

TEAGRAM: um jogo digital baseado no Tangram adaptado para pessoas com TEA

Péricles A. Feitoza¹, Mônica X. C. da Cunha², João G. S. Dantas¹, Gabriel B. Oliveira¹

^{1,2}Instituto Federal de Alagoas (IFAL)

^{1,2}Maceió – AL – Brasil

{paf1, jgsd2, gbo}@aluno.ifal.edu.br1, monixa@ifal.edu.br2

Title: *TEAGRAM: a digital game based on Tangram adapted for people with autism*

Abstract. Introduction: Serious digital games have proven to be effective tools for teaching children with Autism Spectrum Disorder (ASD), especially when structured around visual methodologies such as TEACCH. **Objective:** This article presents the development and in loco validation of a digital game based on Tangram logic, aimed at teaching basic math skills to children with ASD. **Methodology:** The game was created using the Defold engine and programmed in Lua, adopting a modular structure, design patterns, and an accessible visual design. Validation sessions were conducted with a pedagogical team, along with the application of a usability questionnaire covering motivation, clarity, confidence, immersion, and behavior. **Results:** The data indicate positive reception of both the interface and the pedagogical approach, especially in the early levels. Adjustments were made based on professional feedback, improving the difficulty progression. The game proved to be promising for users with different support needs and will serve as a basis for future studies.

Keywords TEA; Serious games; Inclusive education; Tangram; TEACCH.

Resumo. Introdução: Jogos sérios digitais têm se mostrado ferramentas eficazes para o ensino de crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA), especialmente quando estruturados com base em metodologias visuais como a TEACCH. **Objetivo:** Este artigo apresenta o desenvolvimento e validação in loco de um jogo digital baseado na lógica do Tangram, voltado ao ensino de habilidades iniciais de matemática para crianças com TEA. **Metodologia:** O jogo foi desenvolvido com a engine Defold e programado em Lua, adotando estrutura modular, padrões de projeto e design visual acessível. Foram realizadas sessões de levantamento e validação com equipe pedagógica, além da aplicação de um questionário para avaliar a usabilidade com itens sobre motivação, clareza, confiança, imersão e comportamento. **Resultados:** Os dados indicam boa aceitação da interface e da proposta pedagógica, especialmente nas fases iniciais. Ajustes foram feitos com base no feedback dos profissionais, aprimorando a progressão de dificuldade. O jogo mostrou-se promissor para diferentes perfis de suporte e será utilizado como base para estudos futuros.

Palavras-Chave TEA; Jogos sérios; Educação inclusiva; Tangram; TEACCH.

1. Introdução

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) compreende uma gama variada de condições do neurodesenvolvimento, caracterizadas por desafios em habilidades sociais, comportamentais e comunicativas, frequentemente associadas a padrões restritos e repetitivos de comportamento e interesses específicos (APA, 2014). Nesse contexto, jogos sérios têm se destacado como ferramentas educativas eficazes, capazes de promover aprendizagens específicas e inclusivas,

especialmente quando projetadas levando em consideração as particularidades perceptivas e cognitivas de indivíduos autistas.

Estudos como o realizado por Santos et al. (2024) ressaltam o potencial dos jogos digitais como instrumentos pedagógicos que favorecem o engajamento e a interação de alunos com TEA, ao mesmo tempo em que proporcionam ambientes estruturados, personalizáveis e previsíveis, facilitando o aprendizado e promovendo a autonomia. Dessa forma, a utilização de jogos digitais na educação inclusiva configura-se como uma estratégia promissora, especialmente quando articulada a métodos pedagógicos visuais e estruturados, como os preconizados pelo programa TEACCH (Treatment and Education of Autistic and Related Communication-handicapped Children), amplamente usado e recomendado para ensino a pessoas com TEA, que valoriza a aprendizagem progressiva e adaptada ao perfil cognitivo desse público específico (SANTOS et al., 2024).

O TEACCH orienta a construção de ambientes educacionais altamente estruturados e visualmente organizados, visando a autonomia e a previsibilidade para indivíduos com TEA. Essa abordagem propõe a utilização de recursos visuais claros e rotinas bem definidas para facilitar a compreensão e reduzir a ansiedade causada por situações imprevisíveis ou complexas (SCHOPLER; MESIBOV; HEARSEY, 1995). No contexto específico de desenvolvimento de um jogo sério digital voltado para esse público, funcionalidades como usabilidade e mecânicas do jogo precisam ser cuidadosamente planejadas e alinhadas aos princípios TEACCH.

