic and Statistical Manual of Mental disorders - DSM-5**. 5th.ed. Washington: American Psychiatric Association, 2014.

ANANIADOU, K.; CLARO, M. (2009). **21st century skills and 285 competences for new millennium learners in OECD countries, OECD education**. (Working Papers, 41), OECD Publishing. Disponível em: doi: 10.1787/218525261154. Acesso em: 10 mar. 2025.

ANGROSINO, M. **Etnografia e observação participante**. Tradução José Fonseca. Porto Alegre: Artmed, 2009. 138 p.

ARAGÃO, H. M. C. A. *et al.* **Materiais manipulativos para o ensino de sistema de numeração decimal**. São Paulo: Edições Mathema, 2012.

ASSUMPÇÃO JR, Francisco B.; PIMENTEL, A. M. Autismo infantil. **Brazilian Journal of Psychiatry**, v. 22, p. 37-39, 2000.

AUSTIN, T.; DOUST, R. (2008). **Diseño de nuevos medios de comunicación**. Barcelona: Blume, p. 10-67.

AVILA, B. G. **Comunicação aumentativa e alternativa para o desenvolvimento da oralidade de pessoas com autismo**. 2011. 180f. Dissertação (Mestrado em Educação) _ Faculdade de Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação, UFRGS, Porto Alegre, 2011.

AYUB, P. E agora? Quem era deixou de ser? **Canal Autismo**, São Paulo, 15 mar. 2022, Disponível em: https://www.canalautismo.com.br/artigos/e-agora-quem-era-deixou-de-ser/#google_vignette. Acesso em: 20 mar. 2025.

BAIRRAL, M. A. Pesquisas em educação matemática com tecnologias digitais: algumas faces da interação. **Perspectivas da Educação Matemática**, Campo Grande, v. 8, n. 18, p. 485-505, dez. 2015.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BATISTA, Lourdes Salvador dos Santos. **Tecnologias digitais como recursos educacionais para inclusão de crianças com transtorno do espectro autista**. 2021. 23 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Pedagogia) – Instituto de Humanidades e Letras dos Malês, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, São Francisco do Conde, 2021.

BERSCH, R. Tecnologia assistiva e educação inclusiva. In: BRASIL. **Ensaio Pedagógico**. Brasília: SEESP/MEC, 2006.

BIOTTO FILHO, D. **O desenvolvimento da matemática no trabalho com projetos**. 2008. 100f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) — Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2008.

BITTENCOURT, I. G. S.; FRANCISCO, D. J. (2015). Os efeitos da produção em blog para sujeitos com Transtorno do Espectro Autista. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (SBIE), XXVI, 2015, Maceió. **Anais ...** Maceió: UFAL, 2019.

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

BORBA, M. C; PENTEADO, M. G. **Informática e Educação Matemática.** 5. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2016.

BORBA, M. C; SCUCUGLIA, R. R. S; GADANIDIS, G. **Fases das tecnologias digitais em Educação Matemática.** 2. ed. 1 reimp. Belo Horizonte: Autêntica, 2018.

BORBA; M. D.; SILVA, R. S. R.; GADANIDIS, George. **Fases das tecnologias digitais em educação matemática: sala de aula e internet em movimento.** 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2018. 155 p. (Coleção Tendências em Educação Matemática).

BORGES, L. H. L. **Sequência Didática: a relevância das Tecnologias Educacionais Digitais para o raciocínio lógico-matemático do educando com transtorno do espectro autista (TEA).** 2020. 114f. Dissertação (Mestrado Profissional em Novas Tecnologias Digitais na Educação) _ Centro Universitário Carioca, Rio de Janeiro, 2020.

BOSA, C. A. Autismo: atuais interpretações para antigas observações. In: BAPTISTA, C.; BOSA, Cleonice (org.). **Autismo e educação: atuais desafios.** Porto Alegre: Artmed, 2002. p. 22-39.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Senado Federal, 2016. 496 p. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf. Acesso em: 24 jan. 2025.

BRASIL. Decreto n.º 5.626, de 22 de dezembro de 2005. Regulamenta a Lei n.º 10.436, de 24 de abril de 2002, que dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais – Libras, e o art. 18 da Lei n.º 10.098, de 19 de dezembro de 2000. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, seção 1, 23 dez. 2005.

