

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA POLITÉCNICA E DE ARTES
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO



**AVALIAÇÃO DA GAMIFICAÇÃO COMO RECURSO AUXILIAR AO ENSINO PARA
PESSOAS COM SÍNDROME DE DOWN: ESTUDO COM O JOGO PUZZLEMÁTICA**

JOÃO VICTOR GUEDES CARRIJO

GOIÂNIA
2025

JOÃO VICTOR GUEDES CARRIJO

**AVALIAÇÃO DA GAMIFICAÇÃO COMO RECURSO AUXILIAR AO ENSINO PARA
PESSOAS COM SÍNDROME DE DOWN: ESTUDO COM O JOGO PUZZLEMÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola
Politécnica e de Artes, da Pontifícia Universidade Católica de
Goiás, como parte dos requisitos para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia da Computação.

Orientador:

Talles Marcelo Gonçalves de Andrade.

Banca examinadora:

Prof.: Dr. José Olímpio Ferreira

Prof.: Me. Cláudio Martins Garcia

Prof.: Me. Pedro Araújo Valle

GOIÂNIA

2025

JOÃO VICTOR GUEDES CARRIJO

**AVALIAÇÃO DA GAMIFICAÇÃO COMO RECURSO AUXILIAR AO ENSINO PARA
PESSOAS COM SÍNDROME DE DOWN: ESTUDO COM O JOGO PUZZLEMÁTICA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação, e aprovado em sua forma final pela Escola Politécnica e de Artes, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, em ____/____/____.

Orientador: Prof. Dr. Talles Marcelo Gonçalves de Andrade.

Prof.: Dr. José Olímpio Ferreira

Prof.: Cláudio Martins Garcia

Prof.: Me. Pedro Araújo Valle

GOIÂNIA

2025

RESUMO

Tendo em vista a necessidade de ampliar o engajamento e a inclusão de pessoas com Síndrome de Down no ensino de matemática, o presente estudo trata sobre o uso da gamificação associada à tecnologia assistiva e ao monitoramento automatizado de emoções como ferramentas para potencializar a aprendizagem deste público. O objetivo geral foi analisar se a gamificação, implementada por meio do jogo digital Puzzlemática, aumenta a atenção, o engajamento e a participação de alunos com Síndrome de Down em atividades matemáticas. Para tanto, foi necessário identificar o desempenho e as emoções dos participantes, avaliar o impacto da ferramenta sobre os indicadores comportamentais e emocionais e discutir as contribuições do recurso para a prática pedagógica inclusiva. Realizou-se, então, uma pesquisa exploratória, de abordagem quantitativa e qualitativa, com nove participantes do projeto Alfadown (PUC Goiás), utilizando fichas de observação, registros do software Emolab e análise descritiva dos resultados. Verificou-se que a gamificação promoveu altos níveis de atenção e engajamento, facilitou a superação de dificuldades e proporcionou experiências emocionais positivas durante o aprendizado. Conclui-se que o uso articulado da gamificação e do monitoramento emocional representa uma estratégia promissora para o ensino de matemática e para a promoção da inclusão de pessoas com Síndrome de Down.

Palavras - Chave: Gamificação; Síndrome De Down; Matemática; Inclusão; Tecnologia Assistiva.

ABSTRACT

Considering the need to enhance engagement and inclusion of people with Down syndrome in mathematics education, this study addresses the use of gamification combined with assistive technology and automated emotion monitoring as tools to foster learning in this population. The main objective was to analyze whether gamification, implemented through the digital game Puzzlemática, increases attention, engagement, and participation of students with Down syndrome in mathematical activities. To this end, it was necessary to identify participants' performance and emotions, assess the impact of the tool on behavioral and emotional indicators, and discuss its contributions to inclusive educational practice. An exploratory study with quantitative and qualitative approaches was conducted with nine participants from the Alfadown project (PUC Goiás), using observation forms, records from the Emolab software, and descriptive analysis of results. It was found that gamification promoted high levels of attention and engagement, facilitated the overcoming of difficulties, and provided positive emotional experiences during learning. It is concluded that the combined use of gamification and emotional monitoring represents a promising strategy for mathematics education and the promotion of inclusion for people with Down syndrome.

Key - Words: Gamification; Down Syndrome; Mathematics; Inclusion; Assistive Technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Montagem inicial do quebra-cabeça da nota de R\$5, com feedback visual de acerto.....	30
Figura 2 – Mensagem de reforço positivo após tentativa frustrada na montagem da nota de R\$2.	31
Figura 3 – Fase intermediária da montagem do quebra-cabeça da nota de R\$2.	31
Figura 4 – Dinâmica da atividade “Dinheiro na Carteira”, com notas sendo arrastadas para a carteira.	33
Figura 5 – Interação na atividade de simulação de compra: arrastando itens para a sacola.	34
Figura 6 – Tela da caixa registradora com as opções de valor total para escolha.....	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REVISÃO DA LITERATURA	13
	2.1 EDUCAÇÃO INCLUSIVA E O ENSINO DE MATEMÁTICA PARA PESSOAS COM SÍNDROME DE DOWN	13
	2.2 GAMIFICAÇÃO COMO ESTRATÉGIA DE APRENDIZAGEM	16
	2.3 TECNOLOGIA ASSISTIVA E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO	18
3	REQUISITOS E PROJETOS	23
4	TECNOLOGIAS, PROTÓTIPOS E RESULTADOS	27
	4.1 APRESENTAÇÃO DO SOFTWARE	27
	4.1.1 Atividade 1: Quebra-cabeça de Cédulas	29
	4.1.2 Atividade 2: Dinheiro na Carteira	32
	4.1.3 Atividade 3: Simulação de Compra	34
	4.1.4 Detalhamento do Código e Estrutura dos Objetos	36
	4.2 ANÁLISE QUANTITATIVA DOS DADOS DE DESEMPENHO	39
	4.2.1 Desempenho médio.....	47
	4.3 ANÁLISE EMOCIONAL DOS PARTICIPANTES (EMOLAB).....	53
	4.4 PAPEL DA MEDIAÇÃO E ADAPTAÇÕES NO PROCESSO DE ENSINO COM JOGOS DIGITAIS	60
5	CONCLUSÃO	67
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho situa-se na intersecção de três campos essenciais para o desenvolvimento de práticas pedagógicas inovadoras: a Educação Inclusiva, o entendimento das características cognitivas associadas à Síndrome de Down e a aplicação da gamificação em ambientes educacionais. A compreensão aprofundada desses conceitos fundamentais é imprescindível para a formulação de intervenções didáticas que sejam ao mesmo tempo inclusivas, motivadoras e eficazes.

A Educação Inclusiva, princípio norteador deste estudo, refere-se à garantia do direito de todas as pessoas, independentemente de suas condições físicas, intelectuais, sociais, emocionais, linguísticas ou outras, de terem acesso e permanência em ambientes escolares comuns, participando ativamente do processo de ensino-aprendizagem (Padilla et al., 2024). Trata-se de uma concepção que transcende a simples integração física de estudantes com deficiência em salas de aula regulares, propondo a reorganização dos sistemas educacionais e o redesenho de práticas, conteúdos e metodologias, a fim de acolher a diversidade humana (Henriques et al., 2024; Ariza & Hernández, 2025).

Nesse contexto, destaca-se a importância de um olhar atento às necessidades específicas dos indivíduos com deficiência intelectual, dentre os quais se encontram pessoas com Síndrome de Down. A Síndrome de Down é uma condição genética caracterizada pela presença de uma cópia extra do cromossomo 21, resultando em alterações fenotípicas, fisiológicas e, sobretudo, cognitivas (Kozma, 2006). Do ponto de vista das funções cognitivas, indivíduos com Síndrome de Down tendem a apresentar particularidades no processamento da linguagem, memória de curto prazo, funções executivas, além de desafios nas áreas de atenção sustentada, concentração e abstração (Silva & Dessen, 2002; Brito, 2022; Wood et al., 2024).

Essas especificidades impactam diretamente no desempenho acadêmico e demandam adaptações curriculares, metodológicas e tecnológicas para garantir o acesso efetivo ao conhecimento. Estudos apontam que crianças, adolescentes e jovens com Síndrome de Down beneficiam-se significativamente de abordagens pedagógicas que privilegiem o uso de materiais concretos, recursos visuais, atividades lúdicas e experiências sensoriais (Marcelino, 2022; Gaunt & Visnovska, 2024; Lima et al., 2020). Ainda, a motivação, o engajamento e o tempo de atenção desses estudantes estão

estritamente associados à oferta de estratégias diferenciadas, personalizadas e centradas no aluno (Araújo et al., 2019).

Neste cenário, a gamificação emerge como uma abordagem inovadora com grande potencial para promover o interesse, a participação ativa e a aprendizagem significativa entre alunos com necessidades educacionais específicas (Alves, 2018; Barbosa et al., 2020). Gamificação é definida como o uso de elementos, mecânicas e dinâmicas de jogos em contextos não necessariamente lúdicos, com o objetivo de engajar, motivar e transformar comportamentos (Alves, 2018). Os principais componentes que compõem a gamificação incluem recompensas, pontos, níveis, desafios progressivos, feedback imediato, narrativa envolvente, ranking, badges e sistemas de metas (Alves, 2018; Barbosa et al., 2020).

Na esfera educacional, a gamificação é valorizada por sua capacidade de tornar o processo de ensino-aprendizagem mais atrativo, interativo e centrado no estudante, favorecendo o desenvolvimento de competências cognitivas, emocionais e sociais (Shin et al., 2023; Iatraki & Mikropoulos, 2023). Pesquisas demonstram que a adoção de jogos e dinâmicas gamificadas contribui para a elevação dos índices de engajamento, o aumento do tempo de permanência nas tarefas, a redução do abandono escolar e a ampliação das oportunidades de participação ativa dos estudantes, especialmente daqueles com deficiência intelectual (Aslanoglou et al., 2018; Marcelino, 2022; Lima et al., 2017).

Entretanto, a efetividade da gamificação para pessoas com Síndrome de Down depende de uma criteriosa seleção dos elementos lúdicos a serem empregados, do desenho de interfaces acessíveis e intuitivas, da clareza nas regras e objetivos, bem como da oferta de feedbacks claros, imediatos e ajustados ao perfil dos usuários (Buzzi et al., 2019; Wood et al., 2024). Ainda, a gamificação deve ser integrada a estratégias pedagógicas especializadas, potencializando não apenas o engajamento, mas também a aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades socioemocionais e cognitivas (Marcelino, 2022).

Diante desse panorama, este estudo propõe-se a investigar a utilização da gamificação, especificamente por meio do jogo Puzzlemática, como estratégia para aumentar a atenção, o engajamento e a interação de estudantes com Síndrome de Down em atividades educativas. Busca-se, assim, contribuir para o avanço do conhecimento acerca das potencialidades e limitações da gamificação aplicada à educação inclusiva, apontando caminhos para o desenvolvimento de práticas

pedagógicas inovadoras, fundamentadas em evidências científicas e alinhadas aos princípios da acessibilidade e equidade (Padilla et al., 2024; Ariza & Hernández, 2025).

A presente pesquisa tem como objeto de estudo a aplicação da gamificação, por meio do jogo Puzzlemática, no contexto da educação inclusiva direcionada a pessoas com Síndrome de Down. O foco recai sobre a análise dos impactos dessa intervenção no engajamento, na atenção e na participação ativa dos estudantes durante o processo de ensino-aprendizagem.

O problema central que orienta esta investigação é a constatação, amplamente documentada na literatura, de que pessoas com Síndrome de Down frequentemente apresentam baixo engajamento e dificuldades de atenção em atividades educacionais tradicionais (Brito, 2022; Marcelino, 2022; Wood et al., 2024). Tais desafios decorrem não apenas das características cognitivas inerentes à síndrome, mas também da inadequação dos métodos pedagógicos convencionais às necessidades desse público (Gaunt & Visnovska, 2024; Lima et al., 2020).

Entre os principais desafios observados nesse contexto, destacam-se: (a) a dificuldade de manutenção do interesse dos estudantes ao longo das atividades; (b) a limitação na oferta de feedbacks imediatos e individualizados; e (c) barreiras relacionadas à acessibilidade tecnológica, tanto no desenho das ferramentas quanto na disponibilidade de recursos compatíveis com as especificidades do público-alvo (Aslanoglou et al., 2018; Buzzi et al., 2019; Lima et al., 2017). Esses fatores, somados, comprometem o aproveitamento pedagógico e contribuem para a perpetuação de cenários de exclusão e subaproveitamento das potencialidades dos estudantes com deficiência intelectual.

Nesse sentido, a hipótese central deste estudo é que a gamificação, implementada por meio do jogo Puzzlemática, pode atuar como elemento catalisador do aumento da atenção, do engajamento e da interação dos estudantes com Síndrome de Down nas atividades educativas. Essa premissa fundamenta-se em evidências de que o uso de elementos lúdicos, recompensas, desafios progressivos e feedbacks imediatos tende a promover a motivação intrínseca, a autonomia e a permanência dos alunos nas tarefas (Alves, 2018; Barbosa et al., 2020; Marcelino, 2022). Adicionalmente, a personalização das atividades, o uso de interfaces acessíveis e a integração de estratégias pedagógicas especializadas são considerados fatores-chave para o êxito da intervenção (Buzzi et al., 2019; Lima et al., 2020).

Assim, parte-se da suposição de que a gamificação, quando planejada de forma alinhada às necessidades dos estudantes com Síndrome de Down, pode se constituir em suporte eficaz no ensino, promovendo não apenas o engajamento e a atenção, mas também o desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais relevantes. Esta hipótese será testada a partir da análise dos resultados obtidos com a aplicação do Puzzlemática em contextos educativos, considerando indicadores quantitativos e qualitativos de participação, desempenho e satisfação dos usuários (Araújo et al., 2019; Aslanoglou et al., 2018; Lima et al., 2017).

A relevância deste estudo reside, portanto, em sua potencial contribuição para o aprimoramento das práticas pedagógicas inclusivas, bem como para a ampliação do acesso a tecnologias educacionais acessíveis e personalizadas, capazes de favorecer a aprendizagem significativa de estudantes com deficiência intelectual (Padilla et al., 2024; Shin et al., 2023). Ao investigar a eficácia da gamificação nesse contexto, busca-se oferecer subsídios para educadores, desenvolvedores de tecnologias assistivas e gestores escolares, fomentando a construção de ambientes educativos mais equitativos, inovadores e responsivos à diversidade.

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos, cada um delineando aspectos fundamentais para a compreensão e o desenvolvimento da proposta investigada.

O primeiro capítulo, Introdução, apresenta os conceitos basilares relacionados à Educação Inclusiva, às características cognitivas da Síndrome de Down e à gamificação no contexto educacional. São discutidos, ainda, o objeto de estudo, o problema de pesquisa, a hipótese formulada e a relevância da investigação, situando o leitor no escopo e nos objetivos do trabalho.

O segundo capítulo, Revisão da Literatura, fundamenta-se em referências nacionais e internacionais recentes, abarcando temas como as práticas inclusivas na educação, o perfil cognitivo de pessoas com Síndrome de Down, os desafios enfrentados em ambientes escolares tradicionais, e o potencial transformador da gamificação e das tecnologias digitais no ensino de alunos com necessidades educacionais especiais (Padilla et al., 2024; Ariza & Hernández, 2025; Alves, 2018; Barbosa et al., 2020). Destaca-se, ainda, a análise de experiências e pesquisas anteriores relacionadas ao uso de jogos digitais e recursos gamificados na promoção do engajamento, da atenção e da aprendizagem significativa.

O terceiro capítulo, Requisitos e Projeto, detalha os critérios pedagógicos, técnicos e de acessibilidade considerados para o desenvolvimento do jogo

Puzzlemática. São descritas as etapas de concepção, definição de funcionalidades, escolha de elementos gamificados, estrutura das fases e mecanismos de feedback. Ressalta-se o compromisso com a personalização das atividades, a adequação das interfaces às características cognitivas dos usuários e a integração de estratégias pedagógicas especializadas.

O quarto capítulo, Tecnologias, Protótipos e Resultados, apresenta as soluções tecnológicas empregadas, o desenvolvimento do protótipo do Puzzlemática e os procedimentos adotados para a realização dos testes com o público-alvo. São expostos os resultados quantitativos e qualitativos obtidos, com análise dos indicadores de engajamento, atenção, desempenho e satisfação dos estudantes com Síndrome de Down. Discutem-se, ainda, as dificuldades encontradas, as estratégias de superação e as potencialidades observadas durante a aplicação do jogo em ambientes educativos.

O quinto e último capítulo, Conclusões, reúne as principais considerações sobre o estudo realizado, sintetizando os achados, as limitações identificadas e as contribuições para o campo da educação inclusiva e das tecnologias assistivas. São apresentadas propostas de melhorias futuras, sugestões para pesquisas subsequentes e recomendações para educadores, desenvolvedores e gestores interessados na promoção de práticas pedagógicas inovadoras, acessíveis e alinhadas aos princípios da equidade e da inclusão.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 EDUCAÇÃO INCLUSIVA E O ENSINO DE MATEMÁTICA PARA PESSOAS COM SÍNDROME DE DOWN

A educação inclusiva consolidou-se nas últimas décadas como um princípio fundamental para a construção de sociedades mais justas e democráticas, assegurando o direito à aprendizagem e ao desenvolvimento pleno de todas as pessoas, independentemente de suas condições físicas, intelectuais, sensoriais ou sociais (Padilla et al., 2024; Henriques et al., 2024). O conceito de inclusão educacional ultrapassa a simples integração física de alunos com deficiência em ambientes regulares, propondo a reorganização das estruturas, currículos e metodologias de ensino para acolher e valorizar a diversidade humana.