A usabilidade deve ser concebida considerando interfaces gráficas minimalistas, com ícones claros, poucas opções simultâneas e informações apresentadas gradualmente, reduzindo assim a sobrecarga sensorial e cognitiva (MESIBOV; SHEA, 2010). Já as mecânicas do jogo precisam refletir uma lógica de aprendizagem progressiva, iniciando com tarefas simples que contam com amplo suporte visual, como dicas explícitas e reforços visuais, evoluindo paulatinamente para níveis com desafios mais sutis, onde as dicas visuais são reduzidas gradativamente. Dessa forma, cada funcionalidade do jogo deve garantir que os usuários tenham um ambiente previsível e compreensível, permitindo o desenvolvimento das habilidades pretendidas de forma segura e eficiente, respeitando os níveis individuais de suporte e aprendizado propostos pelo TEACCH (MESIBOV; SHEA, 2010).

O Tangram, quebra-cabeça tradicional chinês composto por sete peças geométricas, é amplamente utilizado como ferramenta pedagógica para o desenvolvimento cognitivo, especialmente em aspectos perceptivos, motores e visuais. Estudos apontam que atividades baseadas nesse quebra-cabeça auxiliam na estimulação da percepção espacial, raciocínio lógico e habilidades motoras finas, favorecendo, assim, uma aprendizagem significativa através da exploração tátil e visual (SOUZA; LOPES; SOUZA, 2020). Ao ser aplicado na construção de um jogo sério digital voltado para indivíduos com TEA, o Tangram deve ser adaptado seguindo os princípios do TEACCH. Isso significa projetar níveis iniciais com número reduzido de peças, oferecendo suporte visual amplo, como indicações claras e coloridas do posicionamento correto das peças.

Gradualmente, conforme os usuários se familiarizam com as mecânicas do jogo, a complexidade aumenta, reduzindo as dicas visuais e exigindo progressivamente maior capacidade perceptiva e autonomia na solução dos desafios propostos (MESIBOV; SHEA, 2010). Além

disso, em conformidade com o TEACCH, a utilização do Tangram em formato digital deve considerar uma interface visualmente limpa e intuitiva, oferecendo *feedback* visual imediato sobre acertos e erros, garantindo um ambiente previsível e estruturado. Assim, o potencial cognitivo do Tangram é maximizado em um contexto digital estruturado, adaptado e visualmente acessível, favorecendo diretamente o desenvolvimento perceptivo, motor e lógico dos usuários com TEA.

Diante desse contexto, o presente artigo tem como objetivo geral apresentar o processo de desenvolvimento, estruturação e validação preliminar do jogo sério, voltado ao ensino de habilidades matemáticas iniciais para crianças com TEA, com base no TEACCH. Especificamente, busca-se: descrever as decisões técnicas e pedagógicas adotadas na concepção do jogo, desde a escolha da *engine* até a lógica de progressão de fases; detalhar como os princípios do TEACCH foram incorporados ao design visual e às mecânicas do jogo; relatar o processo colaborativo de validação com terapeutas especializados; e apresentar os primeiros dados de avaliação de usabilidade obtidos por meio de formulário estruturado aplicado após sessões observacionais com usuários.

2. Metodologia

O aplicativo proposto, constitui-se em um jogo sério digital voltado ao desenvolvimento de habilidades iniciais de matemática para crianças com TEA. Sua concepção tem como base principal o Tangram, quebra-cabeça tradicional chinês amplamente utilizado em contextos pedagógicos, adaptado às especificidades cognitivas e perceptivas do público-alvo. Considerando a importância de um ambiente visualmente estruturado, característica essencial do Programa TEACCH, o jogo propõe níveis organizados de forma gradual e previsível, com mecânicas simples e intuitivas.