BRASIL. Decreto n.º 6094, de 24 de abril de 2007. Dispõe sobre a implementação do Plano de Metas Compromisso Todos pela Educação, pela União Federal, em regime de colaboração com Municípios, Distrito Federal e Estados, e a participação das famílias e da comunidade, mediante programas e ações de assistência técnica e financeira, visando a mobilização social pela melhoria da qualidade da educação básica. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, seção 1, p. 25 abr. 2007.

BRASIL. Decreto n.º 6.571, de 17 de setembro de 2008. **Dispõe sobre o atendimento educacional especializado, regulamenta o parágrafo único do art. 60 da Lei n.º 9.394, de 20 de dezembro de 1996, e acrescenta dispositivo ao Decreto n.º 6.253, de 13 de novembro de 2007.** Casa Civil; Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília, DF, set. 2008a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/Decreto/D6571.htm. Acesso em: 25 mar. 2025.

BRASIL. Lei Federal nº 4.024, de 20 de dezembro de 1961. Fixa as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, seção 1, p. 11429, 27 dez. 1961.

BRASIL. Lei nº 5.692, de 11 de agosto de 1971. Fixa Diretrizes e Bases para o ensino de 1º e 2º graus, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, seção 1, p. 6377, 12 ago. 1971.

BRASIL. Lei nº 7.853, de 24 de outubro de 1989. Dispõe sobre o apoio às pessoas portadoras de deficiência, sua integração social, sobre a Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência (CORDE), institui a tutela jurisdicional de interesses coletivos ou difusos dessas pessoas, disciplina a atuação do Ministério Público, define crimes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, seção 1, p. 19209, 25 out. 1989.

BRASIL. Lei 8.069, de 13 de julho de 1990. Dispõe sobre o ESTATUTO DA CRIANÇA E DO ADOLESCENTE, e dá outras providências. Brasília, DF, seção 1, p. 13563, 16 jul. 1990.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, n. 248, seção 1, p. 27833-27841, 23 dez. 1996.

BRASIL. Lei nº 10.172, de 09 de janeiro de 2001. Aprova o Plano Nacional de Educação e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, seção 1, p. 1, 10 jan. 2001.

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.

BRASIL. Lei 13.005, de 25 de junho de 2014. Aprova o Plano Nacional de Educação – PNE e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, seção 1, p. 1, 26 jul. 2014.

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. 2014.

BRASIL. Lei nº 13.861, de 18 de julho de 2019. Altera a Lei nº 7.853, de 24 de outubro de 1989, para incluir as especificidades inerentes ao transtorno do espectro autista nos censos demográficos.). **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, seção 1, p. 1, 19 jul. 2014.

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.

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

BRASIL. Ministério da Educação. **Censo Escolar 2024**. Resumo Técnico. Brasília, 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática**. Ministério da Educação e do Desporto: Secretaria de Educação Fundamental; Brasília, 1997.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. **Política Nacional de Educação Especial na perspectiva da Educação Inclusiva**. Brasília: MEC/SEESP, 2008b.

BRASIL. Presidência da República. Secretaria Especial dos Direitos Humanos. **Plano Nacional de Educação em Direitos Humanos**. Brasília: MEC/SEDH, 2006.

BRASIL. **Resolução CNE/CP 1, de 18 de fevereiro de 2002**. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena. Brasília, 2002.

BRASIL. Secretaria de Educação Especial. **Política Nacional de Educação Especial: livro 1**. Brasília: MEC/SEESP 1994. 66f.

BRITES, L.; BRITES, C. **Mentes únicas**. São Paulo: Editora Gente, 2019.

BRIZOLA, J.; FANTIN, N. Revisão da literatura e revisão sistemática da literatura. Revista de Educação do Vale do Arinos-RELVA, v. 3, n. 2, p. 23-39, 2016.

CARNEIRO, N. **A inclusão da criança autista no meio escolar: revisão bibliográfica**. Monografia (Graduação em Pedagogia), 2021. 41f. Universidade do Interior Paulista (EaD), Muniz Freire/ES, 2021.