No cenário internacional, tratados e convenções como a Declaração de Salamanca (1994) e a Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência (ONU, 2006) impulsionaram políticas públicas orientadas à promoção do acesso, permanência e participação de pessoas com deficiência nos sistemas de ensino. No Brasil, a legislação avançou significativamente com a Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015) e a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva, estabelecendo diretrizes para a eliminação de barreiras e a construção de escolas acolhedoras, que ofereçam atendimento educacional especializado e recursos de acessibilidade (Padilla et al., 2024).

Tais avanços representam importantes conquistas sociais e jurídicas, mas também impõem desafios à prática pedagógica, especialmente no que se refere à adaptação de conteúdos, estratégias de ensino e avaliação para estudantes com deficiência intelectual, como é o caso das pessoas com Síndrome de Down (Brito, 2022; Ariza & Hernández, 2025).

A Síndrome de Down é uma condição genética decorrente da trissomia do cromossomo 21, associada a um perfil específico de desenvolvimento cognitivo, comportamental e neuropsicológico (Kozma, 2006). Entre as principais características cognitivas destacam-se limitações na memória de curto prazo, lentidão no processamento de informações, dificuldades de atenção sustentada e seletiva, além de fragilidades no processamento auditivo e na linguagem verbal (Silva & Dessen, 2002; Brito, 2022; Wood et al., 2024). Por outro lado, pesquisas evidenciam potencialidades

importantes, como a memória visual relativamente preservada, habilidades sociais marcantes e boa capacidade para aprender por meio da repetição e da rotina (Brito, 2022; Marcelino, 2022).

No contexto escolar, tais especificidades repercutem em desafios para a aprendizagem, especialmente em áreas como a matemática. Estudos apontam que estudantes com Síndrome de Down frequentemente apresentam dificuldades para compreender conceitos abstratos, realizar operações mentais e desenvolver o raciocínio lógico-matemático (Gaunt & Visnovska, 2024). Limitações no domínio da contagem, na associação de números a quantidades e na compreensão de operações básicas, como adição e subtração, são recorrentes (Marcelino, 2022; Lima et al., 2020). Adicionalmente, a manutenção da atenção e o engajamento ao longo das atividades matemáticas podem ser comprometidos pela tendência à dispersão e à fadiga cognitiva (Gacek et al., 2024).

Entretanto, é fundamental reconhecer que, com o uso de abordagens adequadas, os estudantes com Síndrome de Down são plenamente capazes de avançar em seu desenvolvimento acadêmico, desde que as práticas pedagógicas respeitem suas necessidades e ritmos de aprendizagem (Ariza & Hernández, 2025).

A literatura especializada enfatiza a necessidade de adotar práticas pedagógicas diferenciadas para o ensino de matemática a pessoas com Síndrome de Down, de modo a potencializar suas habilidades e minimizar barreiras (Marcelino, 2022; Lima et al., 2020). Entre as intervenções que apresentam melhores resultados, destacam-se o uso de recursos visuais, como imagens, diagramas e materiais coloridos; a manipulação concreta de objetos para facilitar a compreensão de quantidades e operações; a aplicação de reforço positivo frequente; e a construção de rotinas previsíveis e estruturadas (Gaunt & Visnovska, 2024).

O ensino tradicional, fundamentado predominantemente na exposição oral e em atividades abstratas, tende a ser pouco eficaz para esse público, podendo gerar desmotivação e baixo desempenho acadêmico (Marcelino, 2022). Por essa razão, torna-se imprescindível o investimento em metodologias ativas, baseadas no fazer, no experimentar e no uso de múltiplos canais sensoriais, que promovam o envolvimento do estudante de forma lúdica e significativa (Barbosa et al., 2020; Alves, 2018).

Além disso, recomenda-se a fragmentação das tarefas em etapas menores, o uso de instruções claras e objetivas, a oferta de feedbacks imediatos e personalizados, bem como o respeito aos tempos individuais de resposta (Lima et al., 2020; Wood et

al., 2024). A atuação do professor mediador é decisiva para criar um ambiente de apoio, encorajamento e valorização das conquistas, contribuindo para a construção da autoestima e da autonomia do aluno (Brito, 2022).

Nos últimos anos, uma série de pesquisas brasileiras e internacionais têm se dedicado à investigação de práticas, metodologias e tecnologias inovadoras para o ensino de matemática a estudantes com Síndrome de Down. O panorama das evidências revela a eficácia do uso de jogos, materiais manipulativos, aplicativos digitais e plataformas gamificadas no aumento do engajamento, da compreensão conceitual e do desempenho acadêmico desse público (Barbosa et al., 2020; Gaunt & Visnovska, 2024; Marcelino, 2022).

O estudo de Marcelino (2022) demonstrou que o uso de jogos lúdicos, aliados a recursos visuais e manipulação concreta, proporcionou avanços significativos na aprendizagem de adição por alunos com Síndrome de Down, promovendo maior interesse, participação ativa e retenção dos conteúdos. De modo similar, Lima et al. (2020) relataram os benefícios do Alfaplay, uma ferramenta digital desenvolvida para apoiar a alfabetização de pessoas com Síndrome de Down, destacando o papel das interfaces acessíveis, do reforço positivo e da personalização das atividades para o sucesso do ensino.

Internacionalmente, Gaunt e Visnovska (2024) apontaram que a elaboração de instrumentos didáticos específicos, adaptados às características cognitivas de adultos com deficiência intelectual, favorece o desenvolvimento da numeracia, a compreensão dos conceitos matemáticos básicos e o fortalecimento da autonomia. Tais resultados são corroborados por revisões sistemáticas, que evidenciam o impacto positivo das intervenções baseadas em tecnologia, jogos e recursos multimodais no processo de aprendizagem de matemática para estudantes com deficiência (Iatraki & Mikropoulos, 2023; Shin et al., 2023).

No contexto brasileiro, Barbosa et al. (2020) realizaram um levantamento das pesquisas sobre gamificação e tecnologias digitais no ensino da matemática, ressaltando a crescente adoção dessas ferramentas em salas de aula inclusivas e os benefícios relatados pelos professores e alunos em termos de motivação, engajamento e desempenho.

Outro aspecto relevante evidenciado pelos estudos é o aumento da satisfação dos estudantes com Síndrome de Down quando participam de experiências pedagógicas adaptadas, especialmente aquelas que incorporam elementos lúdicos,

desafios progressivos e feedbacks imediatos (Marcelino, 2022; Lima et al., 2017; Aslanoglou et al., 2018). A presença desses elementos contribui para a manutenção da atenção, o fortalecimento da autoconfiança e a promoção da autonomia, aspectos fundamentais para o sucesso acadêmico e a inclusão social.

Além dos jogos tradicionais e digitais, destaca-se o uso de softwares educativos com biofeedback, que permitem a personalização do ritmo e das atividades conforme o desempenho do estudante, promovendo maior autonomia e controle sobre o processo de aprendizagem (Lima et al., 2017). Tais recursos vêm se consolidando como importantes aliados no enfrentamento das limitações do ensino tradicional e na construção de ambientes educacionais mais acessíveis, acolhedores e responsivos às necessidades das pessoas com deficiência intelectual.

2.2 GAMIFICAÇÃO COMO ESTRATÉGIA DE APRENDIZAGEM

A gamificação, enquanto conceito aplicado à educação, representa uma abordagem inovadora que visa promover maior envolvimento e motivação dos estudantes ao incorporar elementos típicos dos jogos em ambientes e processos que não são, em sua essência, lúdicos (Alves, 2018; Barbosa et al., 2020). Segundo Alves (2018), gamificação pode ser definida como a utilização de mecânicas, dinâmicas e componentes dos jogos, tais como desafios, sistemas de pontuação, recompensas, feedback imediato, narrativa envolvente, progressão de níveis e rankings, em contextos variados, incluindo educação, saúde, treinamento corporativo e gestão de pessoas.

Dentre os elementos centrais que compõem a gamificação, destacam-se:

- **Desafios**, que fornecem metas claras e estimulam o engajamento dos participantes;
- **Feedback imediato**, que permite a correção de erros e reforço positivo durante o processo, promovendo a aprendizagem ativa;
- **Recompensas**, materiais ou simbólicas, que podem assumir a forma de pontos, medalhas (badges), troféus ou níveis alcançados;
- **Narrativa**, que contextualiza as atividades e favorece a imersão do estudante, e
- **Progressão**, que oferece um percurso de desenvolvimento mensurável e motiva o avanço contínuo (Alves, 2018; Barbosa et al., 2020).

É fundamental distinguir o conceito de gamificação do conceito de jogo propriamente dito. Enquanto os jogos são experiências lúdicas completas, com regras,

objetivos e finalidades próprias, a gamificação consiste na aplicação de determinados elementos dos jogos em situações do cotidiano, sem que se constitua necessariamente um jogo fechado (Alves, 2018). No contexto educacional, isso significa utilizar estratégias oriundas do universo dos games para potencializar a aprendizagem, sem que o processo de ensino-aprendizagem se resuma a uma atividade de entretenimento (Barbosa et al., 2020).

A gamificação aplicada à educação tem demonstrado inúmeros benefícios documentados por pesquisas nacionais e internacionais, dentre os quais se destacam: o aumento do engajamento dos estudantes, o fortalecimento da motivação intrínseca e extrínseca, a ampliação do tempo de permanência nas tarefas, a melhoria dos índices de retenção e compreensão dos conteúdos, o desenvolvimento do senso de autoeficácia e autonomia, bem como o estímulo ao trabalho colaborativo e ao protagonismo dos alunos (Alves, 2018; Shin et al., 2023; Barbosa et al., 2020). Além disso, a oferta de feedbacks instantâneos e personalizados, característica marcante da gamificação, favorece o monitoramento constante do progresso e a identificação rápida de dificuldades, permitindo intervenções pedagógicas mais precisas (Iatraki & Mikropoulos, 2023).

Entretanto, a literatura também aponta desafios e limitações associados à implementação da gamificação no contexto educacional. Um dos riscos mais frequentemente relatados refere-se ao chamado “game over pedagógico”, situação em que o foco excessivo nas dinâmicas competitivas e nas recompensas pode desviar a atenção dos objetivos de aprendizagem, promovendo dispersão, frustração e até mesmo sentimento de exclusão entre estudantes menos habilidosos (Alves, 2018; Barbosa et al., 2020). Ademais, a ênfase exagerada na competição pode acirrar desigualdades e comprometer o clima colaborativo, especialmente em turmas heterogêneas e com estudantes com deficiência (Henriques et al., 2024). Dessa forma, a gamificação deve ser planejada de maneira criteriosa, alinhando seus elementos aos objetivos pedagógicos e considerando as especificidades do público-alvo (Padilla et al., 2024).

No que se refere à inclusão, a gamificação tem se destacado como uma estratégia especialmente promissora para o trabalho com estudantes com deficiência, em particular aqueles com deficiência intelectual, como é o caso de pessoas com Síndrome de Down (Aslanoglou et al., 2018; Lima et al., 2017; Gaunt & Visnovska, 2024). Pesquisas evidenciam que as características centrais da gamificação – como o

feedback imediato, a motivação constante e a possibilidade de adaptação ao ritmo do aluno – contribuem para a superação de barreiras tradicionais do ensino, promovendo maior participação, autonomia e satisfação (Barbosa et al., 2020; Iatraki & Mikropoulos, 2023). Além disso, a personalização das atividades, a acessibilidade das interfaces e a variedade de estímulos sensoriais podem favorecer a aprendizagem de estudantes com diferentes perfis cognitivos e necessidades educacionais (Buzzi et al., 2019).

2.3 TECNOLOGIA ASSISTIVA E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO

A tecnologia assistiva compreende um amplo espectro de recursos, estratégias, serviços e dispositivos desenvolvidos com a finalidade de ampliar as capacidades funcionais, proporcionar independência e favorecer a participação plena de pessoas com deficiência em todos os domínios da vida social, inclusive no contexto educacional (Buzzi et al., 2019). Tais recursos vão desde adaptações simples, como pranchas de comunicação e material pedagógico adaptado, até ferramentas digitais avançadas, softwares personalizados, aplicativos móveis, ambientes virtuais de aprendizagem e soluções baseadas em inteligência artificial (Lima et al., 2017; Gaunt & Visnovska, 2024).

No ensino de matemática para pessoas com Síndrome de Down, a tecnologia assistiva tem assumido papel central ao facilitar a comunicação, a expressão, o acesso ao currículo e o desenvolvimento das funções cognitivas essenciais ao raciocínio lógico-matemático. Softwares educativos, calculadoras falantes, plataformas digitais acessíveis, jogos digitais adaptados, materiais multissensoriais e recursos para manipulação concreta de objetos matemáticos são exemplos de ferramentas que vêm sendo empregadas para reduzir barreiras e potencializar o aprendizado desse público (Barbosa et al., 2020; Marcelino, 2022). A personalização do ritmo das atividades, a oferta de diferentes canais sensoriais (visual, auditivo, tátil) e a possibilidade de repetição ilimitada são algumas das características que tornam essas soluções especialmente eficazes para alunos com deficiência intelectual (Gaunt & Visnovska, 2024).

Nas últimas décadas, o avanço das tecnologias digitais propiciou o surgimento de plataformas de aprendizagem gamificadas e sistemas adaptativos capazes de responder, em tempo real, ao desempenho dos estudantes e ajustar automaticamente o conteúdo, o grau de desafio e os tipos de feedback fornecidos (Alves, 2018; Shin et

al., 2023). Quando integradas à inteligência artificial, essas ferramentas se tornam ainda mais potentes, permitindo não apenas adaptar o percurso pedagógico com base nas respostas cognitivas dos usuários, mas também analisar e responder a suas reações emocionais durante as atividades (Gacek et al., 2024; Iatraki & Mikropoulos, 2023).

A análise emocional mediada por inteligência artificial emerge como um dos campos mais inovadores no âmbito da tecnologia assistiva para a educação. Essa abordagem envolve o uso de algoritmos de reconhecimento de padrões, aprendizado de máquina e visão computacional para captar, interpretar e responder às emoções dos estudantes em ambientes de aprendizagem digital (Gacek et al., 2024). Dentre as tecnologias de maior destaque nesse campo, encontra-se o Emolab, uma plataforma desenvolvida para monitoramento e análise de expressões faciais, gestos, variações de voz e outros indicadores fisiológicos, possibilitando o reconhecimento automático de estados emocionais como alegria, interesse, surpresa, tédio, ansiedade ou frustração durante o uso de jogos educativos e atividades digitais (Lima et al., 2017).

O funcionamento do Emolab e de ferramentas similares baseia-se em técnicas avançadas de processamento de imagem e inteligência artificial, capazes de detectar microexpressões faciais e correlacioná-las a categorias emocionais padronizadas. Essas informações são processadas em tempo real e retroalimentam a plataforma de aprendizagem, que pode adaptar o nível de dificuldade, o tempo de atividade, os tipos de estímulo ou sugerir pausas e reforços positivos de acordo com a resposta afetiva do estudante (Gacek et al., 2024; Buzzi et al., 2019).

A relevância dessas ferramentas é particularmente acentuada no contexto da deficiência intelectual, pois a comunicação de emoções pode ser mais sutil ou difícil de expressar verbalmente por parte dos alunos, especialmente na Síndrome de Down (Brito, 2022). Ao identificar estados emocionais não explicitados, a escola e o educador podem intervir de maneira mais sensível, prevenindo situações de desmotivação, frustração ou evasão escolar (Wood et al., 2024).

A influência das emoções no processo de aprendizagem tem sido amplamente comprovada pela literatura científica. Emoções positivas, como interesse, curiosidade, satisfação e autoconfiança, contribuem para a motivação intrínseca, o engajamento, a persistência diante de desafios e a assimilação significativa dos conteúdos (Gacek et al., 2024; Brito, 2022). Por outro lado, emoções negativas – como ansiedade, tédio,

desmotivação ou frustração – podem provocar bloqueios cognitivos, dispersão e redução do desempenho acadêmico (Wood et al., 2024).

Em ambientes gamificados, o papel das emoções torna-se ainda mais relevante, pois os jogos educativos dependem fortemente de elementos motivacionais, como desafio, recompensa, superação e narrativa. O acompanhamento emocional permite identificar não apenas momentos de dificuldade, mas também oportunidades para reforçar conquistas e promover a autoestima dos estudantes, elementos centrais para o sucesso da inclusão (Alves, 2018; Marcelino, 2022).

Pesquisas recentes têm demonstrado que a integração de monitoramento emocional a ambientes digitais gamificados potencializa o aprendizado, sobretudo em contextos de inclusão. Gacek et al. (2024) destacam que, em estudos envolvendo estudantes com deficiência intelectual, a utilização de sistemas baseados em neurofeedback e análise emocional resultou em melhorias significativas na atenção, no engajamento e na capacidade de manter o foco em tarefas matemáticas. Os dados coletados por essas ferramentas permitiram não apenas identificar pontos de dificuldade ou desmotivação em tempo real, mas também apoiar a elaboração de planos de intervenção individualizados e promover ajustes pedagógicos instantâneos.

Lima et al. (2017), ao avaliarem um software educativo com biofeedback para pessoas com Síndrome de Down, constataram que a análise das reações afetivas durante as atividades possibilitou ajustar automaticamente a dificuldade dos exercícios e a apresentação dos estímulos, resultando em maior satisfação, participação ativa e persistência dos alunos. O estudo reforça que, em muitos casos, a simples identificação precoce de sinais de tédio ou frustração pode ser determinante para a manutenção do interesse do estudante, evitando o abandono da tarefa e promovendo experiências de sucesso e superação.