O TEACCH foi selecionado como base principal para o design do jogo devido à sua comprovada eficácia no ensino de indivíduos com TEA, especialmente pela sua ênfase em ambientes educacionais estruturados e recursos visuais, que são cruciais para a previsibilidade e redução da ansiedade neste público. Embora existam outras abordagens utilizadas na educação inclusiva para o TEA, como a Análise do Comportamento Aplicada (ABA), o TEACCH se destaca pelo foco na organização visual do ambiente e na adaptação das tarefas de uma forma que sejam visualmente compreendidas. Contudo, é importante reconhecer que o TEACCH possui limitações, como o desafio de generalização de habilidades para contextos menos estruturados e a constante necessidade de individualização do ensino para atender à heterogeneidade do espectro.

A proposta pedagógica do jogo prevê a introdução progressiva dos elementos do Tangram, iniciando com poucas peças e oferecendo dicas visuais explícitas que diminuem paulatinamente conforme avança a complexidade dos desafios. A ideia da introdução progressiva dos elementos surgiu a partir das interações com a equipe pedagógica de uma associação parceira, que atende crianças, adolescentes e jovens com TEA, em diferentes níveis de suporte.

Inicialmente foram realizadas visitas semanais à instituição, autorizadas pela direção, com o intuito de observar a forma de aprender, as dicas visuais utilizadas, as adaptações e adequações nas tarefas e os desafios relacionados ao aprendizado por parte do público alvo. Em seguida, foram elaboradas atividades voltadas para o Tangram, com uso de material convencional (papel e

madeira), e apresentadas aos atendidos na instituição, para testar a quantidade de dicas necessárias em cada fase.

Os testes foram realizados pela equipe pedagógica e observados pelos pesquisadores. Por fim, as telas do jogo foram desenhadas e validadas uma a uma pela equipe pedagógica da instituição, que participou ativamente com opiniões e solicitação de ajustes no sentido de torná-las mais alinhadas com as demandas do público-alvo.

A equipe de desenvolvimento, composta por dois programadores, um ilustrador profissional e um coordenador de projeto, utilizou a engine Defold e a linguagem Lua para o desenvolvimento do aplicativo, devido à sua especialização em jogos bidimensionais para múltiplas plataformas e simplicidade sintática, respectivamente.

Apesar da linguagem Lua ser baseada em protótipos e não possuir suporte nativo a classes, o projeto simula estruturas orientadas a objeto por meio de módulos que encapsulam dados e comportamentos de scripts reutilizáveis, empregando técnicas de composição como herança via protótipos, práticas que favorecem uma arquitetura limpa e organizada.

Como padrões de projetos principais, destacam-se o *Singleton* e o *Fábrica (Factory)*. O padrão *Singleton* foi adotado em módulos críticos do jogo, como o gerenciamento centralizado do estado das fases e controle das configurações globais de áudio e interface, assegurando que haja apenas uma única instância dessas funcionalidades durante toda execução. Já o padrão *factory* foi aplicado especificamente na criação da dinâmica de peças do Tangram e elementos gráficos interativos, permitindo a fácil adição ou alteração de objetos no jogo de forma modular e escalável, além de facilitar a geração automática de componentes gráficos e lógicos durante a execução das fases.

Para garantir a modularidade e a escalabilidade, o código do jogo emprega padrões de projeto como *Singleton*, para gerenciamento centralizado de estados e configurações, e *Factory*, para a criação dinâmica e modular de peças do Tangram e elementos gráficos interativos.

A estética visual do jogo, desenvolvida de forma autoral pela equipe do projeto, prioriza clareza e funcionalidade, utilizando cores para destacar as peças que devem ser movidas e os espaços que precisam ser completados. Os fundos têm a função de contextualizar a cena, sempre com poucos elementos e o mínimo de estímulo visual, para não desviar a atenção do jogador.

Embora não haja uma narrativa linear explícita, a apresentação de cenários temáticos e a progressão gradual das atividades criam um senso de descoberta e conquista, que serve como um elemento motivacional intrínseco. As fases iniciais, por exemplo, oferecem dicas visuais bem evidentes, como sombras e espaços coloridos, que são gradualmente reduzidas para incentivar a autonomia e desafiar habilidades como percepção visual e coordenação motora, seguindo os princípios do TEACCH. Por fim, os efeitos sonoros do aplicativo foram selecionados para fornecer feedback auditivo claro e agradável, reforçando positivamente apenas as ações consideradas corretas, utilizando bases abertas de sons e inteligência artificial (IA) para sua produção.