CARVALHO, J. M. *et al.* A integração de pessoas com deficiência. **Educação e Saúde: fundamentos e desafios**, v. 1, n. 1, p. 98-102, 2018.

CRISTIA, J. P. *et al.* (2012). **Tecnología y Desarrollo Infantil: Evidencia del Programa Una Computadora por Niño**. Documento de trabalho N° 304. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desenvolvimento.

CUNHA, E. **Autismo e inclusão: psicopedagogia e práticas educativas na escola e na família**. Rio de Janeiro: WAK, 2012.

CUNHA, E. **Autismo e inclusão: psicopedagogia e práticas educativas na escola e na família**. 3. ed. Rio de Janeiro: WAK, 2017.

CURSINO, André Geraldo. **Contribuições das Tecnologias para uma aprendizagem significativa e o desenvolvimento de projeto no ensino fundamental I**. 2017. 138f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Programa de Mestrado Profissional em Projetos Educacionais de Ciências) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2017.

D'AMBROSIO, U. **Educação Matemática: da teoria à prática**. 23. ed. Campinas, SP: Papirus, 2012.

D'AMBROSIO, U. **Etnomatemática: Elo entre as tradições e a modernidade**. 6. ed. 1. reimp. Belo Horizonte: Autêntica, 2020.

D'AMBRÓSIO, U. Etnomatemática: Um Programa. **Educação Matemática em Revista**, Blumenau, n. 1, p. 5-11, 1993.

DIAS, R. F. **Gestão escolar e novas tecnologias digitais**: inserção e desafios às práticas pedagógicas. 2014. 45f. Monografia (Especialização em Gestão Escolar) — Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

DINIZ, S. N. F. **O uso das novas tecnologias em sala de aula**. 2001. 162f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/81758>. Acesso em: 13 fev. 2025.

DINIZ, Sirley Nogueira de Faria. **O uso das novas tecnologias em sala de aula**. 2001. 186f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) _ Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/81758>. Acesso em: 22 mar. 2025.

DOLZ, Joaquim; NOVERRAZ, Michele; SCHNEUWLY, Bernard. Sequências didáticas para o oral e a escrita: apresentação de um procedimento. In: SCHNEUWLY, Bernard.; DOLZ, Joaquim. e colaboradores. **Gêneros orais e escritos na escola**. [Tradução e organização: Roxane Rojo e Gláis Sales Cordeiro]. Campinas-SP: Mercado de Letras, 2004

FEITOSA, Wladimir Nascimento; PINTO, Jacyguara Costa. *Software* educativo para ensino e aprendizagem de Matemática e seus usos no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem**, v. 6, p. 437-452, 2023.

FONSECA, Vitor da. **Psicomotricidade**: perspectivas multidisciplinares. Porto Alegre: Artmed, 2004

FLETCHER-WATSON, S. (2014). A targeted review of computer-assisted learning for people with autism spectrum disorder: Towards a consistent methodology. **Review Journal of Autism and Developmental Disorders**, v. 1, n. 2, p. 87-100.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GIEST, H. Vygotsky's Defectology: A Misleading Term for a Great Conception. Educação PUCRS, Dossier: **Vygotsky's Defectology**, Porto Alegre, v. 41, n. 3, p. 334-346, set./dez. 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 6. ed. Editora: Gen Atlas, 2017.

GINDIS, B. Remediation Through Education: Sociocultural Theory and Children with Special Needs. In: KOZULIN, A. *et al.* **Vygotsky's Educational Theory in Cultural Context**. New York: Cambridge University Press, p. 200-221, 2003.

GRANDIN, T. An inside view of autism. In: SCHOPLER, Eric; MESIBOV, Gary. **High-functioning individuals with autism**. New York: Plenum Press, 1992. p. 105-128.

GRANDIN, T. **Interpretation of the American Meat Institute (AMI) Animal Handling Guidelines for auditing the welfare of cattle, pigs and sheep at slaughter plants**. Fort Collins: [2011]. Disponível em: <http://www.grandin.com/interpreting.ami.guidelines.html>. Acesso em: 20 jan. 2025.