Além disso, a combinação de gamificação, tecnologia assistiva e inteligência artificial tem sido indicada como promotora do desenvolvimento de habilidades socioemocionais, como autocontrole, perseverança e autoestima, especialmente para públicos historicamente sub-representados em ambientes educacionais tradicionais (Gaunt & Visnovska, 2024; Brito, 2022). O registro contínuo e a análise longitudinal dos dados emocionais dos estudantes fornecem subsídios para a avaliação formativa e para o planejamento de práticas pedagógicas mais personalizadas, alinhadas ao perfil e às necessidades individuais.

O uso de plataformas gamificadas integradas a IA e tecnologia assistiva no ensino da matemática já tem gerado resultados positivos em diversos contextos nacionais e internacionais. Ferramentas como o Alfaplay, o software com biofeedback desenvolvido por Lima et al. (2017), e as interfaces adaptativas descritas por Buzzi et al. (2019) ilustram a tendência de construir ambientes digitais que vão além da mera acessibilidade física, incorporando sensibilidade emocional e responsividade pedagógica.

Esses sistemas permitem, por exemplo, que estudantes com Síndrome de Down recebam reforços personalizados em momentos de conquista, sejam estimulados a persistir diante de desafios e tenham o conteúdo adaptado ao seu ritmo e às suas reações afetivas. Com isso, promovem-se não apenas avanços acadêmicos, mas também o fortalecimento da autonomia, da autoimagem positiva e da participação social do estudante (Marcelino, 2022; Wood et al., 2024).

Dentre os potenciais futuros, destaca-se a ampliação do uso de sistemas de IA para análise emocional combinados a plataformas de aprendizagem adaptativa, capazes de gerar relatórios automáticos para professores, famílias e gestores escolares, subsidiando práticas cada vez mais inclusivas e eficazes (Iatraki & Mikropoulos, 2023). A literatura aponta, entretanto, a importância de considerar princípios éticos, a privacidade dos dados e o respeito à individualidade no uso dessas tecnologias (Henriques et al., 2024).

A revisão da literatura aponta, de modo consistente, para a convergência em torno da eficácia da gamificação como estratégia para potencializar o engajamento e a motivação dos estudantes no contexto educacional, especialmente quando utilizada em associação com práticas pedagógicas inclusivas e recursos de tecnologia assistiva (Alves, 2018; Barbosa et al., 2020; Iatraki & Mikropoulos, 2023). Diversos estudos nacionais e internacionais destacam que a adoção de elementos gamificados – como desafios progressivos, feedbacks imediatos e recompensas simbólicas – contribui para elevar a participação ativa, o tempo de permanência nas tarefas e a satisfação dos alunos, inclusive aqueles com deficiência intelectual, como a Síndrome de Down (Marcelino, 2022; Aslanoglou et al., 2018; Gaunt & Visnovska, 2024).

Outro ponto de convergência observado é a relevância do uso de tecnologia assistiva, que amplia as possibilidades de acesso, personalização do ensino e adaptação dos conteúdos ao perfil e às necessidades dos estudantes. Ferramentas digitais, softwares educativos, plataformas adaptativas e sistemas baseados em

inteligência artificial têm se mostrado eficazes para promover a inclusão, apoiar a aprendizagem e proporcionar experiências mais ricas e significativas (Buzzi et al., 2019; Lima et al., 2017).

Entretanto, a literatura também revela divergências e ressalvas quanto à aplicação indiscriminada da gamificação na educação inclusiva. Um aspecto recorrente diz respeito ao fato de que a gamificação, por si só, não substitui o acompanhamento pedagógico especializado nem o papel insubstituível do professor como mediador e facilitador do processo de aprendizagem (Padilla et al., 2024; Henriques et al., 2024). O êxito das estratégias gamificadas depende, em grande medida, do alinhamento às necessidades individuais dos alunos, do respeito aos ritmos de aprendizagem e da integração com outras práticas pedagógicas adaptadas (Brito, 2022; Wood et al., 2024).

Além disso, são apontados desafios técnicos e práticos relacionados à implementação da tecnologia: barreiras de acesso à infraestrutura digital, dificuldades de usabilidade para alguns estudantes, necessidade de formação continuada dos professores e riscos de dispersão ou competição excessiva quando os elementos do jogo não são bem equilibrados (Barbosa et al., 2020; Alves, 2018). Soma-se a isso o desafio de desenvolver sistemas realmente responsivos às especificidades cognitivas e emocionais de pessoas com deficiência intelectual, exigindo esforços de pesquisa multidisciplinar e testes em contextos reais (Buzzi et al., 2019; Iatraki & Mikropoulos, 2023).

Diante dessas constatações, justifica-se o desenvolvimento do presente estudo, que propõe preencher parte dessa lacuna ao investigar o impacto da gamificação, por meio do jogo Puzzlemática, associado ao monitoramento automatizado das emoções com a ferramenta Emolab, no engajamento e nas reações emocionais de pessoas com Síndrome de Down durante o ensino de matemática. Ao integrar análise emocional em tempo real e adaptação do percurso pedagógico, este trabalho pretende contribuir para o avanço do conhecimento sobre estratégias inovadoras e fundamentadas em evidências para a promoção da inclusão e da aprendizagem significativa desse público. Busca-se, assim, não apenas confirmar os benefícios já apontados pela literatura, mas também propor novos caminhos para a avaliação e o aprimoramento das práticas educacionais inclusivas, com foco na personalização, na responsividade e na centralidade da experiência do estudante.

3 REQUISITOS E PROJETOS

O presente estudo, fundamentado em princípios metodológicos robustos, configurou-se como um estudo de caso exploratório de abordagem mista, integrando elementos quantitativos e qualitativos. O cenário de investigação foi o projeto Alfadown da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás), espaço reconhecido por sua atuação em práticas inclusivas. O recorte metodológico escolhido buscou compreender em profundidade tanto os impactos objetivos do uso do software Puzzlemática nos desempenhos matemáticos, quanto as dinâmicas emocionais, comportamentais e adaptativas envolvidas durante o processo de aprendizagem de pessoas com Síndrome de Down.

A seleção da amostra ocorreu por conveniência, considerando os critérios de participação frequente no Alfadown, diagnóstico confirmado de Síndrome de Down, autorização formal dos responsáveis legais e disponibilidade de horários para comparecimento às sessões. Nove voluntários, com diferentes idades, níveis de autonomia e histórico escolar, compuseram o grupo de participantes. Essa diversidade buscou garantir uma análise mais rica das respostas ao Puzzlemática, respeitando o princípio da heterogeneidade presente em contextos reais de inclusão (Lima et al., 2020; Brito, 2022).

Antes do início dos testes, foram realizadas reuniões de sensibilização e orientação com as famílias e com a equipe do Alfadown. Nessas ocasiões, os objetivos do estudo foram esclarecidos, os aspectos éticos enfatizados e as possíveis dúvidas discutidas. Foram também apresentados os dispositivos a serem utilizados (tablet, notebook), promovendo familiarização prévia com o ambiente digital. Esse cuidado inicial visou reduzir a ansiedade e garantir que todos os participantes tivessem condições equivalentes de acesso e compreensão do funcionamento básico do jogo.

O estudo foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CAAE n.º 51159415.3.0000.0037), o que garantiu que todos os procedimentos estivessem alinhados aos princípios éticos estabelecidos para pesquisas com seres humanos. Durante o processo de inclusão dos participantes, os responsáveis legais assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), após serem devidamente informados sobre os objetivos e metodologias da pesquisa.

Adicionalmente, os próprios participantes também foram convidados a expressar seu aceite, por meio de um Termo de Assentimento construído com linguagem simples

e apoio visual, considerando suas características cognitivas. Essa etapa foi essencial para garantir que a participação ocorresse de maneira voluntária e consciente, dentro dos limites de compreensão de cada indivíduo.

O ambiente físico destinado às atividades foi cuidadosamente preparado. Escolheu-se uma sala ampla, iluminada, silenciosa e livre de estímulos visuais excessivos. As mesas foram organizadas de modo a garantir conforto e privacidade individual, ao mesmo tempo em que permitissem a observação atenta pelos mediadores. Materiais de apoio, como folhas, canetas e fichas de observação, foram previamente organizados, seguindo recomendações da literatura sobre intervenções inclusivas (Marcelino, 2022; Silva & Dessen, 2002).

O Puzzlemática foi apresentado aos participantes por meio de um tutorial prático, conduzido de forma lúdica, incentivando a exploração autônoma dos menus e comandos. Cada voluntário pôde optar entre as versões Android (em tablets/smartphones) ou Windows (em notebook), de acordo com sua preferência e nível de familiaridade com a tecnologia. Essa escolha intencional faz parte da análise comparativa de acessibilidade, identificando possíveis diferenças de desempenho e engajamento em função do dispositivo utilizado.

A aplicação dos testes foi dividida em sessões individuais, respeitando o ritmo de cada participante. O procedimento seguiu um roteiro previamente elaborado: apresentação da atividade, execução sequencial das três etapas centrais do jogo, registro manual dos mediadores e gravação automática dos dados pelo Emolab. A mediação durante as sessões buscou ser discreta, limitada a esclarecimentos pontuais e apoio motivacional, evitando ao máximo interferir nas decisões dos jogadores e na dinâmica natural da aprendizagem gamificada.

O primeiro módulo do Puzzlemática, “Quebra-cabeça de Cédulas”, foi desenhado para desenvolver noções de associação numérica, contagem e coordenação motora fina, explorando princípios do lúdico e da gamificação. A programação da engine Game Maker Studio 2 permitiu criar um ambiente responsivo, onde cada peça do quebra-cabeça é um objeto independente com lógica própria de detecção de colisão, encaixe e feedback. As mensagens e áudios motivacionais foram inseridos estrategicamente para reforçar conquistas e minimizar o impacto dos erros, garantindo um ambiente afetivo seguro para o participante, conforme recomendam Alves (2018) e Barbosa et al. (2020).

Na segunda atividade, “Dinheiro na Carteira”, o desafio era realizar a soma de cédulas em tempo real, promovendo habilidades de composição de valores e raciocínio aritmético. O sistema de arrastar e soltar foi projetado para ser altamente intuitivo, utilizando cores, efeitos visuais e sons para indicar a evolução da tarefa e o acerto dos movimentos. O código implementou funções de atualização automática de saldo, emissão de feedback sonoro e controle de fases, seguindo lógica de programação orientada a eventos — uma das características da engine GMS2.

A terceira atividade, “Simulação de Compra”, envolveu situações-problema cotidianas, em que o participante deveria calcular o valor total de compras e selecionar a opção correta entre duas alternativas apresentadas visualmente. As instruções eram dadas também por áudio, promovendo a inclusão de participantes com diferentes perfis sensoriais. O jogo foi planejado para garantir feedback imediato para todas as respostas, sempre com reforço positivo, buscando evitar associações negativas com o erro, conforme apontam Lima et al. (2020) e Brito (2022).

Os dados quantitativos do estudo foram extraídos por meio de fichas de observação preenchidas em tempo real pelos mediadores (tempo de conclusão, número de erros, solicitações de ajuda). Estes registros foram sistematicamente organizados em planilhas eletrônicas, permitindo o cálculo de médias, desvio padrão, frequência de erros e comparações entre atividades, participantes e plataformas. Essa análise estatística buscou identificar padrões de desempenho e correlações entre variáveis relevantes.

Em paralelo, o componente qualitativo da metodologia foi cuidadosamente planejado. As fichas descritivas dos mediadores continham campos para observação de aspectos como motivação, reação a erros, sinais de frustração, manifestações de alegria ou cansaço, atenção sustentada, distrações e interações espontâneas. Além disso, os relatos dos próprios participantes, ao final de cada sessão (“Gostou do jogo?”, “Qual fase foi mais difícil?”, “Teve vontade de desistir?”), foram registrados e analisados sob o prisma da experiência subjetiva.

O uso do software Emolab trouxe uma dimensão inovadora ao monitoramento do componente emocional durante as atividades. Câmeras posicionadas de forma discreta registraram as expressões faciais dos participantes, permitindo ao Emolab identificar automaticamente indicadores de engajamento, atenção e valência emocional ao longo de todo o percurso no jogo. Os resultados do Emolab foram triangulados com

os dados observacionais e as autoavaliações, ampliando a confiabilidade das conclusões (Gacek et al., 2024; Henriques et al., 2024).

O tratamento dos dados priorizou a triangulação das fontes, buscando convergências e divergências entre registros quantitativos (erros, tempo, ajuda), análises automáticas (Emolab) e observações qualitativas dos mediadores. Esse procedimento visou ampliar a validade dos achados, reconhecendo a complexidade do fenômeno investigado, como sugerem Ariza & Hernández (2025) e Thomas & Larwin (2023) nos debates sobre pesquisa educacional com tecnologia assistiva.

Durante todo o processo, foram observadas rigorosamente as normas éticas estabelecidas para pesquisas envolvendo seres humanos. O protocolo do estudo garantiu o anonimato dos voluntários, restringiu o uso de imagens apenas a prints das telas do jogo, sem exposição de rostos ou dados pessoais, e reforçou a não obrigatoriedade da participação, assegurando o direito de desistência a qualquer momento. Todos os responsáveis assinaram Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

A análise dos dados foi conduzida de forma sequencial e sistemática. Inicialmente, foram examinados os desempenhos brutos em cada uma das três atividades do Puzzlemática, identificando eventuais padrões de acerto, erro, velocidade e necessidade de mediação. Em seguida, os registros do Emolab foram correlacionados com as observações dos mediadores, buscando compreender em que momentos a valência emocional variava (por exemplo, queda de motivação em fases mais longas, aumento de alegria após sucessos). Por fim, os relatos orais dos participantes foram incorporados à análise, fornecendo insights sobre a experiência subjetiva do uso do software.

O delineamento metodológico adotado permitiu uma abordagem abrangente, contemplando não apenas o desempenho objetivo dos participantes, mas também a complexidade das interações emocionais, motivacionais e sociais envolvidas no processo. Essa pluralidade de perspectivas é considerada fundamental pela literatura contemporânea sobre inclusão digital e gamificação, que reconhece a importância de olhar além dos indicadores tradicionais de sucesso escolar, valorizando dimensões como autonomia, prazer, confiança e senso de pertencimento (Padilla et al., 2024; Brito, 2022).

As limitações do estudo foram reconhecidas e explicitadas. Entre elas, destacam-se o tamanho reduzido da amostra, inerente ao caráter exploratório do

estudo de caso, e possíveis imprecisões no reconhecimento automático das emoções pelo software Emolab, sobretudo em participantes com expressividade facial atípica. Outra limitação potencial refere-se à dependência do ambiente controlado: em situações de sala de aula real, fatores externos não controlados podem interferir de modo diferente sobre o engajamento e o desempenho.

É importante ressaltar que não houve intervenção pedagógica formal no sentido tradicional, uma vez que o objetivo do estudo foi avaliar a interação natural dos participantes com a ferramenta digital desenvolvida. Dessa forma, as sessões foram pensadas como oportunidades de vivência lúdica, nas quais o papel do mediador foi apoiar, observar e registrar, sem direcionar o raciocínio ou as decisões dos jogadores, respeitando a autonomia dos participantes.

4 TECNOLOGIAS, PROTÓTIPOS E RESULTADOS

O estudo envolveu nove participantes, todos diagnosticados com Síndrome de Down e frequentadores do projeto Alfadown, vinculado à Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás). Os participantes pertencem a diferentes faixas etárias, entre 20 e 40 anos, incluindo representantes de ambos os sexos.

4.1 APRESENTAÇÃO DO SOFTWARE

O presente trabalho tem como principal recurso experimental o software **Puzzlemática**, um jogo digital gamificado elaborado especialmente para promover o ensino de matemática a pessoas com Síndrome de Down, combinando acessibilidade, ludicidade e estratégias de aprendizagem ativa. Este subtópico apresenta o software com riqueza de detalhes, desde sua concepção, arquitetura de desenvolvimento e funcionamento técnico, até os aspectos de design e acessibilidade, em consonância com a proposta metodológica do estudo.

O **Puzzlemática** foi concebido para ser uma ferramenta de apoio pedagógico, focada na promoção da autonomia, motivação e engajamento dos participantes em tarefas matemáticas cotidianas, como reconhecimento de valores, contagem e operações simples. Sua construção e aplicação seguem recomendações de autores como Alves (2018), que enfatiza a importância da gamificação na educação, e Iatraki

& Mikropoulos (2023), que ressaltam o potencial da tecnologia digital para apoiar a aprendizagem de pessoas com deficiência intelectual.

O jogo encontra-se publicamente disponível, tanto em código-fonte quanto em versões executáveis para as plataformas **Windows** e **Android**. O repositório GitHub (<https://github.com/JaoJaoGo/TCC-2-Puzzlematica.git>) reúne toda a documentação necessária, arquivos do projeto e instruções detalhadas para instalação e execução, tanto para usuários quanto para desenvolvedores interessados em ampliar ou adaptar o projeto. Esse compromisso com a ciência aberta e a transparência fortalece a replicabilidade do estudo e permite que outros pesquisadores, famílias ou instituições possam acessar, testar e avaliar a ferramenta, como defendem Thomas & Larwin (2023) sobre o papel das tecnologias abertas no contexto educacional inclusivo.

A escolha pelas plataformas **Windows** e **Android** foi motivada por questões de acessibilidade e popularidade desses sistemas entre o público brasileiro, de modo a ampliar o potencial de alcance do jogo. Segundo Buzzi et al. (2019), a multiplicidade de plataformas é um aspecto central em recursos digitais acessíveis, pois permite que os usuários escolham a interface mais confortável e familiar – seja pelo toque em dispositivos móveis, seja pelo mouse e teclado em computadores.