Nas fases iniciais, as dicas visuais são bem evidentes, como sombras e espaços coloridos, mas elas vão sendo reduzidas aos poucos para incentivar a autonomia e desafiar habilidades como percepção visual e coordenação motora, seguindo os princípios do TEACCH. Por fim, os efeitos

sonoros do aplicativo foram selecionados para fornecer *feedback* auditivo claro e agradável, reforçando positivamente apenas as ações consideradas corretas. Foram utilizadas bases abertas de sons e inteligência artificial (IA) para produção dos efeitos sonoros do jogo.

Uma das principais mecânicas implementadas no jogo é a interação por meio do "arrastar e soltar", como pode ser visto na Figura 1, uma funcionalidade que se baseia diretamente nos princípios estruturantes do TEACCH, especialmente no que diz respeito ao estímulo visual, clareza de objetivos e desenvolvimento motor fino. Cada peça do Tangram, ao ser arrastada e encaixada no local correto, fornece ao usuário um *feedback* visual imediato que reforça positivamente a ação realizada, alinhado à necessidade de previsibilidade e estruturação visual exigida pela metodologia (SCHOPLER; MESIBOV; HEARSEY, 1995).

Outra mecânica central é a faixa de conclusão de níveis (Figura 2), derivada da estratégia de economia de fichas, utilizada frequentemente na prática clínica para autistas como forma de reforçar positivamente as tarefas concluídas. Na versão inicial proposta do jogo, essa mecânica simulava o uso de adesivos virtuais colados a uma faixa que simbolizava o progresso das fases, mas após testes de validação com terapeutas, concluiu-se que esse método precisava oferecer um reforço visual mais explícito e claro. Em versões futuras, a ideia é aprimorar essa faixa com elementos gráficos mais atrativos, simples e diretos, garantindo uma melhor assimilação da conquista do usuário e maior estímulo positivo após a conclusão de cada fase.



Figura 1 - Demonstração da mecânica de "Arrastar e Soltar" na fase 1.



Figura 2 - Faixa de Conclusão, inspirada na técnica de economia de fichas.

Além disso, o jogo conta com uma interface específica de seleção das fases, que é organizada visualmente, permitindo uma clara identificação das fases concluídas e daquelas ainda por realizar, apoiando-se na abordagem visual explícita preconizada pelo TEACCH (MESIBOV; SHEA, 2010). Essa organização visual é especialmente importante para indivíduos com TEA, já que reduz a ansiedade gerada por ambientes pouco estruturados ou incertos, permitindo-lhes antecipar claramente quais tarefas foram realizadas e quais ainda faltam concluir.

Todas essas mecânicas foram validadas por meio de avaliações periódicas com usuários e terapeutas parceiros, demonstrando claramente a importância de alinhá-las às demandas e limitações do público-alvo. Os testes revelaram, por exemplo, que níveis iniciais do jogo deveriam apresentar mecânicas mais simplificadas, com menos peças e dicas visuais mais explícitas, evoluindo gradualmente em complexidade e reduzindo as pistas fornecidas, sempre respeitando a progressão gradual e estruturada proposta pelo TEACCH.

3. Resultados

A organização das fases no jogo segue uma progressão gradual de dificuldade, pensada para acomodar diferentes perfis cognitivos e perceptivos de usuários com TEA. Cada fase varia conforme três aspectos principais: a quantidade de peças, o tipo de dica visual (como cor ou forma) e o formato dos objetos apresentados. As fases iniciais contam com um ou dois elementos e dicas coloridas bem definidas, facilitando a compreensão e o encaixe. Gradualmente, há um aumento no número de peças, as dicas tornam-se mais sutis, e os formatos se diversificam. Essa estrutura, ilustrada na Figura 3, busca respeitar o ritmo individual de aprendizagem e estimular, de forma acessível, o desenvolvimento de habilidades visuais, motoras e cognitivas.