GRANDIN, T. **O cérebro autista: pensando através do espectro**. São Paulo: Record, 2015.

GRANDIN, T.; PANEK, R. **O cérebro autista**. Tradução Cristina Cavalcanti. 7. ed. Rio de Janeiro: Record, 2017.

HITZSCHKY, R. A. *et al.* A utilização de Recursos Educacionais Digitais (RED) de Língua Portuguesa no Ensino Fundamental e a formação docente: a inserção de RED em sala de aula. **Revista Tecnologias na Educação**, ano 11, v. 31. 2019. Disponível em: <https://tecedu.pro.br/wp-content/uploads/2019/12/Art11-Ano-11-vol31-Dezembro-2019.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2025.

HITZSCHKY, R. A. *et al.* Formação docente e artefatos digitais: análise de Recursos Educacionais Digitais (RED) e a exploração de um repositório educacional digital. In: WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA, 26, 2020, Evento *Online*. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2020. p. 369-378. Disponível em: <https://doi.org/10.5753/cbie.wie.2020.369>. Acesso em: 18 mar. 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 2024: Resumo Técnico**. Brasília, 2025. Disponível em: https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/resumo_tecnico_censo_escolar_2024.pdf. Acesso em: 10 mar. 2025.

KENSKI, Vani Moreira. **Educação e tecnologias: O novo ritmo da informação**. 8. ed. Campinas, São Paulo: Papyrus, 2012.

KITCHENHAM, B. *et al.* Systematic literature reviews in software engineering: A systematic literature review. **Information and Software Technology**, v. 51, n. 1, p. 7-15, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009>.

KLIM, Ami. Autismo e síndrome de Asperger: uma visão geral. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, v. 28, suppl. 1, p. 1 -9, 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/rbp/v28s1/a02v28_s1.pdf. Acesso em 14 mar. 2025.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LEDBETTER-CHO, K. *et al.* (2023). The Effects of a Teacher-Implemented Video-Enhanced Activity Schedule Intervention on the Mathematical Skills and Collateral Behaviors of Students with Autism. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, 53(2):553-568. doi: 10.1007/s10803-020-04495-3.

- LÜDKE, M.; ANDRE, Marli E. D. A. **A Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2013.
- MADEIRA-COELHO, C. M. Formação docente e sentidos da docência: o sujeito que ensina, aprende. In: MITJÁNS MARTÍNEZ, A.; SCOZ, B. J. L.; CASTANHO, M. I.S. (Orgs.). **Ensino e Aprendizagem: a subjetividade em foco**. Brasília: Liber Livros, 2012. p. 111-130.
- MANTOAN, M. T. E. **Inclusão escolar: o que é? por quê? como fazer?** São Paulo: Moderna, 2003.
- MANTOAN, M. T. E. **Inclusão escolar: o que é? Por quê? Como fazer?** São Paulo: Moderna, 2006, 64p.
- MARTÍN, C. D. **Trastorno del Espectro Autista y Esquizofrenia**. Revista AEPnYA, 2010.
- MEDEIROS, N. A. A. *et al.* (2018). Recursos educativos digitais: uma revisão de literatura em anais de congressos em Informática na Educação. In: CONGRESSO SOBRE TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO, 3, Fortaleza, 2018. **Anais [...]**. Fortaleza: UFCE, 2018.
- MARTINS, V. **A Lei Magna da Educação**. São Paulo: E-books Brasil, 2002. *E-book*.
- MELLO, A. M. S. **Autismo: guia prático**. Colaboração: Marialice de Castro Vatauvuk. 7. ed. São Paulo: AMA; Brasília: CORDE, 2007. Disponível em: <http://www.autismo.org.br/site/images/Downloads/7guia%20pratico.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2015.
- MENDES, E. G. A radicalização do debate sobre inclusão escolar no Brasil. **Revista Brasileira de Educação**, v.11, n. 33, p. 387-405, dez. 2006.
- MERCADANTE, M. T.; ROSÁRIO, M. C. **Autismo e cérebro social**. São Paulo: Segmento Farma, 2009.
- MOHD, C. K. N. C. K (2020). Game Based Learning for Autism in Learning Mathematics. **International Journal of Advanced Science and Technology**, v. 29, n. 5, p. 4684-469, 2020.
- MORAN, J. M. **A educação que desejamos: novos desafios e como chegar lá**. 2. ed. Campinas: Papirus, 2020.
- MORAN, J. M. Metodologias ativas e o ensino híbrido. In: BACICH, L.; MORAN, J. (org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. 2. ed. Porto Alegre: Penso, 2018. p. 27-45
- MORANDI, M. I. W. M; CAMARGO, L. F. R. Revisão sistemática da literatura. In: DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JR, J. A. V. **Design science research: método e pesquisa para avanço da ciência e da tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- MOURA, E. M. B.; MOREIRA, G. E. Formação continuada de professores: Educação Matemática Inclusiva em foco. In: CONGRESSO INTERNACIONAL MOVIMENTOS DOCENTES, 2022, Diadema, online. **Caderno de Resumos [...]** Diadema: V&V Editora, p. 404, 2022.