O desenvolvimento do Puzzlemática foi realizado integralmente na engine **Game Maker Studio 2 (GMS2)**, ferramenta amplamente reconhecida no cenário de jogos 2D. A GMS2 proporciona vantagens como interface amigável, alta flexibilidade, vasto material de suporte online e facilidade de exportação para diferentes sistemas, o que agilizou o ciclo de produção e permitiu maior foco nos aspectos pedagógicos do game. A arquitetura do jogo é baseada em programação orientada a objetos, com mais de 90 objetos programados, cada qual responsável por comportamentos específicos (personagens, elementos de interface, peças dos quebra-cabeças, cédulas, sons, feedbacks visuais, entre outros).

Cada objeto foi desenvolvido para cumprir funções claras, segmentando os códigos em eventos próprios como **Create Event** (inicialização de variáveis), **Step Event** (execução contínua, como movimentação e lógica de arrasto), **Alarm Event** (temporizações), **Draw Event** (desenho gráfico) e **Draw GUI Event** (elementos de interface fixos). Essa segmentação favorece a legibilidade, reusabilidade e manutenção do projeto, conforme preconizado por Lima et al. (2017) e Wood et al. (2024) em experiências com tecnologias assistivas.

O design visual do Puzzlemática foi cuidadosamente planejado para oferecer uma experiência amigável, clara e motivadora. Cores vivas, contrastes adequados, fontes ampliadas e elementos gráficos de grande porte foram escolhidos para facilitar a visualização, respeitando parâmetros de acessibilidade visual descritos por Buzzi et al. (2019). Os comandos são simples e universais: arrastar e soltar (drag and drop), cliques em botões grandes e feedbacks sonoros, o que diminui a necessidade de letramento avançado e facilita o uso por pessoas de diferentes idades e níveis de alfabetização.

Além disso, todos os comandos do jogo são acessíveis via mouse ou toque, permitindo que usuários escolham a plataforma de sua preferência. As instruções são apresentadas tanto de forma visual quanto auditiva, reforçando o entendimento e a participação, estratégia especialmente recomendada para pessoas com deficiência intelectual, conforme Kozma (2006) e Marcelino (2022).

4.1.1 Atividade 1: Quebra-cabeça de Cédulas

A primeira atividade do Puzzlemática consiste na montagem de cédulas do real em formato de quebra-cabeça, compondo um cenário de aprendizagem lúdico e desafiador para os participantes com Síndrome de Down. O design da atividade parte da fragmentação das notas em peças proporcionais ao seu valor: por exemplo, a nota de dois reais é dividida em duas peças, enquanto a nota de vinte reais, em vinte partes, ampliando gradualmente a complexidade do desafio. Essa progressão cumpre importante papel didático, pois permite ao participante iniciar em um nível de menor dificuldade, promovendo o desenvolvimento da autoconfiança e da familiaridade com a interface do jogo, aspectos destacados por Alves (2018) como centrais para a gamificação eficaz.

A interface foi cuidadosamente projetada para ser visualmente limpa, utilizando contraste de cores e elementos visuais amplos, conforme as boas práticas de acessibilidade recomendadas por Buzzi et al. (2019). O fundo de madeira reforça a sensação de ambiente acolhedor, enquanto as peças soltas e a moldura da nota convidam o usuário a experimentar sem medo de errar. A cada encaixe correto, o jogo dispara uma resposta positiva imediata, tanto visual (“Muito bem!”) quanto sonora, estimulando o sistema de recompensa cerebral do usuário e promovendo a motivação

intrínseca, conceito explorado por Barbosa et al. (2020) e reforçado por Lima et al. (2020) no contexto do ensino de pessoas com deficiência intelectual.

A experiência de montagem é enriquecida por efeitos animados de confete e estrelas coloridas, que surgem sempre que uma peça é colocada no local correto, transformando cada pequeno avanço em um evento digno de celebração. Esse recurso não apenas reforça o comportamento desejado, mas também atua como importante estratégia de redução do estresse e da frustração em caso de erros, elementos que, segundo Brito (2022), podem ser determinantes para a permanência do estudante em atividades educacionais. Os erros, quando acontecem, não são penalizados; em vez disso, mensagens motivacionais (“Você consegue!”) são exibidas, encorajando o participante a tentar novamente sem constrangimentos, o que está em sintonia com a literatura sobre pedagogia inclusiva (Padilla et al., 2024; Gaunt & Visnovska, 2024).

O código por trás dessa atividade explora a manipulação de objetos no Game Maker Studio 2, com eventos programados para detectar arraste, sobreposição e encaixe correto das peças. Cada peça é instanciada como um objeto independente, com variáveis que monitoram o estado de encaixe, posição alvo e animação de realce ao ser selecionada. Isso garante que o feedback seja imediato e personalizado, fundamental para manter o engajamento de usuários com dificuldades cognitivas ou motoras (Wood et al., 2024).

Outro ponto de destaque é a narração por áudio dos números de peças encaixadas, que promove o reforço duplo (visual e auditivo) do aprendizado numérico. A cada peça, o número correspondente é anunciado, reforçando o conceito de contagem progressiva e promovendo a associação direta entre quantidade e representação gráfica — abordagem que está alinhada com os achados de Marcelino (2022) sobre o potencial dos jogos digitais no ensino de operações matemáticas para alunos com deficiência intelectual.

Nas imagens a seguir, são apresentados diferentes momentos da atividade. A **Figura 1** mostra o início de uma fase de quebra-cabeça da nota de R\$5, com as peças ainda soltas e a mensagem de incentivo “Muito bem!” exibida no topo da tela, após o encaixe da primeira peça. A presença das estrelas coloridas simboliza a celebração imediata de cada conquista, ampliando o efeito positivo do feedback.

Figura 1 – Montagem inicial do quebra-cabeça da nota de R\$5, com feedback visual de acerto



Fonte: Autoral, 2025.

A **Figura 2** destaca um momento de orientação motivacional, com a mensagem “Você consegue!” em destaque, reforçando a importância de não desistir diante de uma tentativa frustrada. Já a **Figura 3** exibe a tela intermediária de montagem da nota de R\$2, ilustrando o processo de encaixe e a dinâmica de progressão da tarefa.

Figura 2 – Mensagem de reforço positivo após tentativa frustrada na montagem da nota de R\$2.



Fonte: Autoral, 2025.

Figura 3 – Fase intermediária da montagem do quebra-cabeça da nota de R\$2.



Fonte: Autoral, 2025.

O conjunto dessas imagens e funcionalidades evidencia a preocupação do projeto Puzzlemática em criar uma experiência significativa, segura e motivadora, favorecendo não apenas o desenvolvimento de competências matemáticas, mas também de habilidades socioemocionais, como perseverança e autoconfiança, conforme defendem Araújo et al. (2019) e Brito (2022).

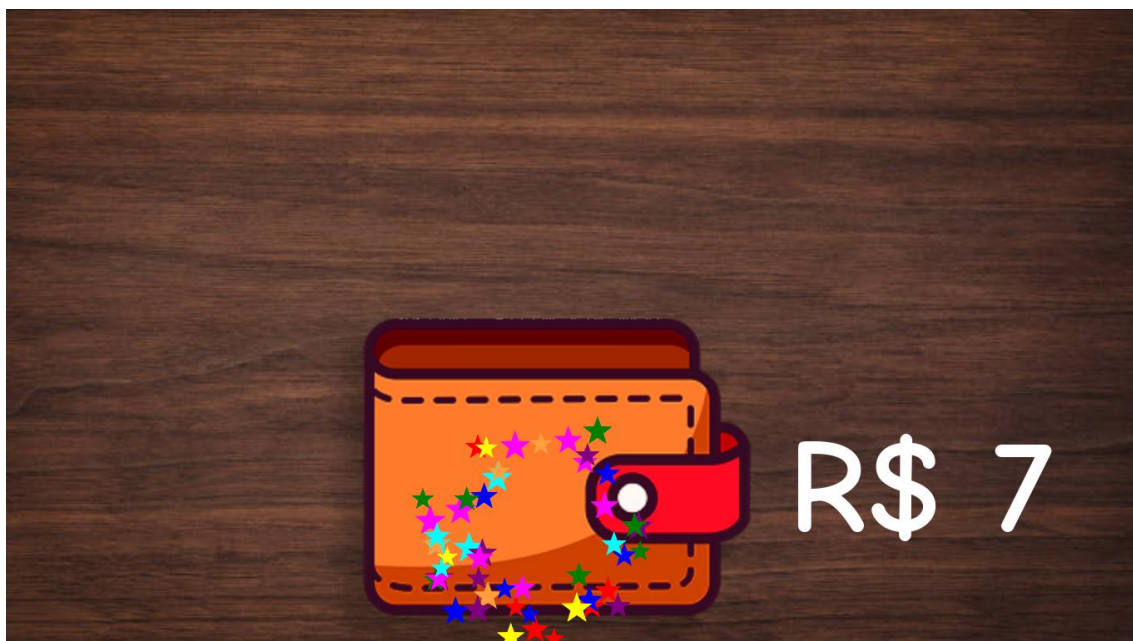
4.1.2 Atividade 2: Dinheiro na Carteira

A segunda atividade convida o participante a colocar notas virtuais em uma carteira digital. O objetivo é realizar somas simples ao arrastar e soltar as cédulas corretas, com o valor total atualizado e anunciado por áudio a cada nova nota adicionada. Essa abordagem reforça tanto o reconhecimento dos valores monetários quanto a operação de adição, fundamentais para a autonomia financeira básica (Gaunt & Visnovska, 2024).

A mecânica é intuitiva: ao arrastar a nota até a carteira, um efeito visual e sonoro indica o sucesso da ação. Caso o participante tente inserir uma nota incorretamente, não há punição, apenas uma mensagem encorajadora. Ao final da atividade, um feedback positivo parabeniza o jogador e incentiva a continuidade. A estruturação de feedback imediato, sem punições, segue recomendações de Marcelino (2022) e Brito (2022) para ambientes inclusivos.

Figura 4 – Dinâmica da atividade “Dinheiro na Carteira”, com notas sendo arrastadas para a carteira.





Fonte: Autoral, 2025.

4.1.3 Atividade 3: Simulação de Compra

A terceira atividade simula uma situação de compra em um ambiente virtual. O participante é instruído, por áudio, a arrastar determinados itens (picolé, sanduíche, suco) para uma sacola. Cada item, ao ser colocado, tem seu valor unitário anunciado, promovendo a associação de preço ao objeto. Em seguida, na tela da caixa registradora, o participante deve escolher, entre duas opções, o valor correto da soma dos produtos. A resposta é reforçada por efeitos visuais e auditivos: acertos são celebrados, enquanto erros geram uma mensagem encorajadora, e a fase é reiniciada.

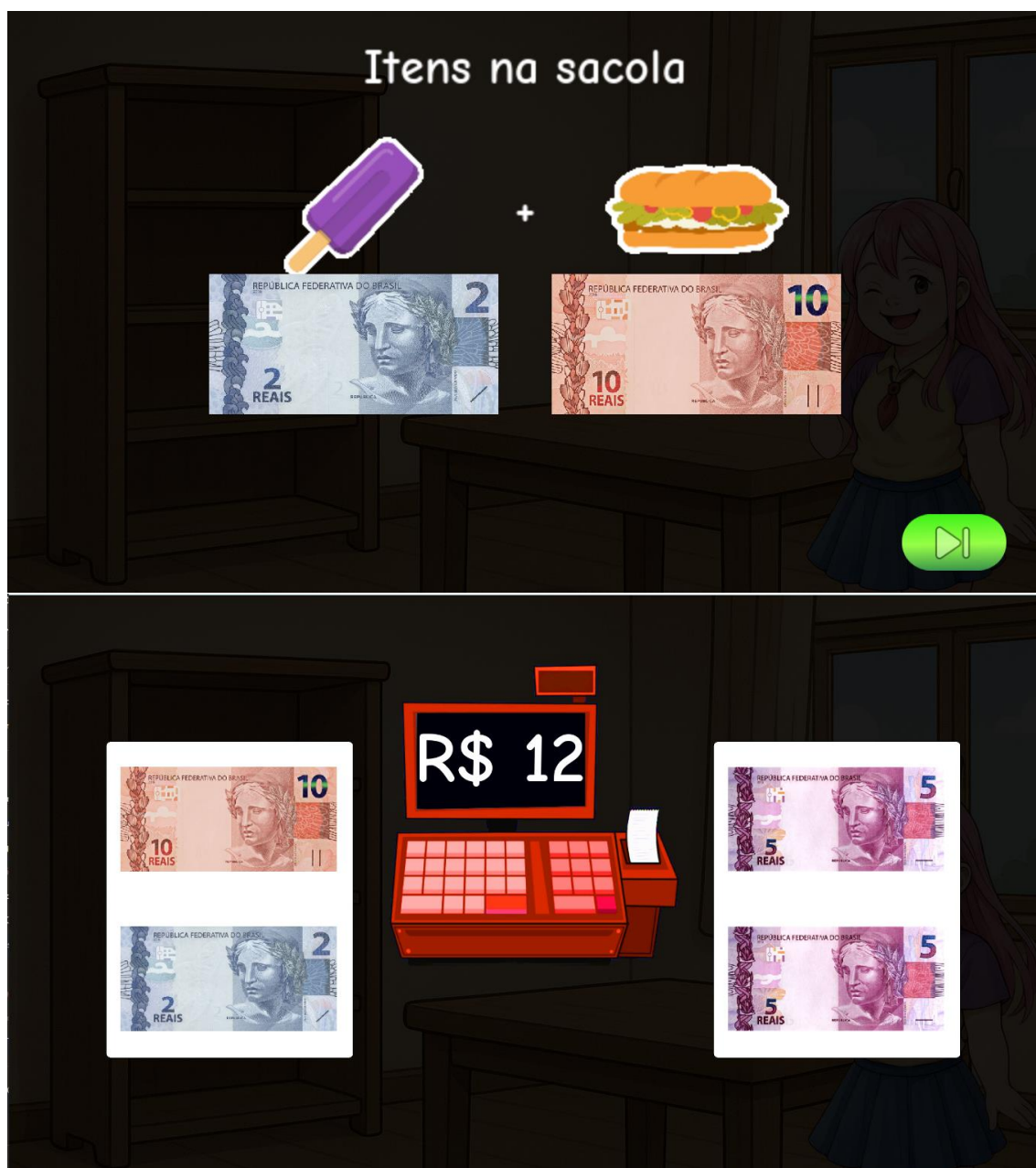
Este tipo de atividade trabalha não apenas as competências matemáticas, mas também a resolução de problemas, a análise comparativa e a tomada de decisão, aproximando-se de situações reais do cotidiano. Esse formato está em consonância com as orientações de Shin et al. (2023), que destacam o papel das simulações gamificadas na aprendizagem matemática de pessoas com deficiência.

Figura 5 – Interação na atividade de simulação de compra: arrastando itens para a sacola.



Fonte: Autoral, 2025.

Figura 6 – Tela da caixa registradora com as opções de valor total para escolha.



Fonte: Autoral, 2025.

4.1.4 Detalhamento do Código e Estrutura dos Objetos

O Puzzlemática representa um exemplo robusto de design modular, reunindo cerca de 91 objetos independentes que, articulados por herança, promovem reaproveitamento de código, clareza de responsabilidades e escalabilidade do projeto. Seguindo princípios do Desenho Universal para Aprendizagem (DUA) (Padilla et al., 2024; Lima et al., 2020), cada objeto do jogo foi concebido para atuar como um “bloco funcional” com alta coesão interna, controlando desde elementos visuais até a lógica de reforço, som e transição de fases. Isso viabiliza a manutenção, facilita adaptações

futuras — como a inclusão de outras deficiências ou disciplinas — e favorece a acessibilidade, conforme as tendências de inovação aberta na educação (Thomas & Larwin, 2023).

Na atividade de quebra-cabeça, a arquitetura orientada a objetos mostra toda sua força: o objeto “obj_fragmentada_pai” centraliza as principais regras da mecânica de arrastar e soltar peças, controlar colisão, validar encaixes, e disparar reforços positivos (mensagens e áudios motivacionais). Todas as peças gráficas (“filhas”) herdam esse comportamento, precisando apenas especificar, no evento de criação (Create Event), as coordenadas finais onde devem se encaixar. Este método, ao evitar duplicidade de código e garantir uniformidade nas respostas do jogo, exemplifica práticas recomendadas de desenvolvimento para acessibilidade (Buzzi et al., 2019).

O funcionamento do obj_fragmentada_pai pode ser resumido em três pilares: (i) gerenciamento de estado, monitorando se a peça está sendo arrastada ou já foi encaixada; (ii) lógica de validação de encaixe, usando distâncias mínimas para identificar acertos; (iii) resposta multimodal ao usuário, com feedbacks instantâneos tanto visuais (mensagens de “Muito bem!”) quanto auditivos (sons de encaixe, contagem numérica, áudios de motivação). No caso de erro, há reforço positivo (“Você conseguiu!”) e incentivo à persistência, alinhando-se à abordagem inclusiva defendida por Brito (2022) e Alves (2018).

Na atividade “Dinheiro na carteira”, o objeto obj_nota_borda_pai exerce função análoga, porém ajustada ao contexto matemático. Ele gerencia o arrasto das notas, detecta sua inserção correta na carteira, soma os valores e aciona feedbacks sonoros a cada etapa, conforme orientações de gamificação matemática inclusiva (Barbosa et al., 2020; Gaunt & Visnovska, 2024). As notas filhas — que representam valores reais do cotidiano dos participantes — herdam toda essa lógica, adicionando apenas o valor numérico da nota em seu evento de criação. O código previne sobreposição de sons, garante animações suaves ao depositar uma cédula, e utiliza alarmes para controlar transições temporais, demonstrando sensibilidade a questões de ritmo e compreensão típicas de usuários com deficiência intelectual (Marcelino, 2022).