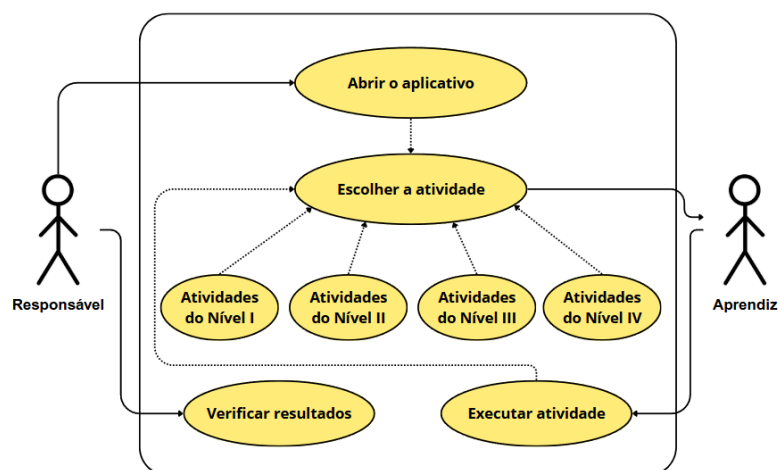


Figura 3 - Fluxograma do jogo.

Nos níveis 1 e 2, cada um com 10 telas, o jogo introduz a mecânica de arrastar e soltar com complexidade crescente. No nível 1, as fases apresentam uma ou duas peças, com dicas visuais claras e coloridas que orientam diretamente o encaixe, facilitando a familiarização com as interações básicas (Figura 4). No nível 2, há aumento no número de peças (até quatro), uso de cores esvanecidas como dica e introdução de formas variadas, exigindo maior atenção visual e controle motor (Figura 5).

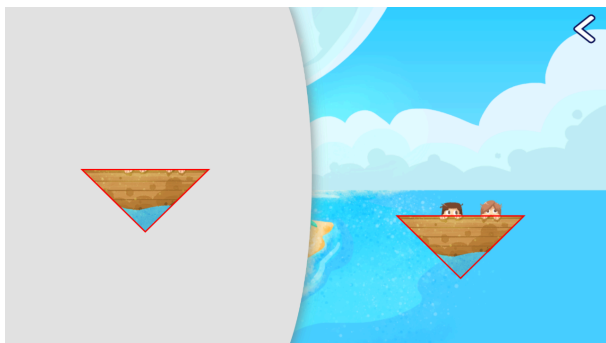


Figura 4 - Fase 3 do app, com dica de contorno e cores idênticas.

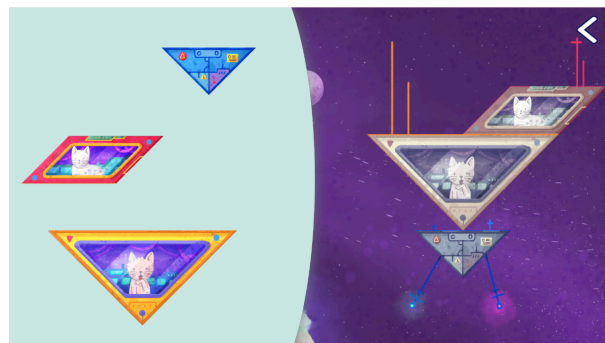


Figura 5 - Fase 17 do app, com dica de cor esvanecida e formas variadas.

Já nos níveis 3 e 4, a dificuldade se intensifica progressivamente. O nível 3 trabalha com até seis peças e apresenta dicas mais sutis, como sombras e contornos, demandando maior percepção espacial e raciocínio lógico (Figura 6). No nível 4, a proposta é utilizar todas as sete peças do Tangram com dicas extremamente discretas, tais como contornos vazados, exigindo autonomia e domínio das habilidades cognitivas e motoras construídas nos níveis anteriores (Figura 7).



Figura 6 - Fase 23, desenho em preto e branco.



Figura 7 - Fase 37, sem nenhuma dica.

4. Validação

O processo de validação do jogo foi realizado em colaboração com terapeutas e usuários da instituição parceira, buscando avaliar a eficácia das interfaces, da progressão de dificuldade e das mecânicas implementadas no contexto real de uso. A validação ocorreu em duas frentes principais: reuniões semanais com a equipe técnica responsável pelo projeto e aplicação direta de questionários estruturados de avaliação junto aos usuários, supervisionados por terapeutas especializados em TEA.