MUNOZ-SOTO, R. *et al.* **Proyect@ Matemáticas**: A Learning Object for Supporting the Practitioners in Autism Spectrum Disorders. IEEE, p. 131. 2016.

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

PANYAN, M. V. Computer technology for autistic students. **Journal of autism and developmental disorders**, Springer, v. 14, n. 4, p. 375-382, 1984.

PARISH, S. (2014). **Number Talks**: Helping Children Build Mental Math and Computation Strategies, Grades K-5, Updated with Common Core Connections. Math Solutions.

PENUEL, W. R. (2006). **Using handheld computers to support improved classroom assessment in science**: Results from a field trial. **JOURNAL OF SCIENCE EDUCATION AND TECHNOLOGY**, 15(2), 142-158.

PERRENOUD, Philippe. **Dez novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Artmaed, 2000.

PLOOG, B. O *et al.* Use of computer-assisted technologies (cat) to enhance social, communicative, and language development in children with autism spectrum disorders. **Journal of autism and developmental disorders**, Springer, v. 43, n. 2, p. 301-322, 2013.

RASMUSSEN, F. S. M.; SILVA, R. C; VIEIRA NEIX, C. S. **O ensino e a atividade estruturada para a aprendizagem de pessoas com transtorno do espectro autista (TEA)**. 2021.

RODRIGUEZ, R. C. M. C. **Interculturalidade com o universo autista (Síndrome de Asperger) e o estranhamento docente**. 2006. 198f. Dissertação (Mestrado em Educação) _ Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nepca/files/2019/05/tese-rita-cossio-rodriguez.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2025.

ROSA, F. M. C. **Histórias de vida de alunos com deficiência visual e de suas mães**: um estudo em Educação Matemática inclusiva. 259f. 2017. Tese (Doutorado em Educação Matemática) _ Universidade Estadual Paulista, Rio Claro (SP), 2017.

SANTOS, M. J. C. O letramento matemático nos anos iniciais do ensino fundamental. **REMATEC**: Revista de Matemática, Ensino e Cultura, ano 15, fluxo contínuo, p. 96-116, 2020.

SCHWARTZMAN, J. S. Transtorno do espectro do autismo: conceitos e generalidades. In: SCHWARTZMAN, J. S; ARAÚJO, C. A. **Transtornos do espectro do autismo**. São Paulo: Memnon, 2011.

SKOVSMOSE, O. **Educação Matemática Crítica**: a questão da democracia. Tradução de Abigail Lins e Jussara de Loiola Araújo. Campinas: Papirus, 2001. 160 p.

SKOVSMOSE, O. **Desafios da reflexão em Educação Matemática Crítica**. 2. ed. Campinas, SP: Papirus, 2011.

SILVA, A.; DOMÊNICO, B. N. C. O ensino de Matemática para alunos com Necessidades Especiais. **Ágora Revista Eletrônica**, Cerro Grande – RS, ano IX, n.18, jul., 2014. Disponível em: http://agora.ceedo.com.br/ojs/index.php/AGORA_Revista_Eletronica/article/view/99/100. Acesso em: 30 mar. 2025.