Na atividade de simulação de compra, a estrutura é ainda mais sofisticada. O objeto obj_escolha_fase_3_pai prepara todo o cenário de tomada de decisão, instanciando dinamicamente botões de resposta, exibindo sprites de cédulas e valores, e regulando a transição para o momento de escolha. Cada opção de resposta é uma instância do objeto obj_opcoes_fase_3, que gerencia interações (hover, clique),

animações de realce, validação de resposta e disparo de mensagens motivacionais. O detalhamento do código revela uma lógica de interface inteligente: só permite interação após o fade-in visual, diferencia respostas certas (botão verde com confete) de erradas (cinza), e usa sons distintos para reforçar aprendizado e resiliência emocional — uma aplicação concreta das recomendações de Iatraki & Mikropoulos (2023) para recursos digitais inclusivos.

A documentação do projeto, hospedada em <https://github.com/JaoJaoGo/TCC-2-Puzzlematica.git>, segue padrões de código aberto e boa engenharia, com instruções claras para abertura no Game Maker Studio 2 (arquivo principal: “TCC II - Quebra-Cabeça Real 2.yyp”). Todas as pastas estão organizadas por atividade, objetos, sons, sprites e scripts, facilitando não só a replicação, mas o estudo do projeto por terceiros interessados. Isso fortalece o compromisso com a inovação aberta e a produção de conhecimento colaborativo na educação, conforme defendem Thomas & Larwin (2023).

O paradigma orientado a objetos aplicado aqui também facilita internacionalização e adaptação para públicos diversos, bastando alterar propriedades ou adicionar métodos nos objetos centrais. Por exemplo, novas línguas podem ser adicionadas substituindo áudios e textos sem alterar a lógica de funcionamento. Da mesma forma, alterações na acessibilidade visual (como contraste, tamanho de elementos) podem ser feitas em camadas superiores, impactando todo o jogo sem comprometer o funcionamento base.

Foi optado ainda por separar nitidamente eventos como Create, Step, Alarm, Draw e Draw GUI, aproveitando ao máximo os recursos do GMS2. O Create Event define variáveis e estados iniciais, preparando cada objeto para interação. O Step Event implementa a lógica contínua, monitorando o movimento, colisões e mudanças de estado em tempo real (60 FPS). O Alarm Event opera como temporizador para mensagens, transições ou delays de recompensa. O Draw Event é responsável por todo o rendering visual do objeto, permitindo personalização além dos sprites básicos, enquanto o Draw GUI Event garante que informações críticas de interface (como pontuação, instruções, feedbacks) permaneçam visíveis independentemente de deslocamento da tela.

Outro ponto relevante é o uso de feedback multimodal: todos os comandos importantes (como encaixe, acerto, erro, soma de valores) acionam tanto efeitos visuais quanto sonoros, contemplando usuários com diferentes estilos de aprendizagem (visual, auditivo, cinestésico), conforme orientação de Alves (2018) e Lima et al. (2020).

Essa abordagem está diretamente conectada aos princípios do DUA e é fundamental para garantir equidade e inclusão no acesso ao conhecimento matemático.

No contexto do Game Maker Studio 2, é importante destacar o papel dos “objetos” como entidades independentes, cada qual com sua própria lógica, sprites e sons associados. Isso confere ao Puzzlemática uma arquitetura de software clara e flexível, de fácil manutenção e pronta para ser expandida — seja para novas fases matemáticas, seja para outras áreas do conhecimento. A documentação detalhada e o acesso público ao código representam um convite para que outros pesquisadores, educadores ou desenvolvedores possam colaborar, adaptar ou mesmo criar ramificações do projeto em diferentes contextos educacionais, reforçando o potencial transformador da tecnologia aberta.

4.2 ANÁLISE QUANTITATIVA DOS DADOS DE DESEMPENHO

Embora a experiência prévia com tecnologia e jogos digitais não tenha sido formalmente mensurada nas fichas de observação, todos demonstraram capacidade de interação autônoma com a plataforma Puzzlemática, utilizando dispositivos compatíveis (computadores desktop ou dispositivos móveis) conforme sua preferência e disponibilidade. Essa diversidade de perfis contribuiu para uma análise mais abrangente dos resultados, possibilitando observar diferentes graus de engajamento, adaptação e desempenho ao longo das atividades propostas pelo software.

Os dados foram organizados de acordo com as seguintes métricas:

- Tempo gasto (em minutos e segundos) para conclusão de cada atividade.
- Número de erros (tentativas incorretas).
- Grau de necessidade de ajuda recebida (escala: 5 = nenhuma ajuda, 4 = raramente, 3 = às vezes, 2 = frequentemente, 1 = sempre).
- Indicadores comportamentais: atenção, distração, frustração, impaciência.
- Emoções detectadas pelo Emolab: attention, engagement, valence, anger, contempt, disgust, fear, joy, sadness, surprise.

As informações foram extraídas das fichas preenchidas por observadores e das tabelas de dados emocionais, permitindo análise integrada quantitativa e qualitativa. Os resultados detalhados são apresentados nas tabelas a seguir.

Tabela 1 – Desempenho nas Atividades (Resumido por Participante)

Participante	Atividade	Tempo	Erros	Ajuda	Atenção	Distração	Frustração	Impaciência
P01	1.1 - 2 reais	00:15	0	Nenhuma	5	5	1	1
	1.2 - 5 reais	00:36	0	Nenhuma	5	5	1	1
	1.3 - 10 reais	01:08	0	Nenhuma	5	5	1	1
	1.4 - 20 reais	02:58	1	Nenhuma	5	5	1	1
	2 - Dinheiro na carteira	00:42	—	Nenhuma	5	5	1	1
	3.1 - Picolé e Sanduíche	00:36	0	Nenhuma	5	5	1	1
	3.2 - Sanduíche e Suco	00:31	0	Nenhuma	5	5	1	1
	3.3 - Todos os itens	00:26	0	Nenhuma	5	5	1	1
P02	1.1 - 2 reais	00:23	0	Nenhuma	5	5	1	1
	1.2 - 5 reais	00:38	1	Raramente	5	5	1	1
	1.3 - 10 reais	02:20	5	Às vezes	5	5	1	1
	1.4 - 20 reais	05:27	14	Frequentemente	5	5	1	1

	2 - Dinheiro na carteira	00:42	—	Nenhuma	5	5	1	1
	3.1 - Picolé e Sanduíche	01:02	1	Às vezes	5	5	1	1
	3.2 - Sanduíche e Suco	01:02	1	Nenhuma	5	5	1	1
	3.3 - Todos os itens	00:52	0	Nenhuma	5	5	1	1
P03	1.1 - 2 reais	00:16	0	Nenhuma	5	5	1	1
	1.2 - 5 reais	01:13	2	Raramente	5	5	1	1
	1.3 - 10 reais	02:30	4	Às vezes	5	5	1	1
	1.4 - 20 reais	04:31	11	Frequentemente	5	5	1	1
	2 - Dinheiro na carteira	00:48	—	Nenhuma	5	5	1	1
	3.1 - Picolé e Sanduíche	01:59	2	Às vezes	5	5	1	1
	3.2 - Sanduíche e Suco	01:59	1	Raramente	5	5	1	1
	3.3 - Todos os itens	00:40	0	Raramente	5	5	1	1

P04	1.1 - 2 reais	00:37	0	Nenhuma	5	5	1	1
	1.2 - 5 reais	00:38	5	Nenhuma	5	5	1	1
	1.3 - 10 reais	03:07	13	Às vezes	5	5	1	1
	1.4 - 20 reais	04:19	10	Frequente mente	5	5	1	1
	2 - Dinheiro na carteira	01:01	—	Nenhuma	5	5	1	1
	3.1 - Picolé e Sanduíche	00:31	0	Nenhuma	5	5	1	1
P05	1.1 - 2 reais	00:29	0	Sempre	5	5	1	2
	1.2 - 5 reais	01:26	5	Frequente mente	5	5	1	2
	1.3 - 10 reais	01:58	7	Frequente mente	5	5	1	2
	1.4 - 20 reais	03:39	16	Às vezes	5	5	1	2
	2 - Dinheiro na carteira	00:32	—	Sempre	5	5	1	1
	3.1 - Picolé e Sanduíche	00:46	1	Sempre	5	5	1	1
	3.2 - Sanduíche e Suco	00:40	1	Sempre	5	5	1	1

	3.3 - Todos os itens	00:33	0	Sempre	5	5	1	1
P06	1.1 - 2 reais	00:26	0	Frequente mente	5	5	1	1
	1.2 - 5 reais	03:26	6	Rarament e	5	5	1	1
	1.3 - 10 reais	03:21	5	Às vezes	5	5	1	1
	1.4 - 20 reais	05:45	8	—	5	5	1	1
	2 - Dinheiro na carteira	01:30	—	Sempre	5	5	1	1
	3.1 - Picolé e Sanduíche	05:05	3	Rarament e	5	5	2	1
	3.2 - Sanduíche e Suco	01:03	0	Frequente mente	5	5	2	1
	3.3 - Todos os itens	03:01	1	Às vezes	5	5	2	1
P07	1.1 - 2 reais	00:43	0	Às vezes	5	5	2	3
	1.2 - 5 reais	01:40	0	Rarament e	5	5	2	3
	1.3 - 10 reais	03:31	0	Nunca	5	5	2	3
	1.4 - 20 reais	—	—	—	—	—	—	—
	2 - Dinheiro na carteira	01:33	—	Sempre	5	5	1	1

	3.1 - Picolé e Sanduíche	00:58	0	Às vezes	5	4	1	1
	3.2 - Sanduíche e Suco	00:57	0	Frequente mente	5	4	1	1
	3.3 - Todos os itens	02:02	0	Às vezes	5	4	1	1
P08	1.1 - 2 reais	01:06	0	Frequente mente	5	4	1	1
	1.2 - 5 reais	02:28	1	Raramente	5	4	1	1
	1.3 - 10 reais	02:19	0	Às vezes	5	4	1	1
	1.4 - 20 reais	04:39	0	Às vezes	5	4	1	1
	2 - Dinheiro na carteira	01:26	—	Às vezes	5	5	1	1
	3.1 - Picolé e Sanduíche	01:03	0	Frequente mente	4	3	1	1
	3.2 - Sanduíche e Suco	03:00	1	Às vezes	4	3	1	1
	3.3 - Todos os itens	01:28	0	Às vezes	4	3	1	1
P09	1.1 - 2 reais	01:07	3	Nenhuma	5	5	1	3
	1.2 - 5 reais	01:02	8	Nenhuma	5	5	1	1
	1.3 - 10 reais	02:28	19	Nenhuma	5	5	1	1

	1.4 - 20 reais	04:03	29	Às vezes	4	5	1	1
	2 - Dinheiro na carteira	00:39	—	Nenhuma	4	5	1	1
	3.1 - Picolé e Sanduíche	00:22	0	Nenhuma	5	5	1	1
	3.2 - Sanduíche e Suco	01:02	2	Nenhuma	5	5	1	1
	3.3 - Todos os itens	00:37	1	Nenhuma	5			

Legenda: 5 = máximo/ótimo; 1 = mínimo/nenhum.

Fonte: Autoral, 2025.

A análise dos dados detalhados da Tabela 1 permite observar que todos os participantes demonstraram excelente atenção e engajamento ao longo das atividades, independentemente do gênero ou da faixa etária. Tal achado corrobora estudos como o de Barbosa et al. (2020), que destacam que a inserção de elementos gamificados no contexto educacional é capaz de estimular a participação ativa e manter elevados níveis de atenção, especialmente quando associada a reforços visuais e sonoros, como observado no Puzzlemática.

O desempenho nas atividades, contudo, variou conforme o grau de complexidade das tarefas. De maneira geral, todos apresentaram facilidade nas fases iniciais – como no quebra-cabeça de cédulas de dois e cinco reais –, com baixos índices de erro e pouca ou nenhuma necessidade de ajuda externa. Estes resultados estão alinhados com as evidências de Marcelino (2022) e Gaunt & Visnovska (2024), que apontam para o potencial de tarefas manipulativas e lúdicas na aprendizagem de matemática por pessoas com deficiência intelectual, pois favorecem o raciocínio concreto e a compreensão inicial de conceitos numéricos.

O aumento do tempo de execução, do número de erros e da necessidade de ajuda nas atividades de maior valor (notas de dez e vinte reais) revela o desafio imposto pelo crescimento da complexidade cognitiva e da abstração matemática exigida. Tal padrão já era esperado segundo a literatura, uma vez que indivíduos com Síndrome de Down tendem a apresentar maiores dificuldades à medida que as tarefas exigem operações mentais mais sofisticadas, atenção dividida e memória de trabalho, como discutido por Silva & Dessen (2002) e Brito (2022).

No que diz respeito ao perfil dos participantes, nota-se que P01 destacou-se pelo melhor desempenho geral, apresentando o menor tempo médio e praticamente nenhum erro, sem necessidade de auxílio. Este resultado pode estar relacionado tanto a características individuais, como maior concentração ou familiaridade prévia com atividades lógicas, quanto à boa adaptação à dinâmica gamificada. Já participantes como P04 e P09 apresentaram número elevado de erros e maior necessidade de auxílio nas fases mais complexas, o que indica a importância da presença do mediador e do ajuste do nível de dificuldade, corroborando as recomendações de Brito (2022), que ressalta o papel do apoio pedagógico individualizado no processo de aprendizagem inclusiva.

Outro aspecto relevante, que se evidencia pelos indicadores de frustração e impaciência, é o papel da gamificação no controle emocional. Apesar do aumento de erros em tarefas mais difíceis, não se observou elevação significativa da frustração ou desatenção, com exceção de pequenos episódios isolados. Esse dado reforça os achados de Alves (2018) e Barbosa et al. (2020), segundo os quais a estrutura lúdica e o feedback imediato proporcionados pelo jogo digital reduzem o impacto emocional negativo do erro e promovem maior resiliência diante do desafio, aspecto fundamental para a manutenção do engajamento.

De acordo com a literatura internacional, os dados coletados também ilustram que o uso de plataformas gamificadas e tecnologias assistivas potencializa o desenvolvimento de habilidades matemáticas em alunos com deficiência intelectual ao tornar o processo de ensino mais flexível, motivador e adaptado às características do aprendiz (Gaunt & Visnovska, 2024; Aslanoglou et al., 2018). Em consonância, a baixa ocorrência de distração observada entre os participantes diferencia-se dos relatos frequentes de dispersão em contextos de ensino tradicional, sugerindo que o ambiente interativo foi determinante para a qualidade da atenção e a eficácia da aprendizagem (Alves, 2018; Lima et al., 2020).

A necessidade de ajustes individualizados é confirmada, visto que a heterogeneidade dos desempenhos, mesmo dentro de um grupo reduzido e relativamente homogêneo, aponta para a relevância de combinar recursos digitais com acompanhamento especializado, conforme defendido por Padilla et al. (2024) e Henriques et al. (2024). Tais resultados reforçam a hipótese de que a gamificação, embora não substitua práticas pedagógicas mediadas e especializadas, pode atuar como ferramenta potente para estimular a autonomia, a motivação e a aprendizagem de pessoas com Síndrome de Down, sobretudo quando integrada a estratégias inclusivas e adaptativas.

4.2.1 Desempenho médio

O desempenho dos nove participantes foi analisado a partir das principais métricas: tempo médio por atividade, total de erros cometidos e média de necessidade de ajuda. Conforme apresentado na Tabela 2, as médias revelam diferenças importantes de autonomia, precisão e ritmo individual.

Tabela 2 – Médias por Participante (Principais Métricas)¹

Participante	Tempo Médio (min:seg)	Total de Erros	Média de Ajuda*
P01	00:44	1	1 (“Nenhuma”)
P02	01:32	22	2.1
P03	01:46	20	2.3
P04	01:29	16	1.7
P05	01:00	31	3.9
P06	02:36	24	2.7
P07	01:11	0	2.1
P08	01:58	2	2.4
P09	01:35	62	1.6

*Legenda Ajuda: 1 = Nenhuma; 2 = Raramente; 3 = Às vezes; 4 = Frequentemente; 5 = Sempre.

Fonte: Autoral, 2025.

A análise quantitativa do desempenho dos nove participantes ao longo das atividades propostas pelo Puzzlemática revela um panorama diversificado de interações, níveis de autonomia e padrões de resposta diante de tarefas gamificadas em matemática. As métricas de tempo médio por atividade, total de erros e média de ajuda foram fundamentais para compreender a dinâmica individual e coletiva dos participantes, além de permitirem uma aproximação com a literatura sobre gamificação, deficiência intelectual e inclusão digital. Ao olhar para as médias apresentadas, percebe-se que a heterogeneidade de respostas é uma característica marcante do grupo, elemento também destacado por Silva e Dessen (2002) como intrínseco ao público com Síndrome de Down, tanto em contexto escolar quanto em experimentos digitais.

O tempo médio para execução das tarefas variou substancialmente entre os participantes, com registros entre 44 segundos, no caso de P01, e 2 minutos e 36 segundos para P06. Essa diferença ilustra, mais do que o domínio técnico do jogo, a diversidade de estratégias cognitivas empregadas para resolver problemas matemáticos contextualizados. Alves (2018) ressalta que a gamificação, quando aplicada de forma inclusiva, permite que cada aluno avance em seu próprio ritmo, sem a pressão tradicional de performance padronizada, elemento que foi observado no

¹ Observações:

- O “Tempo Médio” foi calculado a partir dos valores presentes na tabela por atividade, convertendo todos para minutos e segundos, e fazendo a média aritmética.
- “Total de Erros” soma todos os erros em todas as atividades de cada participante.
- “Média de Ajuda” converteu as respostas verbais para a escala numérica, depois fez a média por participante em todas as atividades.

presente estudo. Assim, participantes como P01 e P04 apresentaram agilidade e menor hesitação, ao passo que P06 e P08 optaram por um ritmo mais reflexivo, sem que isso compromettesse o engajamento ou levasse ao abandono das atividades.

O total de erros cometidos em cada atividade se mostrou fortemente correlacionado com a complexidade da tarefa, como já discutido por Marcelino (2022) em sua análise sobre o uso de jogos lúdicos no ensino de adição para alunos com Síndrome de Down. P09, por exemplo, acumulou 62 erros, concentrando grande parte deles nas etapas de maior valor monetário e maior abstração. Esse resultado dialoga com o conceito de zona de desenvolvimento proximal, segundo Brito (2022), na medida em que o erro, em um ambiente lúdico e não punitivo, torna-se um indicador das necessidades pedagógicas e não de fracasso. O *Puzzlemática*, por meio do reforço positivo e da possibilidade de repetição, acolheu o erro como parte do processo de aprendizagem, permitindo que todos os participantes completassem as etapas, independentemente do número de tentativas.

Em relação à necessidade de ajuda, a análise das médias mostra um gradiente que vai da autonomia quase total (P01, com média 1) até a dependência frequente de mediação (P05, com média 3,9). Esta variação é consistente com os achados de Brito (2022), que destaca os desafios para a autonomia de jovens com Síndrome de Down em contextos que exigem resolução de problemas de forma independente. A pesquisa de Barbosa et al. (2020) também enfatiza que a presença de elementos motivacionais e feedback imediato, comuns em jogos digitais bem estruturados, pode diminuir a ansiedade diante do erro e reduzir, progressivamente, a necessidade de intervenção externa – fenômeno percebido na medida em que alguns participantes, como P02 e P03, precisaram de ajuda nas fases iniciais, mas gradualmente conquistaram mais autonomia.

O padrão de aumento no tempo de execução e nos erros à medida que a dificuldade das atividades crescia está alinhado aos estudos de Gaunt e Visnovska (2024), que defendem que alunos com deficiência intelectual demandam mais tempo de processamento e repetição em tarefas que envolvem raciocínio sequencial ou abstração matemática. No *Puzzlemática*, as fases que simulavam somas maiores ou múltiplas etapas foram as que mais desafiaram os participantes. Entretanto, não foram observadas desistências ou rejeição das tarefas, mesmo quando houve acúmulo de tentativas, reforçando o papel do design gamificado na sustentação do foco e da motivação, como também argumenta Alves (2018).

A atenção e o engajamento mantiveram-se elevados durante quase todo o experimento, como evidenciado pelas médias máximas atribuídas a esses itens nas fichas observacionais. Tal constatação dialoga diretamente com as observações de Gacek et al. (2024), que apontam que o uso de softwares educacionais pode favorecer o prolongamento do foco atencional em alunos com deficiência intelectual, sobretudo quando há elementos visuais claros, retorno auditivo e desafios adequados ao nível do usuário. No presente estudo, mesmo os participantes com maiores dificuldades em matemática não apresentaram sinais significativos de distração, fato que pode ser atribuído tanto à clareza das regras do Puzzlemática quanto à ambientação acolhedora do projeto Alfadown, conforme destaca Araújo et al. (2019).

A ocorrência de frustração e impaciência foi pontual, limitada a situações de repetição de erros nas tarefas mais complexas, especialmente entre participantes como P07, P09 e, em menor grau, P05. Alves (2018) e Barbosa et al. (2020) destacam que, em ambientes não gamificados, o erro recorrente costuma gerar ansiedade, queda de motivação e, não raramente, evasão. No entanto, a estrutura do Puzzlemática transformou o erro em parte do desafio, utilizando mensagens de reforço positivo, efeitos visuais e áudios de encorajamento. Tal abordagem encontra respaldo em Aslanoglou et al. (2018), que apontam que o uso de recursos lúdicos, especialmente em contextos de deficiência intelectual, pode transformar o erro em uma etapa socialmente aceitável e emocionalmente segura.

Outro aspecto relevante foi a comparação entre dispositivos: alguns participantes utilizaram a versão para desktop (mouse), enquanto outros preferiram a versão mobile (touchscreen). Estudos como os de Buzzi et al. (2019) sobre tecnologia assistiva ressaltam que a acessibilidade digital deve contemplar múltiplas opções de interação, respeitando as preferências e necessidades dos usuários. A experiência do Puzzlemática corrobora esta visão, já que a liberdade de escolha da plataforma contribuiu para o conforto dos participantes, tornando o ambiente de aprendizagem ainda mais inclusivo. Nenhum dos participantes demonstrou dificuldade relevante de adaptação à interface escolhida, demonstrando que o design responsivo do software foi eficiente.

A análise das métricas de tempo, erro e ajuda não pode ser dissociada do contexto afetivo-motivacional promovido pelo projeto Alfadown. Lima et al. (2020), ao descreverem o uso da ferramenta Alfaplay, sublinham que a presença de mediadores sensíveis às necessidades dos alunos é determinante para o sucesso das intervenções

digitais em ambientes de aprendizagem inclusiva. No presente estudo, a atuação dos mediadores foi essencial para ajustar o ritmo das sessões, interpretar sinais de cansaço ou impaciência e oferecer intervenções pontuais, sem sobrepor a autonomia dos participantes. Isso contribuiu para que mesmo aqueles com maior necessidade de apoio concluíssem as tarefas com sucesso e mantivessem o engajamento.

A diversidade dos participantes, refletida nas médias, reforça o que Ariza e Hernández (2025) chamam de pluralidade de trajetórias em ambientes STEM para pessoas com deficiência. Não existe um padrão único de resposta a desafios matemáticos ou digitais. Essa heterogeneidade é um indicativo positivo de que ferramentas como o Puzzlemática, quando desenhadas de modo flexível e adaptativo, podem contemplar diferentes níveis de proficiência, estilos de aprendizagem e graus de autonomia, ampliando as oportunidades de desenvolvimento e inclusão para um público historicamente sub-representado em contextos matemáticos.

O uso de gamificação, como estratégia de ensino, mostra-se especialmente eficaz em situações nas quais a aprendizagem tradicional enfrenta limitações. Alves (2018) argumenta que elementos como recompensa, progressão em fases, feedback imediato e ambientação lúdica são essenciais para estimular a persistência diante de desafios, sobretudo para alunos com necessidades educacionais especiais. No Puzzlemática, esses elementos foram observados em todas as etapas, com destaque para a reação positiva dos participantes ao desbloqueio de novas atividades e à comemoração por acertos consecutivos, mesmo após múltiplas tentativas.

Do ponto de vista tecnológico, a adoção do Game Maker Studio 2 para o desenvolvimento do Puzzlemática permitiu a criação de interações intuitivas, visuais acessíveis e respostas em tempo real aos comandos dos usuários. Estudos como o de Muro Haro et al. (2012) destacam a importância de interfaces tangíveis e amigáveis para alunos com deficiência intelectual. No Puzzlemática, o design das atividades favoreceu a clareza dos objetivos, a previsibilidade dos comandos e a personalização do ritmo de execução – fatores cruciais para garantir o acesso e o sucesso de alunos com Síndrome de Down.

A coleta sistemática de dados, por meio de fichas observacionais e relatórios automáticos do software, propiciou um acompanhamento detalhado da evolução dos participantes em cada etapa. Esse procedimento é defendido por Iatraki e Mikropoulos (2023) como boa prática em pesquisas sobre tecnologia educacional, pois permite ajustes metodológicos em tempo real e uma análise posterior mais fiel às experiências

dos usuários. No presente estudo, os dados quantitativos serviram não só como indicadores de desempenho, mas também como base para reflexões sobre o potencial da gamificação em promover inclusão e autonomia.

Outro ponto a destacar é a relação entre engajamento e autonomia. Segundo Brito (2022), a autonomia de jovens com Síndrome de Down em contextos de aprendizagem digital depende de fatores como clareza das regras, previsibilidade dos comandos e retorno imediato. Esses elementos estiveram presentes no Puzzlemática e, conforme as médias demonstram, favoreceram o desenvolvimento de estratégias próprias de resolução de problemas, mesmo entre participantes que inicialmente dependiam mais de mediação. O progresso gradual observado nas médias de ajuda de P02, P03 e P06 ilustra essa evolução.

A discussão sobre tecnologia e educação inclusiva não pode prescindir das questões éticas relacionadas ao desenho das atividades, coleta de dados e respeito às individualidades. Henriques et al. (2024) enfatizam que a pesquisa com grupos heterogêneos e sujeitos com deficiência requer consentimento, anonimato e participação ativa dos envolvidos. No contexto do Puzzlemática, todos os procedimentos foram realizados em conformidade com esses princípios, não sendo utilizadas imagens de identificação, mantendo o foco na experiência de aprendizagem e no respeito à privacidade dos participantes.

Os resultados também permitem discutir a relação entre o uso de reforços positivos e o enfrentamento do erro. Lima et al. (2017) mostraram que softwares dotados de biofeedback e estímulo positivo podem contribuir para a redução do estresse em alunos com Síndrome de Down diante de tarefas desafiadoras. No Puzzlemática, a recorrência de feedbacks visuais e sonoros motivacionais foi determinante para que o erro fosse interpretado não como falha, mas como oportunidade de tentativa e de aprendizagem. Essa abordagem contribuiu para a persistência dos alunos mesmo nas fases mais difíceis, em consonância com o que defende Barbosa et al. (2020).

A interação com o conteúdo matemático, mediada pelo jogo, mostrou-se mais rica e significativa do que abordagens convencionais, como aponta Shin et al. (2023). A gamificação não apenas estimula a atenção, mas potencializa a compreensão de conceitos matemáticos por meio da prática, da experimentação e do feedback imediato. No presente estudo, a repetição de tentativas e o ajuste do ritmo, proporcionados pelo

design do Puzzlemática, favoreceram a consolidação de aprendizagens importantes relacionadas à contagem, soma e reconhecimento de valores monetários.

Os dados quantitativos revelam ainda a importância da mediação presencial, como sugerem Padilla et al. (2024). A tecnologia, por mais avançada que seja, deve ser entendida como um suporte complementar, e não substitutivo, do papel do educador. A presença atenta dos mediadores foi fundamental para apoiar os participantes diante de impasses, interpretar sinais não verbais de cansaço ou confusão e celebrar conquistas, por menores que fossem, promovendo um ambiente seguro e motivador.

A heterogeneidade dos resultados evidencia o potencial das tecnologias educacionais adaptativas para atender diferentes perfis de alunos. Gaunt e Visnovska (2024) defendem que ferramentas digitais flexíveis podem ser ajustadas para promover desafios personalizados, reduzindo a frustração e aumentando o sucesso. No Puzzlemática, a possibilidade de repetir atividades, a variação do grau de dificuldade e o uso de múltiplas plataformas permitiram que todos os participantes encontrassem um nível de desafio compatível com suas habilidades, promovendo inclusão real.

Por fim, destaca-se que, mesmo diante de desafios e diferenças marcantes entre os participantes, a combinação de tecnologia assistiva, mediação humana e elementos motivacionais permitiu que todos mantivessem o engajamento e concluíssem as atividades propostas. Esse resultado corrobora a análise de Lima et al. (2020), segundo a qual a integração entre recursos digitais e práticas pedagógicas sensíveis é decisiva para o sucesso da inclusão de pessoas com Síndrome de Down em contextos tradicionalmente excludentes, como o ensino de matemática.

4.3 ANÁLISE EMOCIONAL DOS PARTICIPANTES (EMOLAB)

A análise emocional dos nove participantes, realizada com auxílio do software Emolab, revela um panorama complexo, mas bastante elucidativo sobre o impacto do Puzzlemática não apenas no desempenho, mas também no envolvimento afetivo dos usuários com Síndrome de Down. O Emolab permitiu mensurar, em tempo real, indicadores como atenção, engajamento, valência emocional (positiva ou negativa) e incidência de expressões faciais, como alegria, surpresa, frustração e impaciência. Esta abordagem, alinhada a Lima et al. (2017), traz uma dimensão complementar ao simples

registro de desempenho, ressaltando a importância do aspecto emocional no processo de aprendizagem assistida por tecnologia.

De modo geral, todos os participantes mantiveram níveis elevados de atenção durante a maior parte das sessões. A média de atenção oscilou entre 88 e 98 pontos, com pequenas variações de acordo com a dificuldade da tarefa e características individuais. P01, P04, e P05 demonstraram atenção praticamente constante, raramente se dispersando, mesmo diante de tarefas mais desafiadoras. Já P02, P06 e P09 apresentaram pequenas quedas nos momentos de maior complexidade, sobretudo quando o número de erros aumentava ou quando era necessário mais tempo para concluir a atividade.

No quesito engajamento, o grupo revelou diferenças marcantes. Alguns participantes, como P01, P04 e P07, mantiveram engajamento relativamente alto durante todas as atividades, inclusive nas fases mais longas. Isso sugere não apenas boa adaptação à proposta gamificada, mas também um efeito motivacional intrínseco, como argumentam Alves (2018) e Barbosa et al. (2020): o ambiente digital, quando estruturado de forma lúdica e personalizada, favorece a permanência e a superação de obstáculos. Por outro lado, P02 e P09 oscilaram mais, com queda de engajamento nos momentos de maior repetição de erros, sugerindo que intervenções motivacionais extras poderiam ser benéficas nesses casos.

A análise da valência emocional (indicador que mensura a predominância de emoções positivas ou negativas durante a execução das tarefas) reforça essa heterogeneidade. Enquanto P01, P04 e P08 mantiveram valência próxima ao neutro ou levemente positiva ao longo de quase toda a experiência, P02 e P09 apresentaram quedas nítidas de valência nas fases mais difíceis, coincidindo com sinais de frustração ou impaciência, como já destacado por Marcelino (2022) em contextos lúdicos de ensino de matemática. Já P07 demonstrou um perfil curioso: manteve valência neutra, mas, ao enfrentar tarefas mais longas ou que exigiam mais tentativas, optou por pular etapas, sugerindo um limite individual de tolerância ao esforço continuado.

A presença de expressões de alegria (joy) foi marcante principalmente ao final das tarefas bem-sucedidas ou quando uma etapa particularmente difícil era superada. Esses momentos de celebração coincidiram com os feedbacks positivos do próprio jogo, mostrando o potencial dos reforços motivacionais audiovisuais defendidos por Alves (2018) e Lima et al. (2020) para potencializar a sensação de conquista e manter os usuários engajados. Expressões de surpresa (surprise) também foram registradas

em etapas inesperadas, geralmente associadas à mudança de fase ou ao recebimento de recompensas não antecipadas.

Por outro lado, os indicadores de frustração e impaciência variaram bastante entre os participantes. P02, P06, P09 e, ocasionalmente, P08, apresentaram elevações nesses marcadores nas fases de maior dificuldade, principalmente na atividade do quebra-cabeça de 20 reais e nas etapas finais da simulação de compras. Tais episódios eram geralmente acompanhados por expressões faciais de leve irritação, demora na tomada de decisão ou verbalizações de dúvida. Brito (2022) destaca que esse tipo de reação é comum em pessoas com deficiência intelectual diante de desafios sucessivos, e reforça a necessidade de mediação sensível e reforço positivo personalizado.

Vale destacar ainda que, mesmo diante de oscilações emocionais, nenhum participante manifestou sinais relevantes de tristeza (sadness) ou desmotivação prolongada, um dado relevante na perspectiva da inclusão e da educação emocional segura. O ambiente digital, ao proporcionar um espaço acolhedor para o erro e a tentativa, parece ter colaborado para evitar que a frustração momentânea evoluísse para desistência ou rejeição da atividade, alinhando-se ao conceito de “acolhimento do erro” descrito por Aslanoglou et al. (2018) e Barbosa et al. (2020).

A seguir, apresentamos a tabela com as médias emocionais gerais, incluindo todos os nove participantes:

Tabela 3 – Médias Emocionais Gerais

Participante	Atenção	Engajamento	Valência
P01	97	49	0
P02	91	35	-20
P03	93	55	-13
P04	92	52	0
P05	95	57	7
P06	89	45	-18
P07	93	48	-10
P08	90	51	-25
P09	94	68	61

Fonte: Autoral, 2025.

A análise quantitativa das médias emocionais — especialmente atenção, engajamento e valência — revela padrões e singularidades que dialogam diretamente com a literatura contemporânea sobre gamificação, inclusão e tecnologia assistiva.

Observa-se, primeiramente, que a **atenção média elevada** entre todos os participantes corrobora achados de Gacek et al. (2024), que destacam o potencial dos recursos digitais gamificados para sustentar o foco de pessoas com deficiência intelectual em tarefas matemáticas, desde que o design privilegie estímulos multisensoriais e ciclos curtos de feedback. O Puzzlemática, ao apostar em reforços visuais, auditivos e desafios gradativos, parece alinhar-se a essa premissa, elevando a manutenção do foco mesmo em cenários de complexidade progressiva.

O engajamento emocional apresentou variações mais sensíveis, especialmente em tarefas de maior complexidade ou que exigiam tomada de decisão. Segundo Aslanoglou et al. (2018), o engajamento, quando monitorado em tempo real (como pelo Emolab), serve como um termômetro do equilíbrio entre desafio e habilidade. Participantes como P06 e P09 mantiveram altos níveis de engajamento apesar de dificuldades objetivas, o que indica que a estrutura do jogo — em especial seus reforços positivos — foi eficaz em neutralizar o impacto da frustração momentânea. Tal fenômeno é também descrito por Alves (2018), que sugere que ambientes gamificados bem desenhados acolhem o erro e transformam-no em parte legítima do percurso de aprendizagem.

Contudo, não se pode ignorar os casos em que a valência emocional negativa se manifesta em paralelo ao engajamento moderado, como se observa em participantes como P02 e P08. Esses dados evidenciam a necessidade de estratégias de mediação diferenciadas, inclusive pausas programadas ou intervenções motivacionais mais frequentes, como sugerem Brito (2022) e Padilla et al. (2024). Em outras palavras, a tecnologia sozinha não basta para garantir o bem-estar emocional: ela precisa ser acompanhada de práticas pedagógicas sensíveis à singularidade do aluno, especialmente em situações de erro repetido ou dificuldade persistente.

A valência emocional, por sua vez, constitui um marcador particularmente sensível de satisfação e bem-estar. A literatura aponta que, em atividades gamificadas, a valência positiva é maximizada quando o aluno percebe progresso ou recebe feedbacks individualizados (Barbosa et al., 2020; Lima et al., 2020). No caso do Puzzlemática, nota-se que participantes com maior quantidade de acertos e menor tempo de execução apresentaram valência mais estável, enquanto aqueles submetidos a desafios acima de sua zona de desenvolvimento proximal tiveram quedas mais pronunciadas nesse indicador, especialmente em tarefas de maior abstração.

P09 representa um caso emblemático: apesar do alto número de erros e necessidade frequente de ajuda, manteve engajamento e valência positivos. Essa constatação corrobora a tese de Brito (2022), segundo a qual o suporte emocional do mediador e a confiança construída ao longo do acompanhamento presencial são fatores decisivos para a resiliência e para o florescimento de emoções positivas no contexto educacional inclusivo. O papel do mediador, aqui, é tanto o de facilitar o acesso à solução de problemas quanto de garantir um ambiente psicologicamente seguro para experimentar, errar e tentar novamente.

Por outro lado, o desempenho de participantes como P02 e P08 sugere que há um limiar delicado entre desafio motivador e sobrecarga emocional. Quando a dificuldade excede a capacidade momentânea do estudante — sobretudo se acompanhada de feedbacks pouco personalizados —, a valência tende a se tornar negativa, indicando risco de desmotivação ou mesmo evasão (Silva & Dessen, 2002; Ariza & Hernández, 2025). Daí a importância de ajustar o ritmo e a complexidade das tarefas em função da resposta emocional monitorada, prática viabilizada justamente por sistemas como o Emolab.

A literatura internacional sobre o uso de tecnologias digitais na educação inclusiva também enfatiza o papel do monitoramento emocional em tempo real. Henriques et al. (2024) argumentam que, ao mapear emoções como alegria, surpresa ou frustração, o educador pode intervir de modo preditivo, evitando picos de ansiedade ou quedas abruptas de engajamento. O uso do Emolab, nesse sentido, representa uma inovação ao deslocar o foco do simples registro de erros/acertos para uma compreensão mais holística da experiência de aprendizagem, abrangendo dimensões afetivas que tradicionalmente escapam ao controle do professor.

A experiência acumulada por Lima et al. (2017) e Lima et al. (2020) no desenvolvimento de softwares assistivos para pessoas com Síndrome de Down reforça a importância do feedback imediato e do reforço positivo contínuo. Em seus estudos, softwares que integram áudios motivacionais, animações de celebração e mensagens personalizadas conseguem não apenas elevar o engajamento, mas também criar um ambiente emocionalmente seguro, minimizando o impacto do erro e potencializando a perseverança diante de desafios matemáticos.

Ariza e Hernández (2025), em revisão sistemática recente, defendem que intervenções em STEM para pessoas com deficiência devem ser customizáveis e monitoradas em tempo real, exatamente como praticado no Puzzlemática. A análise

das médias de engajamento sugere que, quando a dificuldade é ajustada ao perfil do aluno — e aliada a estratégias de gamificação —, há maior probabilidade de manutenção da motivação e da valência positiva, mesmo diante de obstáculos.

Além disso, a discussão dos dados revela um ponto central: as emoções não são apenas consequências do desempenho, mas também fatores que influenciam diretamente o aprendizado. Como salientam Brito (2022) e Barbosa et al. (2020), um ambiente emocionalmente acolhedor contribui para a formação de vínculos afetivos com o objeto de estudo (no caso, a matemática), aumentando o tempo de permanência e a disposição para o enfrentamento de tarefas complexas.

O caso de P04 ilustra bem como um equilíbrio entre desafio, apoio pedagógico e feedbacks motivacionais pode resultar em estabilidade emocional: apesar de pequenas oscilações em valência, manteve atenção e engajamento altos, mesmo em fases mais difíceis. Isso sugere que sua zona de desenvolvimento proximal foi bem mapeada e respeitada, em consonância com o que defendem Padilla et al. (2024) sobre a importância da personalização do percurso educativo em contextos inclusivos.

Participantes como P06 e P07 também evidenciam nuances interessantes. Em P06, por exemplo, observa-se um padrão de engajamento consistente mesmo quando a valência decresce nas atividades mais longas, sugerindo que a estrutura gamificada do Puzzlemática foi suficientemente atraente para neutralizar sentimentos passageiros de frustração. Para P07, a presença de atenção elevada combinada a picos negativos de valência em determinadas tarefas aponta para a necessidade de pausas e diversificação dos estímulos, hipótese já discutida por Alves (2018) e Gacek et al. (2024).

Henriques et al. (2024) vão além e defendem que, em grupos heterogêneos, a análise emocional deve ser utilizada como bússola para ajustes metodológicos em tempo real, especialmente quando se trabalha com múltiplas deficiências ou perfis comportamentais. A experiência do Puzzlemática mostra que, mesmo entre alunos diagnosticados com Síndrome de Down, existe grande diversidade de respostas emocionais diante de um mesmo estímulo, o que demanda flexibilidade curricular e recursos digitais adaptáveis.

A interação entre tecnologia, emoção e aprendizagem aparece também nos estudos de Shin et al. (2023), que apontam que o sucesso de intervenções digitais depende mais da capacidade do software de reagir aos estados emocionais do aluno do que de seu conteúdo propriamente dito. O uso do Emolab, nesse contexto, posiciona

o Puzzlemática como uma solução de ponta, capaz de informar o educador sobre momentos críticos, sinalizar a necessidade de intervenção e, em última instância, otimizar o tempo de aprendizagem efetiva.

Outro ponto a se destacar é a função do erro. Em ambientes tradicionais, o erro frequentemente é fonte de ansiedade e evasão (Alves, 2018). No Puzzlemática, no entanto, o erro é tratado como elemento natural do processo, com reforços positivos, dicas e oportunidades de repetição. Isso se traduz, emocionalmente, em níveis de valência mais estáveis e menor incidência de emoções negativas persistentes, validando os achados de Brito (2022) sobre o papel da mediação sensível na construção da autoestima e autonomia de pessoas com deficiência intelectual.

O efeito mediador do reforço positivo, seja ele sonoro, visual ou verbal, foi observado em todos os participantes. Mesmo diante de dificuldades objetivas, como maior número de erros ou necessidade de ajuda, a maioria conseguiu manter índices razoáveis de engajamento e atenção, em sintonia com a defesa de Alves (2018) sobre a importância de feedbacks instantâneos e personalizados em ambientes gamificados.

A valência emocional, quando cruzada com dados de desempenho e ajuda, permite identificar momentos de tensão, fadiga ou saturação cognitiva. Isso reforça a ideia de que o monitoramento emocional, além de inovador, é crucial para a efetividade de intervenções digitais na educação especial. Como propõem Ariza e Hernández (2025), o futuro da tecnologia assistiva está justamente na integração entre avaliação de desempenho e análise emocional, permitindo ajustes dinâmicos e personalizados.

A experiência relatada aqui também dialoga com abordagens internacionais de educação inclusiva em STEM. Gaunt & Visnovska (2024) e Thomas & Larwin (2023) enfatizam que tecnologias digitais devem ser instrumentos de empoderamento, ampliando o protagonismo do aluno e promovendo experiências emocionalmente seguras, engajadoras e personalizadas. O Puzzlemática, ao monitorar e responder às emoções dos participantes, oferece um modelo replicável para futuras intervenções em matemática e além.

O uso do Emolab vai ao encontro das recomendações de Wood et al. (2024) sobre a importância de ferramentas de visualização e registro emocional para alunos com deficiência intelectual. A capacidade de identificar rapidamente momentos de desânimo, entusiasmo ou fadiga emocional permite que o educador ajuste o tom, o ritmo e a estratégia didática em tempo real, potencializando não apenas o desempenho, mas sobretudo o bem-estar do estudante.

A tabela de médias emocionais não deve ser lida apenas como um registro de dados, mas como um mapa dinâmico da experiência subjetiva de cada participante. Ela revela as sutilezas do processo de aprendizagem mediado por tecnologia, e aponta para um futuro em que emoções, cognição e mediação pedagógica caminham de mãos dadas, ampliando os horizontes da inclusão e da personalização no ensino de matemática para pessoas com Síndrome de Down.

4.4 PAPEL DA MEDIAÇÃO E ADAPTAÇÕES NO PROCESSO DE ENSINO COM JOGOS DIGITAIS

O desenvolvimento e aplicação do Puzzlemática, como recurso inovador para o ensino de matemática a pessoas com Síndrome de Down, evidenciou que a tecnologia, por mais acessível e bem projetada que seja, não elimina a necessidade de uma mediação pedagógica atenta e sensível. Durante todas as sessões, a presença do mediador foi essencial não apenas para oferecer suporte técnico eventual, mas principalmente para interpretar e responder às demandas emocionais, cognitivas e comportamentais apresentadas por cada participante. Esse achado está fortemente alinhado ao que defendem Lima et al. (2020) e Brito (2022), para quem a atuação humana qualificada é o diferencial em ambientes de aprendizagem inclusivos mediados por tecnologia.

A mediação, nesse contexto, não se restringiu ao papel tradicional de “resolver dúvidas” ou “explicar comandos”. Ao contrário, tratou-se de uma prática dinâmica e multifacetada, que envolveu desde o ajuste do ritmo das atividades até a reinterpretação de instruções em linguagem mais acessível, passando por intervenções afetivas, como o reforço verbal positivo diante de tentativas frustradas. Tais estratégias de adaptação, realizadas em tempo real, foram decisivas para evitar a desmotivação e garantir a permanência dos participantes até o final das tarefas, confirmando o que Ariza e Hernández (2025) descrevem como “ensino responsivo” no contexto da educação inclusiva digital.

No caso específico da participante P09, por exemplo, observou-se que, apesar do elevado número de erros e solicitações de ajuda, o engajamento foi mantido graças à ação pronta do mediador, que ofereceu pausas estratégicas, utilizou linguagem de incentivo e, por vezes, reconfigurou a atividade de modo a reduzir a sobrecarga. Esse tipo de intervenção demonstra que o uso de jogos digitais deve ser entendido como

parte de um ecossistema maior, em que o componente humano continua sendo central para o sucesso da experiência educativa, conforme enfatizam Brito (2022) e Padilla et al. (2024).

A literatura sobre gamificação, especialmente no contexto do ensino de matemática para alunos com deficiência intelectual, destaca a importância dos feedbacks imediatos, das recompensas simbólicas e da clareza das regras como fatores para manter a motivação dos participantes (Barbosa et al., 2020; Alves, 2018). No entanto, o estudo realizado aponta que esses elementos, ainda que fundamentais, muitas vezes não são suficientes para sustentar o engajamento de todos os perfis de alunos, sobretudo em momentos de maior complexidade ou fadiga emocional. Nesses casos, a mediação ativa e personalizada emerge como fator determinante para o sucesso do processo.

Em situações em que participantes como P02 e P08 demonstraram sinais de ansiedade ou impaciência diante de desafios mais exigentes, o mediador atuou como um facilitador emocional, propondo pequenas pausas, simplificando as instruções ou, até mesmo, revezando tarefas para permitir um descanso mental. Tais ações dialogam com o conceito de zona de desenvolvimento proximal, formulado por Vygotsky, e aplicado no campo da educação inclusiva por autores como Silva & Dessen (2002) e Brito (2022), ao defender que a aprendizagem mais significativa ocorre quando o aluno é desafiado dentro de seus limites, mas conta com suporte adequado.

A análise dos registros observacionais do estudo mostra que, em muitos casos, a mediação foi além do suporte acadêmico e adentrou o campo do cuidado emocional, criando um ambiente de segurança para o erro e de valorização das pequenas conquistas. Esse ambiente, defendido por Lima et al. (2020), é fundamental para pessoas com deficiência intelectual, que frequentemente carregam histórico de experiências negativas em situações de avaliação ou competição. Ao transformar o erro em oportunidade de aprendizagem, o mediador contribui para o fortalecimento da autoconfiança e para a construção de uma relação mais positiva com a matemática.

A necessidade de adaptações personalizadas ficou evidente quando, por exemplo, alguns participantes passaram a apresentar sinais de cansaço ou desatenção após atividades mais longas ou sucessivas tentativas sem sucesso. Nessas ocasiões, a intervenção do mediador — seja propondo intervalos, seja ajustando a dificuldade da tarefa ou mudando a abordagem (de verbal para visual, por exemplo) — foi essencial para preservar o interesse dos alunos e garantir a continuidade do processo. Tais

práticas são recomendadas por Aslanoglou et al. (2018) e Lima et al. (2020) em seus estudos sobre tecnologia assistiva e gamificação.

O papel do mediador, portanto, extrapolou a mera condução das atividades, tornando-se agente de transformação do próprio ambiente digital. Essa postura dialoga com a noção de “mediação sensível” proposta por Brito (2022), que compreende o professor/mediador como alguém que escuta, observa, interpreta e age sobre as múltiplas dimensões do processo educativo, inclusive aquelas que não estão imediatamente evidentes nos dados quantitativos. A partir dessa escuta, o mediador foi capaz de identificar sinais sutis de frustração, desmotivação ou, ao contrário, de entusiasmo e prontidão para novos desafios.

Durante a aplicação do Puzzlemática, algumas estratégias de mediação se mostraram particularmente eficazes. Entre elas, destaca-se o uso de reforço verbal positivo (“Muito bem!”, “Você está indo ótimo!”), a celebração pública das conquistas (pequenas “festas” após concluir uma fase) e o convite ao recomeço sem julgamento em situações de erro (“Não tem problema errar, vamos tentar de novo juntos!”). Esses procedimentos encontram respaldo na literatura de Alves (2018) e Barbosa et al. (2020), que reconhecem o poder dos feedbacks afetivos na sustentação da motivação e na redução do medo de fracassar em ambientes gamificados.

Outra dimensão importante da mediação identificada neste estudo foi a necessidade de ajustar, frequentemente, o tempo de permanência em cada atividade. Enquanto alguns participantes necessitavam de mais tempo para processar instruções ou resolver tarefas (por exemplo, na montagem das notas de maior valor), outros apresentavam rápida resolução e, por vezes, indícios de tédio diante de desafios pouco estimulantes. Nesse cenário, o mediador exerceu o papel de regulador do ritmo, promovendo uma experiência mais fluida e ajustada ao perfil de cada aluno, em consonância com as recomendações de Marcelino (2022) sobre o uso do lúdico no ensino de matemática.

Os registros indicam também que a mediação foi fundamental para lidar com diferenças individuais relacionadas não apenas ao desempenho acadêmico, mas também às preferências e estilos de aprendizagem. Participantes com perfil mais visual demonstraram melhor desempenho quando instruções eram acompanhadas de exemplos gráficos ou demonstrações práticas, enquanto outros, mais auditivos, beneficiaram-se dos áudios motivacionais e das explicações verbais. Essa atenção às singularidades reforça o paradigma do Desenho Universal para Aprendizagem (DUA),

defendido por Thomas & Larwin (2023) e Padilla et al. (2024), e materializado no próprio design do Puzzlemática.

O mediador, ao reconhecer e respeitar essas diferenças, foi capaz de construir um percurso pedagógico mais equitativo, ampliando as possibilidades de sucesso para todos os participantes, independentemente de suas limitações ou facilidades. Essa flexibilidade é central à proposta da educação inclusiva e constitui, segundo Henriques et al. (2024), um dos maiores desafios — e, ao mesmo tempo, uma das maiores virtudes — do ensino mediado por tecnologia. No contexto do presente estudo, tal postura permitiu que cada participante vivenciasse uma trajetória personalizada, com desafios e conquistas adequados à sua realidade.

Em situações em que houve aumento do número de erros ou sinais de exaustão, o mediador atuou, por vezes, como um “tradutor emocional”, ajudando o participante a nomear suas emoções e a entender que o erro faz parte do processo de aprendizagem. Essa prática é recomendada por Brito (2022), que destaca a importância de acolher o erro como etapa necessária e produtiva do desenvolvimento intelectual, sobretudo em pessoas com deficiência intelectual. O reconhecimento das emoções, aliado à orientação cuidadosa, contribuiu para a construção de um ambiente de confiança e para a redução da ansiedade relacionada ao desempenho.

A experiência do Puzzlemática também revelou que a mediação foi determinante para garantir o sentido de pertencimento dos alunos ao processo. Muitos participantes manifestaram, ao final das atividades, satisfação em compartilhar suas conquistas com o grupo ou com os mediadores, demonstrando orgulho de sua trajetória, independentemente do número de erros cometidos. Esse sentimento de pertencimento é apontado por Lima et al. (2020) e Brito (2022) como elemento central na promoção do engajamento de pessoas com deficiência intelectual em atividades acadêmicas.

Um aspecto especialmente interessante foi a forma como a mediação potencializou o valor dos reforços positivos integrados ao próprio software. Embora o Puzzlemática já ofereça feedbacks visuais e auditivos de acerto/erro, foi a presença do mediador — celebrando conquistas, incentivando tentativas e contextualizando os desafios — que deu significado mais profundo a essas recompensas. Essa interação entre tecnologia e mediação humana está na base das propostas de integração curricular da gamificação na educação inclusiva, conforme defendem Alves (2018) e Barbosa et al. (2020).

Cabe ressaltar que a necessidade de adaptações não se restringiu ao momento da atividade, mas também se fez presente na preparação prévia. O mediador, ciente das características do grupo, revisou previamente as instruções do jogo, planejou estratégias de intervenção para possíveis dificuldades. Esse planejamento antecipado é recomendado por Silva & Dessen (2002) como boa prática em contextos inclusivos, evitando improvisações prejudiciais durante a aplicação da atividade.

Outro ponto de destaque foi a flexibilidade para aceitar sugestões dos próprios participantes, que, em diversos momentos, propuseram pequenas mudanças nas regras do jogo ou solicitaram explicações alternativas para entender determinadas tarefas. O mediador, aberto a essas sugestões, demonstrou disposição para aprender com os alunos e adaptar o percurso de acordo com as demandas do grupo. Esse aspecto dialoga com a abordagem da educação participativa, preconizada por Thomas & Larwin (2023), em que alunos são vistos como co-construtores do processo de ensino-aprendizagem.

O suporte oferecido pelo mediador incluiu, ainda, a observação atenta do ambiente físico e digital, prevenindo possíveis distrações ou interferências externas que pudessem comprometer a concentração dos participantes. Essa vigilância discreta foi essencial para manter o foco das atividades, especialmente em grupos maiores ou em ambientes com múltiplos estímulos sensoriais. Tal cuidado reforça o papel do mediador como “guardião do clima pedagógico”, conforme descreve Lima et al. (2020).

A literatura aponta que, para ser efetiva, a mediação em ambientes gamificados deve ser planejada e contínua, não se limitando a intervenções pontuais ou emergenciais. No estudo aqui apresentado, essa continuidade se deu tanto no acompanhamento durante as atividades quanto no registro sistemático dos avanços, dificuldades e sugestões dos participantes. Tais registros alimentaram reflexões coletivas sobre a experiência, possibilitando ajustes progressivos e contribuindo para o aperfeiçoamento do próprio software, prática defendida por Thomas & Larwin (2023) como componente da inovação aberta em educação.

Além da atuação presencial, o mediador desempenhou papel fundamental na ponte entre o universo digital do jogo e as experiências concretas do cotidiano dos alunos. Ao contextualizar os desafios do Puzzlemática com situações reais (por exemplo, compras em supermercados ou organização de dinheiro em casa), tornou o aprendizado mais significativo e aplicável, promovendo a transferência de competências para além do ambiente virtual. Esse tipo de mediação “transversal” é

sugerido por Lima et al. (2020) como estratégia para ampliar o impacto das tecnologias educacionais.

A análise da experiência prática permite concluir que, embora o design do Puzzlemática tenha priorizado acessibilidade, clareza e autonomia, a presença do mediador foi indispensável para garantir a equidade do processo. Sem a intervenção sensível e adaptativa do educador, é possível que alguns participantes não tivessem perseverado diante dos desafios mais difíceis, ou não tivessem alcançado o mesmo nível de engajamento e satisfação. Esse resultado confirma os achados de Ariza e Hernández (2025) e Brito (2022), que destacam a interdependência entre recursos tecnológicos e mediação pedagógica na promoção de aprendizagens efetivas em contextos inclusivos.

Um ponto importante a ser considerado para futuras aplicações é a formação continuada dos mediadores. Para atuar com eficácia em ambientes gamificados, é fundamental que educadores desenvolvam competências não apenas técnicas, mas também socioemocionais e reflexivas, capazes de responder com sensibilidade às demandas emergentes do grupo. Tal formação deve incluir, além de treinamentos em uso de softwares, discussões sobre ética, diversidade, acessibilidade e estratégias de adaptação, em consonância com os princípios do Desenho Universal para Aprendizagem (Thomas & Larwin, 2023; Padilla et al., 2024).

O Puzzlemática, ao aliar tecnologia, design inclusivo e mediação qualificada, se configura como um exemplo concreto da possibilidade de construir ecossistemas pedagógicos inovadores, capazes de promover não apenas o desenvolvimento acadêmico, mas também o bem-estar emocional e social dos alunos com deficiência intelectual. A experiência vivenciada neste estudo reafirma que o sucesso da aprendizagem depende, em grande medida, da qualidade das interações humanas estabelecidas ao longo do percurso educativo.

Diante dos achados apresentados, recomenda-se que futuros desenvolvimentos de jogos digitais para educação inclusiva considerem, desde o início, a mediação como parte integrante do projeto. Isso implica não apenas desenhar recursos acessíveis, mas também planejar possibilidades de intervenção, criar materiais de apoio ao mediador e promover o diálogo constante entre desenvolvedores, educadores e alunos. Assim, será possível potencializar o impacto das tecnologias educacionais e promover, de fato, uma educação para todos, conforme preconiza a legislação brasileira e os acordos internacionais de direitos das pessoas com deficiência.

O papel do mediador não se esgota na aplicação do software, mas se estende à avaliação do processo e dos resultados, à escuta ativa das demandas dos participantes e à proposição de melhorias contínuas. Ao assumir tal postura, o mediador se torna protagonista da inovação pedagógica, contribuindo para a construção de ambientes de aprendizagem mais justos, acolhedores e potentes. A trajetória do Puzzlemática, narrada neste trabalho, é apenas um exemplo das inúmeras possibilidades abertas quando tecnologia e sensibilidade humana caminham juntas em prol da inclusão.

5 CONCLUSÃO

Este estudo analisou o impacto do uso da gamificação, por meio do jogo digital Puzzlemática, aliado ao monitoramento automatizado de emoções, no ensino de matemática para pessoas com Síndrome de Down. Ao longo do trabalho, foram discutidos os fundamentos teóricos da educação inclusiva, as especificidades cognitivas da Síndrome de Down, os conceitos de gamificação e tecnologia assistiva, e analisados os resultados obtidos por nove participantes do projeto Alfadown em atividades matemáticas mediadas por recursos digitais.

O objetivo principal do trabalho foi investigar se a gamificação, associada à análise emocional automática, seria capaz de aumentar o engajamento, a atenção e a participação de pessoas com Síndrome de Down em tarefas matemáticas, servindo como suporte eficaz ao ensino tradicional. Este objetivo foi plenamente alcançado, uma vez que os dados indicaram altos níveis de atenção e engajamento, além de baixo índice de distrações, durante a realização das atividades. A proposta metodológica permitiu ainda verificar o desempenho individual de cada participante, bem como as reações emocionais suscitadas pelo uso do jogo educativo.

O problema de pesquisa, centrado na baixa atenção e no engajamento reduzido de pessoas com Síndrome de Down em atividades matemáticas convencionais, foi respondido de forma positiva: os resultados demonstraram que o uso de gamificação, especialmente com recursos de análise emocional em tempo real, contribuiu para minimizar tais dificuldades, tornando o processo de aprendizagem mais atrativo e adaptado às necessidades do público-alvo. A hipótese inicial, de que a gamificação poderia atuar como ferramenta de suporte para o ensino, foi confirmada pelos dados quantitativos e qualitativos obtidos.

Entre os principais resultados, destaca-se que todos os participantes conseguiram manter elevados níveis de atenção e engajamento ao longo das atividades, mesmo diante de desafios crescentes de complexidade. O número de erros e a necessidade de ajuda aumentaram nas tarefas mais difíceis, mas não comprometeram o interesse ou a disposição para completar as etapas, evidenciando o papel motivador da estrutura lúdica e do feedback positivo do jogo. As análises emocionais revelaram predominância de estados afetivos positivos, especialmente alegria e surpresa ao final das conquistas, e rápida superação de episódios pontuais de frustração.

As contribuições deste estudo residem no fornecimento de evidências concretas sobre o potencial da gamificação e do monitoramento emocional automatizado para promover inclusão, engajamento e aprendizagem significativa em pessoas com deficiência intelectual. O trabalho também apresenta um modelo metodológico replicável para futuras intervenções e pesquisas, ressaltando a importância da personalização, do acompanhamento docente e da integração entre diferentes recursos tecnológicos e pedagógicos.

Entre as limitações encontradas, destaca-se o número reduzido de participantes, a ausência de uma avaliação de longo prazo do impacto da ferramenta e possíveis restrições tecnológicas relativas à precisão do software de reconhecimento emocional. Dificuldades pontuais na adaptação inicial à plataforma também foram observadas, demandando mediação presencial em momentos específicos.

Para trabalhos futuros, sugere-se a ampliação da amostra, a inclusão de diferentes perfis e faixas etárias, a realização de estudos longitudinais para avaliação do impacto continuado da ferramenta, bem como o aperfeiçoamento de funcionalidades adaptativas no jogo, permitindo maior personalização do desafio e do suporte conforme o desempenho e as emoções do usuário. Além disso, recomenda-se a investigação de estratégias para integração da família e dos educadores no processo, potencializando os efeitos positivos da gamificação no desenvolvimento acadêmico e socioemocional de pessoas com Síndrome de Down.

A pesquisa evidencia que a gamificação, aliada ao monitoramento emocional, representa um caminho promissor para a inovação e a efetivação da educação inclusiva, especialmente no ensino de matemática para pessoas com Síndrome de Down.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Leonardo Meirelles. **Gamificação na educação: aplicando metodologias de jogos no ambiente educacional**. Joinville: [Editora não informada], 2018.

Disponível em:

https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9788556976727_A50641421/preview-9788556976727_A50641421.pdf. Acesso em: 11 jun. 2025.

ARAÚJO, Adam Everson S.; DI MENEZES, Ariane Ruben Calaça; SILVA, Kárita Cecília Rodrigues; SANTOS, Edson Douglas F. de M.; HANNUM, Juliana Santos de Souza; BARBOSA, Talles Marcelo Gonçalves de Andrade. **Storytelling robot for activities in the Alfadown project. International Journal of Applied Information Systems (IJ AIS)**, New York, v. 12, n. 23, p. 7–11, ago. 2019. Disponível em: <https://www.ijais.org/archives/volume12/number23/1280-451815/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

ARIZA, Jonathan Álvarez; HERNÁNDEZ, Carola. **A systematic literature review of research-based interventions and strategies for students with disabilities in STEM and STEAM education. International Journal of Science and Mathematics Education**, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10763-025-10544-z>. Acesso em: 11 jun. 2025.

ASLANOGLU, Kalliopi; PAPAZOGLU, Theodora; KARAGIANNIDIS, Charalampos. **Educational robotics and Down syndrome: investigating student performance and motivation. Proceedings of Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion 2018 (DSAI 2018)**, Thessaloniki, Grécia, p. 110–116, 2018. ACM. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3218585.3218600>. Acesso em: 11 jun. 2025.

BARBOSA, Francisco Ellivelton; PONTES, Márcio Matoso de; CASTRO, Juscileide Braga de. **A utilização da gamificação aliada às tecnologias digitais no ensino da matemática: um panorama de pesquisas brasileiras. Revista Prática Docente**, v. 5, n. 3, p. 1593–1611, set./dez. 2020. Disponível em: <https://periodicos.cfs.ifmt.edu.br/periodicos/index.php/rpd/article/view/421/412>. Acesso em: 11 jun. 2025.

BRITO, Luciana Novais de Oliveira. **Jovens com Síndrome de Down: desafios para a autonomia**. 2022. Tese (Doutorado em Psicologia) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Escola de Ciências Sociais e da Saúde, Goiânia, 2022. Disponível em: <https://tede2.pucgoias.edu.br/bitstream/tede/4885/2/Luciana%20Novais%20de%20Oliveira%20Brito.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2025.

BUZZI, Maria Claudia; BUZZI, Marina; PAOLINI, Gabriella; PARATORE, Maria Teresa; SENETTE, Caterina. **Designing an accessible web app to teach piano to students with autism. Proceedings of CHI Italy 2019**, Padova, Itália, 2019. ACM. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3351995.3352037>. Acesso em: 11 jun. 2025.

GACEK, Michał; SMOLEŃ, Tomasz; KRZYWOSZAŃSKI, Łukasz; BARTECKA-ŚMIETANA, Agnieszka; KULASEK-FILIP, Beata; PIOTROWSKA, Maja; SEPIELAK,

Dominika; SUPERNACK, Katarzyna. **Effects of school-based neurofeedback training on attention in students with autism and intellectual disabilities.** *Journal of Autism and Developmental Disorders*, v. 54, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10803-024-06400-8>. Acesso em: 11 jun. 2025.

GAUNT, Lorraine Vera; VISNOVSKA, Jana. **Designing specific tools to enhance the numeracy of adults with intellectual disabilities.** *Mathematics Education Research Journal*, v. 36, p. 1–20, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13394-024-00492-2>. Acesso em: 11 jun. 2025.

HENRIQUES, Ana; PIEDADE, Patricia; ROCHA, Filipa; NETO, Isabel; NICOLAU, Hugo. **Ethical concerns when working with mixed-ability groups of children.** *Proceedings of the 26th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (ASSETS '24)*, St. John's, NL, Canadá, 2024. ACM. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3663548.3675648>. Acesso em: 11 jun. 2025.

IATRAKI, Georgia; MIKROPOULOS, Tassos Anastasios. **Digital technology supports science education for students with disabilities: a systematic review.** *Education and Information Technologies*, v. 28, p. 3911–3935, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11317-9>. Acesso em: 11 jun. 2025.

KOZMA, Chahira. **O que é síndrome de Down?** In: STRAY-GUNDERSEN, Karen (org.). **Crianças com síndrome de Down: um guia para pais.** Tradução de Edite Sciammarella. São Paulo: **Editora Manole**, 2006. p. 15–42. Disponível em: https://www.academia.edu/36140597/O_que_%C3%A9_s%C3%ADndrome_de_Down. Acesso em: 11 jun. 2025.

LIMA, D.; SOUSA, M.; ARAÚJO, R.; HANNUM, J.; DA ROCHA, A.; BARBOSA, T. **Software with biofeedback to assist people with Down syndrome.** *International Journal of Computer Applications*, v. 158, n. 5, p. 31–37, jan. 2017. Disponível em: <https://www.ijcaonline.org/archives/volume158/number5/26811-2017913252>. Acesso em: 11 jun. 2025.

LIMA, Matheus Rodrigues; DI MENEZES, Ariane Ruben Calaça; SILVA, Kárita Cecília Rodrigues; HANNUM, Juliana Santos de Souza; BARBOSA, Talles Marcelo Gonçalves de Andrade. **Alfaplay – uma ferramenta para auxiliar na alfabetização de pessoas com Síndrome de Down.** *J. Health Inform.*, v. 12, n. 1, p. 3–9, jan./mar. 2020. Disponível em: <https://www.jhi-sbis.saude.ws/ojs-jhi/index.php/jhi-sbis/article/view/684>. Acesso em: 11 jun. 2025.

MARCELINO, Camila Rayane Brito. **O uso do lúdico e jogos como recursos didáticos no ensino de adição para alunos com síndrome de Down.** 2022. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – **Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnologias – Henrique Santillo**, Anápolis, 2022. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/4689eff848a18016fb1016c8a69b5db6/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>. Acesso em: 11 jun. 2025.

MURO HARO, Bárbara Paola; SANTANA, Pedro C.; MAGAÑA, Martha A. **Developing reading skills in children with Down syndrome through tangible interfaces.** *MexIHC '12 - Proceedings of the Mexican Conference on Human-*

Computer Interaction, Mexico City, México, 2012. ACM. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2398696.2398724>. Acesso em: 11 jun. 2025.

PADILLA, Alexis; LAMBERT, Rachel; TAN, Paulo; WHITE-SMITH, Kimberly. **Conceptualizing political knowledges needed to teach inclusive mathematics: theorizing through counterstories**. *ZDM – Mathematics Education*, v. 56, p. 461–472, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01598-4>. Acesso em: 11 jun. 2025.

SILVA, Nara Liana Pereira; DESSEN, Maria Auxiliadora. **Síndrome de Down: etiologia, caracterização e impacto na família**. *Interação em Psicologia*, v. 6, n. 2, p. 167–176, jul./dez. 2002. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/f481/1629bdbd9fb606128660e9ce94b3e1faaa71.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2025.

SHIN, Mikyung; OK, Min Wook; CHOO, Sam; HOSSAIN, Gahangir; BRYANT, Diane P.; KANG, Eunyoung. **A content analysis of research on technology use for teaching mathematics to students with disabilities: word networks and topic modeling**. *International Journal of STEM Education*, v. 10, n. 23, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00414-x>. Acesso em: 11 jun. 2025.

THOMAS, Danielle R.; LARWIN, Karen H. **A meta-analytic investigation of the impact of middle school STEM education: where are all the students of color?** *International Journal of STEM Education*, v. 10, art. 43, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00425-8>. Acesso em: 11 jun. 2025.

WOOD, Rachel; FENG, Jinjuan Heidi; LAZAR, Jonathan. **Health data visualization literacy skills of young adults with Down Syndrome and the barriers to inference-making**. *ACM Transactions on Accessible Computing*, v. 17, n. 1, art. 4, p. 1–58, mar. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3648621>. Acesso em: 11 jun. 2025.

RESOLUÇÃO n° 038/2020 – CEPE**ANEXO I****APÊNDICE ao TCC****Termo de autorização de publicação de produção acadêmica**

O estudante João Vítor Guedes Carrijo do Curso de Engenharia de Computação, matrícula 2020.2.0033.0013-5, telefone: 62 98120-5855, e-mail jvgcarrijo@gmail.com, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei n° 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado AVALIAÇÃO DA GAMIFICAÇÃO COMO RECURSO AUXILIAR AO ENSINO PARA PESSOAS COM SÍNDROME DE DOWN: ESTUDO COM O JOGO PUZZLEMÁTICA, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 26 de Junho de 2025.



Documento assinado digitalmente

JOAO VICTOR GUEDES CARRIJO

Data: 26/06/2025 23:21:38-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do autor: _____

Nome completo do autor: João Vítor Guedes Carrijo

Assinatura do professor-orientador: _____

Nome completo do professor-orientador: Talles Marcelo Gonçalves de Andrade Barbosa