Nas reuniões semanais com a equipe técnica e terapeutas, as interfaces do jogo foram discutidas quanto à sua adequação visual, mecânica e cognitiva aos princípios do TEACCH. Nestas ocasiões, versões preliminares das telas foram apresentadas, debatidas e ajustadas conforme as sugestões recebidas, garantindo alinhamento contínuo com as necessidades específicas dos usuários finais. Por exemplo, durante essas reuniões foi identificada a necessidade de modificar a faixa visual de conclusão das fases, inicialmente baseada na técnica de economia de fichas, para garantir um estímulo visual mais claro e eficaz para usuários com graus de suporte 2 e 3.

Com o objetivo de validar a eficácia, acessibilidade e adequação pedagógica do jogo ao público com Transtorno do Espectro Autista (TEA), foi elaborado e aplicado um formulário de avaliação de usabilidade, construído a partir de categorias psicopedagógicas reconhecidas em estudos de jogos educacionais. Esse instrumento foi adaptado do trabalho de Santos (2019), que por sua vez se baseia no modelo proposto por Savi et al.

A decisão de adaptar um instrumento existente, em vez de utilizar um modelo pronto, foi motivada pela necessidade de personalizar as questões para refletir as especificidades do design do TEAGRAM, alinhado aos princípios do TEACCH e às mecânicas do Tangram. Instrumentos

genéricos, embora validados, muitas vezes não capturam nuances comportamentais, atencionais e de interação específicas de jogos educativos para TEA, como a reação a dicas visuais progressivas e a mecânica de 'arrastar e soltar'. A contribuição da equipe de desenvolvimento e dos terapeutas da instituição parceira garantiu que o formulário capturasse métricas relevantes para o contexto do autismo, permitindo uma avaliação mais precisa da usabilidade e impacto pedagógico do jogo.

A proposta de aplicação do formulário surgiu como uma estratégia metodológica para capturar, de forma sistemática e mensurável, a percepção dos terapeutas quanto ao comportamento, à atenção e à experiência dos atendidos durante a utilização do jogo. A aplicação do instrumento foi realizada pelos próprios terapeutas, imediatamente após sessões supervisionadas de experimentação do jogo com 20 atendidos da instituição, com idades variadas, entre 06 e 24 anos, média de 15 anos, abrangendo majoritariamente (60%) atendidos de nível 2 e 3 de suporte. Durante essas sessões, os participantes interagiram com as fases do jogo e seus comportamentos foram observados em tempo real pelos profissionais responsáveis.

O formulário foi organizado em três grandes seções: Motivação, Experiência do Usuário e Comportamento. A seção de Motivação subdivide-se em quatro dimensões: atenção, relevância, confiança e satisfação. Essa parte busca avaliar se o jogo desperta o interesse inicial, se o conteúdo apresentado é compreensível, se há conexão com habilidades desejadas e se a proposta gera sentimentos positivos de realização. Já a seção de Experiência do Usuário foi estruturada com foco em três aspectos: imersão (envolvimento no ambiente do jogo), habilidade/competência (percepção de progresso e domínio das tarefas) e divertimento (interesse em continuar a jogar e repetir a experiência). Por fim, a seção de Comportamento investiga reações emocionais mais sutis ou negativas, como sinais de irritação, agitação ou desconforto gerados durante a utilização do jogo.

As questões do questionário foram organizadas em uma escala do tipo Likert de cinco pontos, variando de “discordo totalmente” a “concordo totalmente”, permitindo uma quantificação adequada das respostas. A escolha por esse tipo de avaliação se justifica pela possibilidade de analisar não apenas a aceitação geral da ferramenta, mas também identificar pontos específicos de ajuste relacionados ao design da interface, à clareza da proposta, à progressão de dificuldade e ao impacto emocional causado nos usuários. Os resultados consolidados encontram-se apresentados na Tabela 1, a seguir, a qual sintetiza as percepções observadas para cada afirmação do questionário com os dados condensados em Desvio Padrão (DP) e Média Ponderada (MP).

Tabela 1 - Resultados consolidados do questionário de usabilidade.