SILVA, C. R. M. *et al.* Inclusão escolar e matemática: uso do simulador PhET como tecnologia assistiva para alunos com TEA. **Revista de estudos interdisciplinares**, v. 6, n. 2, p. 1-15, 2024.

SILVA, E. A. S. **Distanciamentos e aproximações entre o currículo e o livro didático de matemática do 9º ano**: uma conversa entre o autor, os PCN e a BNCC. 2021. 43f. Trabalho de Conclusão de Curso (Matemática) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2021.

SILVA, J. M. A. **O lúdico como metodologia para o ensino de crianças com deficiência intelectual**. 2012. 46 f. Monografia (Especialização em Educação, Método e Técnicas de Ensino), Diretoria de Pesquisa e Pós-graduação, Universidade Federal Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira, Medianeira, 2012.

SILVA, O. M. **A Epopeia Ignorada – A Pessoa Deficiente na História do Mundo de Ontem e de Hoje**. CEDAS/São Camilo: São Paulo, 1987.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PEDIATRIA (SBP). **Como identificar o Transtorno do Espectro Autista?** São Paulo; Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://www.sbp.com.br/imprensa/detalhe/nid/como-identificar-o-transtorno-do-espectro-autista/>. Acesso em: 11 abr. 2025.

SOUZA, Danilo do Carmo de. **Tecnologias digitais e a aprendizagem de conceitos estatísticos**: a utilização do software geogebra por estudantes do 9º ano do ensino fundamental. 2019. 116f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-graduação em Educação, Fortaleza (CE), 2019.

SOUZA, E. M; OLIVEIRA, A. L. **Integrando Tecnologia na Educação: Práticas e Reflexões**. Editora Educação Moderna. 2020.

SOUZA, J. *et al.* (2019). The impact of serious games on the learning of students with autism spectrum disorder. In: WORKSHOP DE INFORMATICA NA ESCOLA, XXVI, 2019, Brasília. **Anais ...** Brasília: UnB, 2019. p. 459-468.

SOUZA, Y. S. O. *et al.* O uso do software Iramuteq na análise de dados de entrevistas. **Revista Pesquisas e Práticas Psicossociais**, v. 15, n. 2, p. 1-19, 2020,

UNESCO. **Declaração de Salamanca sobre Princípios, Política e Prática em Educação Especial**. Salamanca, Espanha, 1994.

UNESCO. **Manual para garantir inclusão e equidade na educação**. Unesco: Brasília, 2019.

VALENTE, J. Pensamento Computacional, Letramento Computacional ou Competência Digital? Novos desafios da educação. **Educação e Cultura Contemporânea**, v. 16, n. 43, p. 147-168, 2019.

VEIGA, José Eli. **O antropoceno e a ciência do Sistema Terra**. São Paulo: Editora 34, 2019.

VYGOTSKI, L. S. **Obras Escogidas**: Fundamentos de defectología. Madrid: Visor, 1997.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. Rio de Janeiro: Martins Fontes, 1998.

YABUSHITA, A. M. M; NASCIMENTO, W. J.; MARCOLINO, A. S. Plataformas Educacionais Digitais no Ensino de Matemática para Estudantes Autistas: Uma Revisão Sistemática. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 22, n. 3, p. 141-153, 2025. DOI: 10.22456/1679-1916.144978. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/144978>. Acesso em: 13 mai. 2025.

YAKUBOVA, G; HUGHES, E; SHINABERRY, M. Learning with Technology: Video Modeling with Concrete Representational. Abstract Sequencing for Students with Autism Spectrum Disorder. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, 46(7), 2349-2362. <https://doi.org/10.1007/s10803-016-2768-7>.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

WATSON, S. L.; WATSON, W. R. (2011). The Role of Technology and Computer-Based Instruction in a Disadvantaged Alternative School's Culture of Learning. **Computers in the Schools**, 28(1), 39-55. <https://doi.org/10.1080/07380569.2011.552042>.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZWAIGENBAUM, L. *et al.* (2015). Early Identification and Interventions for Autism Spectrum Disorder: Executive Summary. **Pediatrics**, 136 Suppl 1(Suppl 1):S1-9, Oct. 2015. doi: 10.1542/peds.2014-3667B.

APÊNDICE I – Sequência Didática

SEQUÊNCIA DIDÁTICA – FRAÇÕES

Recursos:

- Computador ou tablet com acesso à internet
- Simulações *PhET: Fractions: Intro e Build a Fraction*
- Papel quadriculado, lápis de cor, borracha, régua

Objetivos:

- Reconhecer numerador e denominador em diferentes representações.
- Compreender o significado de fração como parte de um todo.
- Explorar e representar frações em círculos, retângulos e na reta numérica.
- Identificar frações equivalentes de forma visual e simbólica.
-

Etapas da Atividade:

Sessão 1 – RED “*Fractions: Intro*”:

1. Acolhida e introdução (10 minutos)

Crie um momento leve e familiar. Inicie a aula com uma conversa breve sobre frações no cotidiano, utilizando exemplos como pizza, chocolate ou garrafa d’água. Mostre imagens ou objetos concretos: uma pizza de Brinquedo, uma barra de chocolate, um copo de suco. Fala sugerida:

“Uma fração mostra quantas partes temos de um todo. Se temos 1 pedaço de uma pizza cortada em 4, chamamos isso de $1/4$. Vamos explorar juntos no simulador como isso funciona.”

Dica lúdica: Se possível, use miniaturas, desenhos ou emojis para representar frações de forma divertida.

2. Exploração guiada do RED 1 - *Fractions: Intro* (15 minutos)

- a) Apresente a permissão que os alunos explorem livremente por alguns minutos. Evite instruções excessivas no início. Evite instruções excessivas no início. Fala sugerida:

““Vamos usar este recurso digital para ver como funcionam as frações. Pode clicar e explorar à vontade, depois me mostra o que você descobriu.”

- a) Após a exploração, direcione o olhar dos alunos para os elementos matemáticos, como numerador e denominador. Fala sugerida:

“Olhe o número de baixo (denominador). O que acontece quando ele aumenta? E o número de cima (numerador)? Quantas partes ficam pintadas?”

Atenção à mediação: Valoriza as falas espontâneas do aluno, tentativas e hipóteses, e incentive a verbalização: “Conte pra mim o que você percebeu.”

3. Registro no papel (25 minutos)

Peça que os alunos reproduzam no caderno a figura mostrada no simulador, sombreando as partes e escrevendo a fração correspondente. Fala sugerida:

“Agora desenhe no seu caderno como aparece na tela e escreva a fração correspondente.”

Adaptação: para alunos com TEA, ofereça modelos prontos de figuras (círculos ou retângulos) que possam colorir, favorecendo a atenção visual e o foco.

Sessão 2 – RED 2 “Build a Fraction”:

1. Acolhida e introdução (10 min)

Inicie com uma conversa breve sobre as atividades realizadas com o simulador *Fractions: Intro*. Relembre o significado de numerador e denominador e proponha situações simples de comparação entre frações. Fala sugerida:

“Lembram como no simulador vimos o que muda quando aumentamos o número de partes? Hoje, vamos descobrir quando duas frações diferentes podem representar a mesma quantidade. Por exemplo, será que $1/2$ é igual a $2/4$?”

Importante: valorize o processo de aprendizagem, mesmo com erros.

2. Interação com RED 2 (15 minutos)

Ative o segundo simulador, Build a Fraction. Explique que ele permite “construir” frações. Oriente os alunos a criar diferentes representações e observar quando duas frações diferentes geram figuras idênticas. Fala sugerida:

“Vamos tentar montar a fração $1/2$. Agora, será que existe outra fração que preenche a mesma parte da figura? O que acontece se colocarmos $2/4$ ou $3/6$? Elas representam a mesma quantidade?” “O que muda nos números e o que permanece igual na imagem?” Se não acertar de primeira, pode tentar de novo.”

Dica: comemore os acertos e incentive a reflexão sobre os erros.