N	PERGUNTA	DP	MP	N	PERGUNTA	DP	MP
1	Houve algo interessante no início do jogo que capturou a atenção do(a) aluno(a).	1,14	4,00	15	O(a) aluno(a) sentiu-se mais engajado(a) no ambiente do jogo do que no mundo real.	1,16	3,45
2	O design da interface do jogo se mostrou atraente ao (a) aluno(a).	0,86	4,05	16	O(a) aluno(a) se esforçou para ter bons resultados no jogo.	0,87	4,50

3	Ficou claro para o(a) aluno(a) que o conteúdo do jogo estava relacionado com coisas que ele(a) já sabia.	0,75	4,20	17	Houve momentos em que ele(a) quis desistir do jogo.	1,26	2,25
4	O conteúdo do jogo é relevante para as habilidades que o aluno(a) necessita adquirir.	0,83	4,25	18	O(a) aluno(a) sentiu-se estimulado(a) a aprender com o jogo.	1,07	4,05
5	O conteúdo do jogo é útil para estimular o aprendizado.	0,57	4,65	19	O(a) aluno(a) alcançou rapidamente os objetivos do jogo.	0,86	3,95
6	A proposta do jogo foi fácil de entender.	0,58	4,40	20	Sentiu-se competente.	0,86	4,05
7	O jogo tinha tanta informação que distraiu o foco do aprendiz das atividades propostas.	0,46	1,30	21	Sentiu que estava tendo progresso durante o desenrolar do jogo.	0,89	4,00
8	O conteúdo do jogo é tão abstrato que foi difícil manter a atenção do aprendiz.	0,46	1,30	22	O(a) aluno(a) demonstrou que queria utilizar o jogo por mais tempo.	1,08	3,80
9	As atividades propostas no jogo foram difíceis.	0,79	2,15	23	Ele(a) pediu para executar o jogo novamente.	1,11	3,15
10	O aluno(a) não conseguiu entender a dinâmica do jogo.	0,74	1,55	24	Alguns elementos do jogo irritaram o(a) aluno(a) durante a execução do jogo.	0,49	1,40
11	Completar os exercícios do jogo proporcionou ao aluno(a) um sentimento de realização.	1,01	4,15	25	Ele(a) ficou torcendo para o jogo acabar logo.	1,00	2,00
12	Os <i>feedbacks</i> positivos depois da realização dos exercícios ajudaram o aluno(a) a se sentir recompensado(a) pelo seu esforço.	0,95	4,00	26	O(a) aluno(a) apresentou episódios de birra ou agressividade durante a utilização do jogo.	0,92	1,50
13	O aluno(a) mostrou-se satisfeito(a) ao completar o jogo.	1,09	4,10	27	O(a) aluno(a) se sentiu incomodado(a) com a sequência de atividades do jogo.	1,07	1,95
14	O(a) aluno(a) não tomou conhecimento do mundo ao seu redor enquanto jogava.	1,09	3,75	28	Mostrou-se agitado(a) ao término do jogo.	1,09	1,75

As perguntas 1 a 5, que tratam da atenção, atratividade da interface e relevância do conteúdo, apresentaram médias entre 4,00 e 4,65, o que evidencia que os elementos visuais e a estrutura do jogo foram eficazes em capturar o interesse do usuário e contextualizar o conteúdo de maneira compreensível e significativa. Esses dados confirmam que a estratégia visual adotada,

centrada na previsibilidade e foco atencional, conforme orienta o TEACCH, foi adequada à proposta.

As questões 6 a 10, voltadas à clareza da proposta e à complexidade percebida, demonstram um equilíbrio entre boa compreensão (médias acima de 4,00 nas perguntas positivas) e baixa percepção de dificuldade ou excesso de informação (médias entre 1,30 e 2,15 nas perguntas negativas). Isso sugere que o jogo foi eficaz em evitar sobrecarga sensorial ou cognitiva, especialmente nas fases iniciais, sendo este um dos principais requisitos do projeto.

As respostas às perguntas 11 a 13 e 18 a 20, que abordam sentimento de realização, satisfação e percepção de progresso, apontam médias entre 4,00 e 4,50, com desvios padrão baixos. Isso indica que o jogo conseguiu proporcionar uma experiência positiva e encorajadora, reforçando o aprendizado através de uma progressão clara e *feedbacks* positivos, como se propunha desde o início.

As perguntas 14 a 17 e 24 a 27, que exploram reações emocionais negativas, como desconforto, irritação, ou vontade de desistir, apresentaram as menores médias do questionário (variando entre 1,30 e 2,25), indicando que o ambiente do jogo foi percebido como confortável, seguro e bem estruturado para o público-alvo. Isso reforça o acerto da decisão de evitar estímulos auditivos e visuais excessivos.

As perguntas 21 a 23, que avaliam o desejo do usuário de jogar novamente ou por mais tempo, obtiveram médias moderadas (entre 3,15 e 3,80), o que aponta para um ponto de atenção: embora o jogo tenha sido bem recebido, o potencial de repetição espontânea ainda não é alto. Isso pode estar relacionado à limitação no número de fases ou à ausência de estímulos variáveis. A introdução de novos desafios, recompensas ou variações visuais pode fortalecer esse aspecto.

5. Conclusão

O desenvolvimento do jogo evidenciou o potencial de jogos digitais como ferramentas pedagógicas acessíveis, especialmente quando fundamentados em metodologias estruturadas como o TEACCH. Projetado para estimular habilidades iniciais de matemática em crianças com TEA, o aplicativo foi concebido com foco na organização visual, progressão gradual de dificuldade e clareza nas interações.

A avaliação empírica realizada com 20 atendidos da instituição parceira e com o apoio de terapeutas validou as escolhas de design, revelando alto índice de aceitação quanto à relevância pedagógica, à motivação gerada e à adequação da interface às necessidades do público-alvo. Esses resultados reforçam a pertinência de integrar princípios da educação inclusiva às boas práticas de engenharia de *software* e design centrado no usuário.

Como limitação do trabalho tem-se que a validação não passou pelo comitê de ética, apenas foi obtida uma autorização da direção da instituição parceira para observação das sessões. A instituição parceira tem preconizado em seu estatuto o apoio a pesquisas científicas.

Como perspectiva futura, o projeto prevê o aprimoramento da responsividade da interface, a fim de garantir uma experiência consistente em diferentes dispositivos e idiomas. Além disso, será realizado o registro oficial do *software* junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), assegurando proteção legal e abertura para futuras distribuições.

Referências

- AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION (APA). DSM-5: Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&id=QL4rDAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em 19 mar 2025.
- MESIBOV, G. B.; SHEA, V. “The TEACCH Program in the Era of Evidence-Based Practice”. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. May 2010, Volume 40, Issue 5, pp 570–579. DOI 10.1007/s10803-009-0901-6. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10803-009-0901-6>>. Acesso em: 10 de mar. 2025.
- SANTOS, Reinaldo Silva dos, et al. O uso de jogos digitais no processo de ensino e aprendizagem de alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA): potencialidades para uma educação inclusiva. *IOSR Journal of Humanities and Social Science*, v. 29, n. 2, p. 13-18, fev. 2024. DOI: 10.9790/0837-2902021318. Disponível em: <https://www.iosrjournals.org/iosr-jhss/papers/Vol.29-Issue2/Ser-2/C2902021318.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2025.
- SANTOS, V. O. Análise comparativa da usabilidade de aplicativos móveis no processo de alfabetização de crianças com deficiência intelectual. 2019. 97p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Sistemas de Informação) - Instituto Federal de Alagoas. Maceió, 2019.
- SAVI, Rafael; WANGENHEIM, Christiane Gresse Von; ULBRICHT, Vania; VANZIN, Tarcísio. Proposta de um Modelo de Avaliação de Jogos Educacionais. *Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação*. 2010. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/18043>>. Acesso em 15 abr 2025.
- SCHOPLER, E.; MESIBOV, G. B.; HEARSEY, K. Structured teaching in the TEACCH system. In: SCHOPLER, E.; MESIBOV, G. B. (Eds.). *Learning and cognition in autism*. New York: Plenum Press, 1995, p. 243-268. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4899-1286-2_13>. Acesso em 10 mar 2025.
- SOUZA, M. A.; LOPES, R. P.; SOUZA, A. C. Jogos e desenvolvimento cognitivo na educação infantil: Uma análise do Tangram como recurso pedagógico. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, Araraquara, v. 15, n. 4, p. 2108-2124, 2020.