3. Formalização e sistematização (10 minutos)

Após as descobertas no simulador, conduza um momento coletivo de sistematização. No quadro, registre exemplos trazidos pelos alunos e construa, com a turma, a explicação do que são frações equivalentes. Explique que duas frações podem representar a mesma quantidade quando multiplicamos ou dividimos o numerador e o denominador por um mesmo número. Fala sugerida: *Perceberam que $1/2$ e $2/4$ ocupam o mesmo espaço? Isso acontece porque multiplicamos o 1 e o 2 por um mesmo número. Assim, dizemos que $1/2$ é equivalente a $2/4$. Existem várias formas de representar a mesma parte do todo!”*

Dica: Utilize exemplos concretos e comparações visuais do simulador para apoiar a compreensão.

4. Registro no papel (25 minutos)

Peça que os alunos desenhem no caderno duas frações equivalentes observadas no simulador. Oriente que escrevam as frações abaixo das figuras e expliquem com suas palavras o que entenderam sobre o conceito. Fala sugerida:

“Desenhe no seu caderno duas frações que você descobriu que são iguais. Escreva com suas palavras o que aprendeu sobre frações equivalentes.”

Estimule os alunos a representarem suas descobertas de forma livre, com desenhos, cores ou anotações, respeitando o ritmo e o estilo de cada um.

Tarefa final

Após o trabalho com os simuladores PhET e as atividades exploratórias realizadas nas duas sessões, propõe-se um momento de sistematização individual. Essa etapa pode ser feita no

caderno dos alunos ou em folhas avulsas, e tem como objetivo reforçar os conceitos de representação e equivalência de frações a partir do que foi vivenciado nos RED.

1. Desenhe um **retângulo dividido em 4 partes**, pinte 2, escreva a fração correspondente e marque na reta numérica. (referente as atividades do RED 1)
2. Mostre uma **fração equivalente a $\frac{2}{4}$** , desenhando outra figura ou utilizando o simulador. (referente as atividades do RED 2)

Avaliação da Aprendizagem

A avaliação da sequência deve ocorrer de forma contínua e formativa, por meio de:

- Observação durante as atividades, considerando a participação, compreensão e argumentações dos alunos.
- Tarefa final individual, que pode ser realizada no final da segunda sessão ou como dever de casa.

Critérios de observação:

- Identifica numerador e denominador?
- Reconhece frações equivalentes?
- Participa ativamente da exploração digital e dos registros?
- Demonstra interesse e curiosidade diante dos desafios?

APÊNDICE II – Ficha de Observação

FICHA DE OBSERVAÇÃO – SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Aluno(a): _____ Ano: _____ Data: ____/____/____

Marque de 0 a 3 conforme o desempenho do aluno em cada indicador, e utilize o espaço de observações para anotar falas, expressões e comportamentos relevantes.

0 = Não realizado | 1 = Pouco realizado | 2 = Com apoio | 3 = Autônomo

Indicador	0	1	2	3	Observações
Atenção visual ao simulador					
Seguiu instruções curtas					
Identificou numerador e denominador					
Representou fração no papel					
Localizou fração na reta numérica					
Reconheceu frações equivalentes					
Mostrou interesse/curiosidade					
Demonstrou sinais de ansiedade/desconforto					

Para finalizar, esta ficha tem como objetivo auxiliar a observação da aplicação da sequência didática, coletando dados. Perguntas para observação:

- O aluno demonstrou sinais de ansiedade ou desconforto durante a atividade? Anotações:

- O aluno precisou de apoio constante para manipular o simulador ou conseguiu explorar sozinho? Anotações:

- O PhET mostrou -se acessível e de fácil manipulação para o aluno? Anotações:

- Quais funcionalidades chamaram mais atenção do aluno (ex.: figuras, reta numérica, equivalências)? Anotações:

- O aluno conseguiu identificar corretamente numerador e denominador? Anotações:

- O aluno conseguiu representar no papel a fração mostrada no simulador?

- O aluno reconheceu frações equivalentes (ex.: $\frac{2}{4} \leftrightarrow \frac{1}{2}$)? Anotações:

- O aluno conseguiu localizar frações na reta numérica? Anotações:

- Quais estratégias e adaptações foram mais eficazes para apoiar o aluno? Anotações:

- O que poderia ser ajustado na sequência ou no uso do simulador para melhorar a inclusão e a aprendizagem? Anotações:

Notas gerais da aplicadora (o que achou da atividade, do interesse dos alunos, pontos positivos e negativos:
