

Análise de funções executivas em crianças com TEA por meio de jogos sérios: suporte pedagógico para acompanhamento do desenvolvimento infantil

Sara Raquel Araujo Leal Martins¹, Franciely Alves¹,
Carlo Marcelo Revoredo da Silva¹

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Computação (PPGEC)
Universidade de Pernambuco (UPE)

R. Benfica, 455 - Madalena, Recife - PE, 50720-001 – Brasil

{sral, fas2, cmrs}@ecomp.poly.br

Abstract. *In early childhood education, playing can provide several benefits related to children's cognitive, social, and behavioral development, supporting skills such as planning, attention focus, working memory, and multitasking. These skills comprise the so-called executive functions, which are essential for human development throughout life. In the context of Autism Spectrum Disorder (ASD), differences in these functions are frequently observed and may directly impact the learning process, social interaction, and adaptation to the school environment. Therefore, this study aims to investigate the use of serious games as a pedagogical support tool, contributing to teachers' decision-making in monitoring and stimulating cognitive skills in children with ASD.*

Resumo. *Na educação infantil, o ato de jogar pode proporcionar diversos benefícios relacionados ao desenvolvimento cognitivo, social e comportamental das crianças, auxiliando habilidades como planejamento, foco da atenção, memória de trabalho e realização de múltiplas tarefas. Essas habilidades compõem as chamadas funções executivas, fundamentais para o desenvolvimento humano ao longo da vida. No contexto do Transtorno do Espectro Autista (TEA), diferenças nessas funções são frequentemente observadas, podendo impactar diretamente o processo de aprendizagem, interação social e adaptação ao ambiente escolar. Assim, este estudo busca investigar o uso de jogos sérios como ferramenta de suporte pedagógico, contribuindo para a tomada de decisão dos professores no acompanhamento e estímulo de habilidades cognitivas em crianças com TEA.*

1. Introdução

Na educação infantil, a aprendizagem vai além do contexto curricular, envolvendo o desenvolvimento integral da criança e considerando aspectos comportamentais, habilidades cognitivas, interação social e experiências vivenciadas no ambiente escolar [Brasil 2018]. Nesse processo, destacam-se habilidades relacionadas ao planejamento, à execução de tarefas, ao raciocínio, à atenção, à memória de trabalho e à realização de múltiplas atividades, conhecidas como funções executivas. Essas funções são fundamentais para o desenvolvimento cognitivo, social e comportamental infantil, influenciando diretamente a forma como a criança aprende, interage e se adapta às diferentes situações do cotidiano.

As funções executivas correspondem a um conjunto de habilidades cognitivas responsáveis pela organização de pensamentos, comportamentos e atitudes direcionados ao alcance de objetivos específicos. Essas funções englobam capacidades como atenção, planejamento, tomada de decisão, raciocínio diante de diferentes perspectivas e utilização adequada das informações armazenadas na memória durante a execução de tarefas [Boer and dos Santos Elias 2022]. Além disso, desempenham um papel essencial no ajustamento cognitivo, comportamental e emocional do indivíduo, influenciando diretamente sua adaptação e desempenho em situações do cotidiano. De acordo com [Karr et al. 2018, Garcia-Barrera 2024], as funções executivas centrais podem ser definidas como controle inibitório, flexibilidade cognitiva e memória de trabalho, sendo consideradas a base para o desenvolvimento de outras habilidades executivas mais complexas [Diamond 2013, Petrolo et al. 2025].

Essas habilidades são desenvolvidas durante a infância, período em que as crianças passam a ter os primeiros contatos com situações mais complexas, resolução de problemas e vivências sociais no ambiente escolar [Tomaz and León 2021]. Quando se trata de crianças com TEA, diferenças no desenvolvimento das funções executivas são frequentemente descritas na literatura [Czermainski et al. 2013, Cardoso et al. 2020], podendo impactar aspectos relacionados à aprendizagem, comunicação, interação social e adaptação ao ambiente escolar.

Nesse contexto, torna-se fundamental que a escola adote um olhar mais atento e inclusivo, atuando como um espaço de apoio, acolhimento e estímulo ao desenvolvimento integral da criança. Assim, é importante que os professores possam acompanhar esse desenvolvimento de forma contínua e não invasiva, observando aspectos relacionados às funções executivas durante as atividades do cotidiano escolar.

Sendo assim, os jogos sérios podem ser uma maneira de apoiar o acompanhamento infantil por meio da coleta de dados comportamentais e cognitivos no ambiente escolar. Este estudo é uma extensão de trabalhos anteriores [Pires et al. 2023, de Souza et al. 2025], nos quais foram desenvolvidos os três jogos sérios utilizados nesta pesquisa e definidos os requisitos de usabilidade assistiva que os fundamentam. O presente estudo avança ao investigar especificamente o uso desses jogos como instrumento de análise das funções executivas em crianças com TEA, propondo indicadores derivados, conduzindo a primeira aplicação empírica com participantes reais e realizando análise estatística comparativa entre grupos.

2. Fundamentação Teórica

O autismo é um transtorno do neurodesenvolvimento que se expressa de formas diversas, afetando principalmente aspectos comportamentais, sociais e cognitivos do indivíduo [Cordioli et al. 2024]. No contexto educacional, ainda existem desafios relacionados à inclusão e ao acompanhamento adequado do desenvolvimento da criança, sendo comum que a avaliação ocorra de forma subjetiva e sem uma análise aprofundada das habilidades e das áreas que demandam maior suporte [De Moraes 2024].

No caso de crianças com TEA, esse acompanhamento torna-se ainda mais importante, pois permite ao professor adaptar estratégias pedagógicas de maneira mais efetiva, contribuindo para o desenvolvimento das habilidades da criança e para sua maior participação no ambiente escolar [Lima et al. 2024]. Assim, torna-se relevante utilizar

abordagens avaliativas menos invasivas, mais acolhedoras e capazes de proporcionar uma análise mais natural do desenvolvimento infantil.

Nesse contexto, muitas crianças autistas demonstram interesse e engajamento no uso de recursos tecnológicos, utilizando-os, inclusive, como forma de autorregulação [de Sousa and Malheiro 2025]. Dessa forma, os jogos sérios surgem como uma alternativa promissora para análise da aprendizagem e do desenvolvimento, favorecendo avaliações mais contextualizadas por meio de atividades lúdicas e interativas [Araújo et al. 2024, Krause et al. 2019]. Além disso, estudos descrevem associações entre o TEA e diferentes perfis de desenvolvimento das funções executivas, como controle inibitório, flexibilidade cognitiva e memória de trabalho [Gonçalves and da Silva Dias 2025, Merlin 2025, Coli and Pedroso 2023]. Assim, torna-se fundamental propor estratégias que auxiliem o professor no acompanhamento dessas habilidades.

3. Metodologia

Esta seção descreve o delineamento da pesquisa, os participantes, os instrumentos utilizados, o protocolo de coleta de dados e os procedimentos de análise adotados para investigar as funções executivas de crianças com e sem TEA durante a interação com jogos sérios.

3.1. Delineamento da pesquisa

A pesquisa adota abordagem quantitativa de caráter exploratório e descritivo, com delineamento quase-experimental de grupos independentes. Não houve atribuição aleatória dos participantes às condições, uma vez que a distinção entre grupo TEA e grupo controle (não-TEA) é uma característica pré-existente dos participantes. O estudo é observacional no sentido de que as crianças interagiram livremente com os jogos sem intervenção direta dos pesquisadores durante as sessões, estratégia alinhada ao conceito de *stealth assessment* [Shute 2011], segundo o qual os dados cognitivos emergem naturalmente da dinâmica de jogo, sem testes explícitos ou situações artificiais de avaliação.

3.2. Criação dos jogos

Foram utilizados três jogos sérios digitais desenvolvidos com base nos Requisitos de Usabilidade (RU) assistivos apresentados na Tabela 1, contemplando aspectos de interface, feedback, controle sensorial e interatividade. Cada jogo explora diferentes demandas sobre as funções executivas.

O *Memory* consiste em um jogo da memória baseado em pareamento de cartas, exigindo memória de trabalho visuoespacial, planejamento e controle inibitório, sendo o jogo com maior demanda cognitiva nessas funções. O *Painting* envolve pintura temática com ações mais longas e abertas, demandando planejamento, organização e regulação emocional, destacando-se pela maior relação com a Flexibilidade Cognitiva. *Pairing with Shadows* baseia-se no pareamento entre objetos e silhuetas, com menor demanda de memória de trabalho e menor exigência cognitiva global.

Todos os jogos oferecem recursos de ajuda, controle de áudio e níveis de dificuldade (Fácil, Médio e Difícil), desenvolvidos com base em requisitos de usabilidade. As Figuras 1, 2 e 3 apresentam as interfaces dos três jogos e seus níveis de dificuldade.

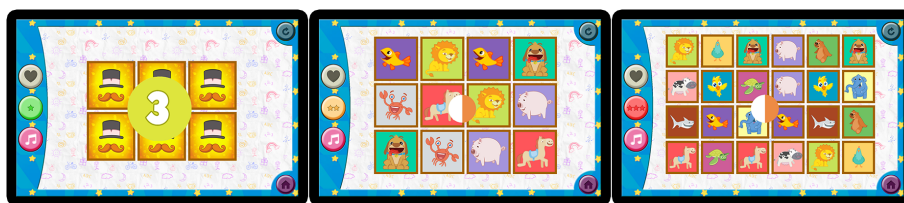


Figura 1. Jogo da Memória

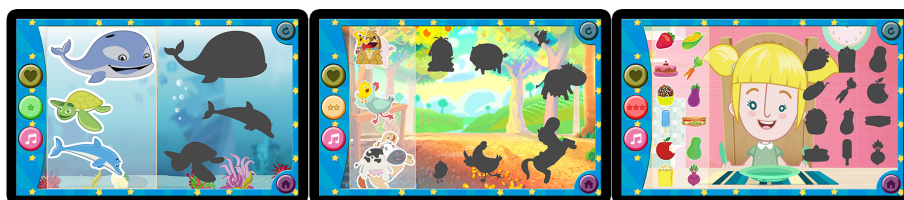


Figura 2. Jogo de Pareamento com Sombras



Figura 3. Jogo da Pintura

3.3. Cuidados éticos

Esta pesquisa seguiu as diretrizes da Resolução CNS nº 466/2012 e foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP).

3.4. Participantes

Participaram desta pesquisa 12 crianças, de turmas de 3º (G3) e 5º ano (G5), de escolas públicas na cidade do Recife. A amostra foi composta por 12 crianças no total, divididas em dois grupos: 6 com diagnóstico prévio de autismo (composto por crianças com TEA, isoladamente ou em comorbidade com outros transtornos, desde que essas condições não interferissem na participação nas atividades com os jogos), realizado por profissional habilitado conforme os critérios do *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (DSM-5) [American Psychiatric Association 2013], e 6 crianças com desenvolvimento típico, sem laudo ou diagnóstico de neuroatipicidade. Quanto à distribuição por gênero, a amostra foi igualmente dividida entre 6 meninas e 6 meninos.

Os jogos foram aplicados pelas professoras do Atendimento Educacional Especializado (AEE) de cada instituição, visando proporcionar maior conforto às crianças e evitar mudanças bruscas em suas rotinas. Os participantes foram identificados por identificadores anônimos (UUID) gerados automaticamente pela plataforma, garantindo a confidencialidade dos dados. O estudo seguiu os princípios éticos aplicáveis à pesquisa com crianças, com consentimento informado obtido junto aos responsáveis legais.

3.5. Protocolo de Coleta de Dados

As sessões de jogo foram realizadas no ambiente escolar dos participantes, em equipamentos disponibilizados pela instituição. Cada criança interagiu livremente com os três

Tabela 1. Requisitos de usabilidade (RU) na perspectiva assistiva em jogos sérios

Objetivo	Características
Estímulo ao acerto (relevância e eficácia)	• RU01. Recompensas audiovisuais por cada acerto, inclusive por acertos simultâneos. • RU02. Evitar ênfase às falhas do jogador (não utilizar termos que possam repreender ou desestimular a iniciativa da criança). • RU03. Permitir nivelamento dos desafios (fácil, médio, difícil). • RU04. Disponibilizar tutorial com indicações visuais e/ou sonoras. • RU05. Promover feedbacks sobre o desempenho durante o jogo.
Clareza e simplicidade	• RU06. Informações sem ambiguidades e com previsibilidade. • RU07. Interface sem poluição visual. • RU08. Indicar ações/conclusões com efeitos visuais e sonoros.
Suporte ao foco	• RU09. Evitar partidas muito longas. • RU10. Explorar os recursos multimídia para o apelo lúdico. • RU11. Explorar os interesses pessoais do jogador. • RU12. Possibilitar personalização e customizações.
Suporte sensorial	• RU13. Reduzir estímulos excessivos (possibilidade de ativar ou desativar a música e efeitos sonoros). • RU14. Evitar situações que causem disfunção na mecânica do jogo.
Interatividade	• RU15. Disponibilizar funções instrutivas com recursos multimídia. • RU16. Explorar os recursos de tela tangível (<i>touch screen</i>). • RU17. Explorar as possibilidades de ergonomia na especificação do hardware. • RU18. Integrar <i>hardware</i> atuando como extensão da solução.
Apoio à socialização	• RU19. Integrar <i>hardware</i> específico para socialização. • RU20. Detectar expressões faciais, emoções e interesses. • RU21. Promover atividades <i>multiplayer</i>.

Fonte: [de Souza et al. 2025]

jogos, sem roteiro fixo de sequência ou tempo mínimo por sessão. A plataforma registrou automaticamente, ao término de cada partida, os eventos descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Variáveis coletadas durante as partidas dos jogos

Variável	Descrição
seconds	Duração total da partida em segundos.
moves	Número total de movimentos realizados.
correct	Número de acertos.
error	Número de erros.
help	Número de acionamentos do recurso de ajuda.
music_on / music_off	Número de vezes que a música foi ligada ou desligada.
consecutive_correct	Maior sequência de acertos consecutivos.
consecutive_error	Maior sequência de erros consecutivos.
consecutive_help	Maior sequência de acionamentos consecutivos do recurso de ajuda.

Fonte: [de Souza et al. 2025]

Além disso, foram coletadas informações relacionadas ao tipo de jogo, nível de dificuldade, identificador anônimo da criança, gênero e classificação clínica (TEA ou não-TEA). A base de dados resultante totalizou 640 registros de partidas, apresentando distribuição equilibrada tanto entre as turmas (G3: 320; G5: 320) quanto entre os grupos clínicos (TEA: 320; não-TEA: 320).

3.6. Procedimentos de Análise

A análise foi conduzida em três etapas complementares. Inicialmente, foram calculados cinco indicadores derivados para operacionalizar as funções executivas a partir dos dados obtidos nos jogos: *acurácia* (%), *taxa de erros* (erros/movimentos), *taxa de ajuda* (ajuda/movimentos), *eficiência* (acertos/segundo) e *carga cognitiva* (movimentos/acerto). Esses indicadores são apresentados formalmente nas equações da Tabela 6.

3.6.1. Análise estatística primária (nível participante).

Para preservar a independência das observações, a análise comparativa principal foi conduzida sobre as medianas individuais de cada indicador por criança ($n = 12$; 6 TEA, 6 não-TEA). A ausência de normalidade foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk [Shapiro et al. 1968]. Para a comparação entre os grupos, foi aplicado o teste não paramétrico de Mann-Whitney U [Mann and Whitney 1947], com nível de significância $\alpha = 0,05$. Para controlar o erro do Tipo I decorrente de comparações múltiplas sobre os sete indicadores, os p -valores foram ajustados pelo método de Benjamini-Hochberg (controle da taxa de falsos positivos, FDR) [Benjamini and Hochberg 1995]. Os tamanhos de efeito foram quantificados pela estatística $r = Z/\sqrt{n}$.

3.6.2. Análise exploratória (nível partida).

Os 640 registros de partidas foram utilizados em análises descritivas e de correlação (Spearman), nas quais a dependência intraindividual é menos crítica dada a natureza exploratória dessas análises. Modelos lineares mistos com intercepto aleatório por criança foram ajustados para verificar a robustez dos achados da análise primária.

Por fim, foi realizada uma análise comparativa relacionando os dados extraídos durante as partidas com as funções executivas de controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva, com o objetivo de investigar se os jogos propostos são capazes de coletar dados que permitam observar aspectos relacionados ao desenvolvimento dessas funções, servindo como meio de apoio para profissionais da educação.

3.7. Identificação de Perfis Comportamentais

Com o objetivo de identificar padrões comportamentais distintos entre os participantes, foi aplicado clustering hierárquico aglomerativo (método de Ward, distância euclidiana) sobre as medianas individuais dos cinco indicadores derivados, normalizadas por escore-Z. O número de clusters foi determinado a partir do dendrograma e confirmado pelo índice de silhueta média ($k = 3$; silhueta média = 0,52). Os três perfis resultantes foram denominados P1, P2 e P3 e são caracterizados na Tabela 3.

3.8. Mapeamento entre Indicadores e Funções Executivas

A Tabela 4 sintetiza a correspondência teórica entre cada indicador coletado ou derivado e a dimensão das funções executivas que ele visa capturar. Esse mapeamento orienta a interpretação de todos os resultados apresentados na seção seguinte.

É importante destacar que os indicadores obtidos a partir dos jogos são *proxies* comportamentais, e não medidas diretas das funções executivas. Sua interpretação

Tabela 3. Caracterização dos perfis comportamentais identificados por clustering

Perfil	n crianças	TEA / Não-TEA	Característica dominante
P1	4	3 TEA / 1 Não-TEA	Desempenho intermediário; uso moderado do recurso de ajuda; maior variabilidade entre jogos.
P2	4	3 TEA / 1 Não-TEA	Maior tempo de execução; uso mais frequente de ajuda; maior número de tentativas por acerto.
P3	4	0 TEA / 4 Não-TEA	Maior acurácia e eficiência; menor número de tentativas por acerto; menor uso de ajuda.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 4. Mapeamento teórico entre indicadores de jogo e dimensões das funções executivas

Indicador	FE relacionada	Dimensão monitorada
Acurácia (%)	Controle Inibitório	Focar / Monitorar
Taxa de erros	Controle Inibitório	Inibir / Monitorar
Erros consecutivos	Controle Inibitório	Inibir
Uso de ajuda (total)	Memória de Trabalho	Operacionalizar
Ajuda consecutiva	Flexibilidade Cognitiva	Flexibilizar / Regular
Eficiência (acertos/s)	Memória de Trabalho	Operacionalizar / Planejar
Carga cognitiva (mov./acerto)	Memória de Trabalho	Organizar / Planejar
Acertos consecutivos	Memória de Trabalho	Planejar / Perseverar
Variabilidade da eficiência entre jogos	Flexibilidade Cognitiva	Flexibilizar / Objetivar
Controle de música	Controle Inibitório	Focar / Monitorar
Frequência no nível Difícil	Flexibilidade Cognitiva	Perseverar / Iniciar

Fonte: Elaborado pelos autores.

baseia-se no referencial do *stealth assessment* [Shute 2011] e em evidências da literatura neuropsicológica sobre TEA [Ozonoff et al. 1994, Yeung et al. 2024], que apontam que diferenças nas funções executivas podem ser observadas nos padrões de interação com tarefas cognitivas. Estudos futuros devem investigar a validade convergente desses indicadores por meio de sua correlação com instrumentos neuropsicológicos padronizados, como o BRIEF-2 [Gioia et al. 2000] ou baterias computadorizadas como o CANTAB, aplicados concomitantemente às sessões de jogo. No presente estudo, a correspondência é sustentada teoricamente e deve ser interpretada com cautela, dado o caráter exploratório da pesquisa e o tamanho amostral reduzido.

4. Análise Comportamental das Funções Executivas Durante as Partidas

Esta seção analisa os dados coletados durante as sessões de jogo, relacionando indicadores comportamentais (acertos, erros, uso de ajuda, tempo de execução e controle do áudio) às funções executivas de Controle Inibitório, Memória de Trabalho e Flexibilidade Cognitiva. A análise baseia-se em *learning analytics*, utilizando os rastros digitais da interação como indicadores de processos cognitivos [Shute 2011, Sabourin and Lester 2014].

4.1. Derivação dos Indicadores de Funções Executivas

Para viabilizar a análise das funções executivas a partir dos dados brutos, foram construídos indicadores derivados, consolidando métricas próximas ao conceito de *stealth assessment* [Shute 2011], segundo o qual a avaliação cognitiva ocorre de forma não intrusiva, embutida na própria dinâmica de jogo. As métricas derivadas são definidas pelas equações da Tabela 6.

A *eficiência* indica a capacidade de transformar ações em acertos ao longo do tempo, estando relacionada à Memória de Trabalho [Hitch et al. 2025]. A *carga cogni-*

Tabela 5. Extrações das habilidades durante a interação com um jogo sério

Controle Inibitório				
Focar		Inibir	Monitorar	
A criança foca em um determinado objetivo apresentado pelo jogo.		Em situações de erros repetitivos, a criança busca um recurso de ajuda ou de dicas.	A criança deduz que uma determinada solução é aplicável em um desafio apresentado pelo jogo.	
Memória de trabalho				
Operacionalizar		Organizar	Planejar	
A criança utiliza algum recurso instrutivo e segue com seu objetivo conforme a orientação recebida.		A criança monta uma estratégia para atingir o objetivo, seja buscar um acerto evidente ou reduzir a dificuldade do jogo.	Ao iniciar a partida, a criança pode planejar uma iniciativa baseada em uma experiência anterior.	
Flexibilidade cognitiva				
Flexibilizar	Iniciar	Objetivar	Perseverar	Regular
A criança segue para novos níveis de dificuldade, sem se importar com a mudança de tema ou atividade com maior dificuldade.	A criança aguarda o início da partida sem se distrair com elementos externos ao jogo.	A criança define um objetivo claro e específico durante o jogo, como estabelecer uma meta para um determinado desafio.	A criança se dedica à conclusão do jogo, independente das possíveis falhas.	A criança persiste no jogo apesar de possíveis frustrações diante de erros consecutivos.

Fonte: [de Souza et al. 2025]

Tabela 6. Indicadores derivados utilizados na análise das funções executivas

Acurácia (%)	Taxa de erros	Taxa de ajuda	Eficiência	Carga cognitiva
$\frac{\text{acertos}}{\text{acertos} + \text{erros}} \times 100$	$\frac{\text{erros}}{\text{movimentos}}$	$\frac{\text{ajuda}}{\text{movimentos}}$	$\frac{\text{acertos}}{\text{tempo (s)}}$	$\frac{\text{movimentos}}{\text{acertos}}$

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 7. Comparação entre grupos TEA ($n = 6$) e não-TEA ($n = 6$) (medianas por participante, teste Mann-Whitney U com correção FDR)

Indicador	Mediana Não-TEA	Mediana TEA	U	p_{adj}	Sig.
Acurácia (%)	87,50	73,44	0,0	0,0086	**
Erros	1,00	2,00	36,0	0,0086	**
Uso de ajuda	1,00	2,50	36,0	0,0086	**
Tempo (s)	41,25	61,25	34,0	0,0121	*
Erros consecutivos	1,00	1,00	24,0	0,1739	n.s.
Eficiência	0,16	0,12	0,0	0,0086	**
Acertos consecutivos	3,00	2,50	7,5	0,0633	n.s.

** $p_{adj} < 0,01$; * $p_{adj} < 0,05$; n.s. não significativo. Correção FDR (Benjamini-Hochberg).

Fonte: Elaborado pelos autores.

tiva reflete o número de movimentos necessários para obter um acerto e está associada ao planejamento. Já os indicadores de erros consecutivos e ajuda consecutiva estão relacionados ao Controle Inibitório e à Flexibilidade Cognitiva, por evidenciarem a dificuldade em interromper estratégias que não estão produzindo resultados ou em adaptar o comportamento diante dos desafios.

4.2. Diferenças entre Grupos TEA e Não-TEA (Análise por Participante)

A análise estatística primária foi conduzida sobre as medianas individuais de cada indicador por criança ($n = 12$), preservando a independência das observações. A Tabela 7 apresenta os resultados do teste de Mann-Whitney U com p -valores ajustados pelo método de Benjamini-Hochberg (FDR).

Os resultados demonstram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos em cinco dos sete indicadores avaliados, mesmo após a correção para múltiplos testes. As diferenças mais expressivas foram observadas na acurácia (87,50% não-TEA vs. 73,44% TEA) e na eficiência (0,16 vs. 0,12 acertos/s), ambas com separação total entre os grupos ($U = 0,0$, $p_{adj} = 0,0086$), indicando padrões distintos de interação com as tarefas. O grupo TEA também apresentou maior uso de ajuda (mediana 2,50 vs. 1,00) e maior tempo por partida (61,25 s vs. 41,25 s), sugerindo que essas crianças se beneficiaram mais dos recursos de suporte disponíveis nos jogos.

Dois indicadores não apresentaram diferença estatisticamente significativa após a correção FDR: erros consecutivos ($p_{adj} = 0,1739$) e acertos consecutivos ($p_{adj} = 0,0633$). O resultado de acertos consecutivos é particularmente relevante do ponto de vista pedagógico: ao estabelecer sequências de respostas corretas, crianças com TEA demonstraram capacidade de persistência comparável à do grupo não-TEA, evidenciando potencialidades que tendem a se expressar quando as condições da tarefa são favoráveis.

4.3. Análise do Controle Inibitório

O Controle Inibitório, componente que engloba as dimensões de *Focar*, *Inibir* e *Monitorar* (Tabela 5), foi operacionalizado pelos indicadores de taxa de erros, erros consecutivos e acionamento do recurso de ajuda em resposta a erros repetidos. A Tabela 8 desagrega esses indicadores por tipo de jogo e grupo.

Tabela 8. Indicadores de controle inibitório por jogo e grupo (medianas individuais)

Jogo	Grupo	Acurácia (%)	Taxa erro	Cons. erro	Tempo (s)
<i>Memory</i>	Não-TEA	75,00	0,200	1,00	40,00
	TEA	50,00	0,385	1,00	46,00
<i>Painting</i>	Não-TEA	72,78	0,247	1,00	188,50
	TEA	65,71	0,301	1,00	194,50
<i>Pairing with Shadows</i>	Não-TEA	100,00	0,000	0,00	22,00
	TEA	87,50	0,091	1,00	47,50

Cons. erro = maior sequência de erros consecutivos por partida. Fonte: Elaborado pelos autores.

O jogo *Memory* foi o que apresentou a maior diferença entre grupos: crianças com TEA obtiveram acurácia mediana de 50,00%, contra 75,00% do grupo não-TEA, uma diferença de 25 pontos percentuais. Esse resultado é consistente com a literatura que aponta a memória episódica e o controle da atenção como áreas de maior demanda para crianças com TEA [Ceruti et al. 2024]. O *Pairing with Shadows* foi o jogo com melhor desempenho em ambos os grupos (87,50% TEA; 100,00% não-TEA), possivelmente por envolver menor demanda de memória de trabalho e maior apelo à percepção visual imediata, habilidade que tende a ser mais desenvolvida em crianças com TEA [Liu et al. 2025].

A análise de correlação de Spearman (Tabela 9) mostrou forte associação entre erros consecutivos e número total de erros ($\rho = 0,845$, $p < 0,001$), fornecendo evidências de que a dificuldade de interromper uma sequência de erros pode amplificar o erro acumulado, padrão associado à dimensão *Inibir* do Controle Inibitório [Yeung et al. 2024].

Tabela 9. Correlações de Spearman entre indicadores comportamentais ($n = 640$ partidas, análise exploratória)

Variável A	Variável B	ρ	p -valor	Sig.
Ajuda	Erros	+0,565	<0,001	***
Ajuda	Acurácia (%)	-0,394	<0,001	***
Tempo	Acurácia (%)	-0,475	<0,001	***
Erros consec.	Erros totais	+0,845	<0,001	***
Taxa de erros	Eficiência	-0,337	<0,001	***
Taxa de ajuda	Acurácia (%)	+0,122	<0,002	**

Níveis de significância: *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A correlação positiva entre ajuda e erros ($\rho = 0,565$) indica que o recurso de ajuda foi majoritariamente acionado *após* o acúmulo de erros, e não de forma preventiva, comportamento consistente com uma estratégia de regulação reativa. A correlação negativa entre ajuda e acurácia ($\rho = -0,394$) sugere que o acionamento do recurso de ajuda, por si só, não foi suficiente para reverter o desempenho de forma proporcional, possivelmente porque traduzir a orientação recebida em ação efetiva representa, em si, uma demanda cognitiva adicional (dimensão *Operacionalizar* da Memória de Trabalho).

4.4. Análise da Memória de Trabalho

A Memória de Trabalho, operacionalizada pelas dimensões *Operacionalizar*, *Organizar* e *Planejar*, foi avaliada por meio dos indicadores de eficiência, carga cognitiva e persistência no acerto consecutivo. A Tabela 10 apresenta as médias por perfil comportamental (definidos na Seção 3.7).

Tabela 10. Indicadores de Memória de Trabalho por perfil comportamental

Perfil	Eficiência (acertos/s)	Carga cognitiva	Persist. no acerto
P1	0,133	1,833	0,364
P2	0,117	2,079	0,314
P3	0,198	1,392	0,454

Fonte: Elaborado pelos autores.

O perfil P3 apresentou os maiores índices de eficiência (0,198 acertos/s) e persistência no acerto consecutivo (0,454), além da menor carga cognitiva (1,392 movimentos por acerto). Esse conjunto de valores indica que as crianças nesse perfil organizam melhor a sequência de ações, aproveitam experiências anteriores para planejar novas jogadas e convertem o esforço cognitivo em respostas corretas de forma mais consistente, atividades que mapeiam diretamente nas dimensões *Organizar* e *Planejar* da Tabela 5.

O perfil P2 exibiu a maior carga cognitiva (2,079) e a menor persistência no acerto (0,314), indicando que essas crianças realizam mais tentativas por acerto e tendem a não consolidar as estratégias ao longo das partidas. A combinação de carga cognitiva elevada e menor eficiência (0,117) sugere uma demanda adicional na dimensão *Operacionalizar*: traduzir a orientação do recurso de ajuda em ação efetiva requer, nesses casos, maior suporte estruturado.

A análise por jogo revelou diferenças que refletem a demanda de Memória de Trabalho intrínseca a cada mecânica. O jogo *Painting* gerou o maior tempo mediano (188,50 s

no grupo não-TEA; 194,50 s no grupo TEA) e o maior número de movimentos, ao passo que o *Pairing with Shadows* produziu os menores valores (22,00 s e 47,50 s, respectivamente). A diferença de eficiência entre os grupos — 0,16 acertos/s no grupo não-TEA contra 0,12 no grupo TEA — é consistente com estudos que descrevem particularidades na Memória de Trabalho visuoespacial e no planejamento sequencial em crianças com TEA [Pennington and Ozonoff 1996, Ozonoff et al. 1994].

4.5. Análise da Flexibilidade Cognitiva

A Flexibilidade Cognitiva, representada pelas dimensões *Flexibilizar*, *Iniciar*, *Objetivar*, *Perseverar* e *Regular*, foi estimada por meio das mudanças observadas no desempenho de cada criança entre os três jogos. Crianças capazes de adaptar seu comportamento às diferentes demandas das tarefas apresentariam maior variabilidade de eficiência (não apenas de erros) entre os jogos, uma vez que a adaptação proativa se manifesta na capacidade de converter ações em acertos de forma diferenciada conforme a mecânica muda. A Tabela 11 compara o desvio padrão intraindividual dos indicadores entre os três jogos.

Tabela 11. Desvio padrão intraindividual dos indicadores entre jogos, por grupo

Grupo	DP taxa de erro	DP eficiência	DP taxa de ajuda
Não-TEA	0,1297	0,0818	0,0620
TEA	0,1842	0,0438	0,1066

DP = desvio padrão intraindividual entre jogos.

Fonte: Elaborado pelos autores.

As crianças com TEA apresentaram maior variação na taxa de erros (DP = 0,1842 vs. 0,1297) e no uso de ajuda (DP = 0,1066 vs. 0,0620), porém *menor* variação na eficiência (DP = 0,0438 vs. 0,0818). Essa dissociação sugere que, embora o padrão de erros e o uso de ajuda variem entre os jogos, a eficiência permaneceu mais estável, indicando que as variações situacionais não se traduziram em ajuste da estratégia de resposta.

O grupo não-TEA apresentou maior variação da eficiência entre os jogos, o que pode indicar maior adaptação às diferentes mecânicas, associada às dimensões *Flexibilizar* e *Regular* (Tabela 5). Entretanto, essa interpretação deve ser feita com cautela, pois maior variabilidade da eficiência também pode refletir inconsistência de desempenho. Assim, esse indicador deve ser considerado exploratório e investigado em estudos futuros.

O jogo *Painting* apresentou o resultado mais expressivo em relação à manutenção de estratégias de suporte. As crianças com TEA registraram média de 6,45 usos consecutivos do botão de ajuda, enquanto o grupo não-TEA apresentou média de 0,74. Esse padrão pode estar relacionado ao longo tempo de execução do jogo (mediana acima de 194 s no grupo TEA), já que atividades mais demoradas tendem a exigir maior regulação da atenção e das emoções, aspectos que representam demandas específicas para muitas crianças com TEA [Sepehri Bonab et al. 2025]. Em relação aos níveis de dificuldade, a distribuição (Fácil: 308; Médio: 223; Difícil: 109) demonstra menor frequência de interação no nível Difícil em ambos os grupos, aspecto relacionado às dimensões *Iniciar* e *Perseverar* da Flexibilidade Cognitiva.

5. Limitações

O presente estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. A principal refere-se ao tamanho amostral reduzido, com apenas 12 participantes distribuídos entre dois grupos, o que confere caráter exploratório aos achados e limita sua generalização para populações mais amplas. A análise estatística primária foi conduzida sobre as medianas individuais por criança ($n = 12$) para preservar a independência das observações; os 640 registros de partidas foram utilizados apenas em análises exploratórias e de correlação. Ainda assim, o poder estatístico dos testes com $n = 6$ por grupo é baixo, e os resultados devem ser replicados com amostras maiores.

A diversidade inerente ao espectro autista não foi controlada na composição dos grupos, de modo que os resultados podem refletir características específicas dos participantes. Além disso, os indicadores derivados constituem *proxies* comportamentais indiretos das funções executivas, sem validação externa por instrumentos neuropsicológicos padronizados. Ademais, a ordem de interação com os jogos não foi controlada, podendo introduzir efeitos de familiarização, fadiga ou transferência de estratégias.

Outra limitação refere-se a fatores contextuais não controlados, como a familiaridade com dispositivos digitais, as condições do ambiente de aplicação e o estado emocional das crianças durante as sessões. Esses elementos podem ter influenciado o desempenho observado, introduzindo variações não diretamente relacionadas às funções executivas investigadas.

6. Agradecimentos

Esta pesquisa foi financiada pela CAPES e pela FACEPE (IBPG-2008-1.03/24). Além disso, contou com o apoio da Mr. Plot Produções, que autorizou o uso de imagens da obra infantil Mundo Bitá.

7. Conclusão

Os jogos conseguiram capturar diferenças comportamentais entre os grupos por meio de rastros digitais simples, oferecendo ao professor informações mais objetivas sobre o modo como cada criança se engaja com as tarefas. Destaca-se que dois indicadores não apresentaram diferença significativa após a correção FDR: erros consecutivos e acertos consecutivos. Em particular, a ausência de diferença nos acertos consecutivos indica que, ao estabelecer uma sequência de respostas corretas, crianças com TEA demonstram capacidade de persistência comparável à do grupo não-TEA. Esse achado reforça a importância de o professor conhecer o perfil individual de cada aluno para criar oportunidades de aprendizagem que ativem esses recursos.

Em síntese, este estudo fornece evidências de que jogos sérios, desenvolvidos com base em requisitos de usabilidade assistiva e em referenciais sobre funções executivas, podem atuar como instrumentos complementares no acompanhamento do desenvolvimento cognitivo de crianças com TEA. Não se trata de substituir a avaliação especializada, mas de ampliar o repertório do professor com informações mais contínuas e obtidas no próprio contexto em que a criança aprende e se desenvolve. Como trabalho futuro, pretende-se validar os indicadores propostos por meio de instrumentos neuropsicológicos padronizados, como o BRIEF-2 e o CANTAB.

Declaração sobre uso de Inteligência Artificial

Neste trabalho, ferramentas de inteligência artificial generativa foram utilizadas como apoio à revisão textual, contribuindo para a correção gramatical, ortográfica e para o aprimoramento da clareza da escrita. Todas as decisões relacionadas ao conteúdo científico, à análise dos resultados e às conclusões permaneceram sob responsabilidade dos autores.

Referências

- American Psychiatric Association (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*. American Psychiatric Publishing, Washington, DC, 5 edition.
- Araújo, A., Roma, L., Ramos, R., Santos, W., and Silva, G. (2024). A importância de jogos sérios na aprendizagem de programação. In *Anais da XXIV Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe*, pages 245–254, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Benjamini, Y. and Hochberg, Y. (1995). Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 57(1):289–300.
- Boer, J. D. C. and dos Santos Elias, L. C. (2022). Habilidades sociais, funções executivas e desempenho acadêmico: Revisão sistemática. *Revista Psicopedagogia*, 39(119):270–284.
- Brasil (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Ministério da Educação, Brasília, DF. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 7 maio 2026.
- Cardoso, D. M. P. et al. (2020). O transtorno do espectro autista e as funções executivas: contribuições da neuropsicologia na compreensão do transtorno. *Estudos Iat*, 5(01).
- Ceruti, C., Mingozzi, A., Scionti, N., and Marzocchi, G. M. (2024). Comparing executive functions in children and adolescents with autism and adhd—a systematic review and meta-analysis. *Children*, 11(4).
- Coli, D. and Pedroso, C. P. (2023). As habilidades sociais como técnica de aprimoramento das funções executivas em crianças com transtorno do espectro autista. *REVISTA PRÁTICAS INOVADORAS E TECNOLOGIAS NO ENSINO*, 1(2).
- Cordioli, M., Delfino, L., Romani, A., Mortini, E., and Lanzi, P. L. (2024). A gamified framework to assist therapists with the aba therapy for autism. In *2024 IEEE Gaming, Entertainment, and Media Conference (GEM)*, pages 1–6. IEEE.
- Czermainski, F. R., Bosa, C. A., and Salles, J. F. d. (2013). Funções executivas em crianças e adolescentes com transtorno do espectro do autismo: uma revisão. *Psico. Porto Alegre. Vol. 44, n. 4 (out./dez. 2013), p. 518-525*.
- De Moraes, P. S. (2024). A importância da avaliação escolar no processo de ensino-aprendizagem. *Humanas em Perspectiva*, 62.
- de Sousa, P. N. and Malheiro, C. A. L. (2025). Jogos digitais e transtornos do espectro autista: contribuições no desenvolvimento de habilidades. *Dialogia*, 1(54):e28568–e28568.
- de Souza, F. A., Pires, S. V. L., Leal, S. R. A., Arias, C. C. M., Aguiar, E. H. d., Araújo, R. P. d., Marinho, M. H. d. N., Fernandes, B. J. T., and da Silva, C. M. R. (2025). Towards

- serious games through a playful approach for children with autism spectrum disorder. *Int. J. Child-Comp. Interact*, 45(C).
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64:135–168.
- Garcia-Barrera, M. A. (2024). Unity and diversity model of executive functions: State of the art and issues to be resolved. Technical report, ResearchGate.
- Gioia, G. A., Isquith, P. K., Guy, S. C., and Kenworthy, L. (2000). *Behavior Rating Inventory of Executive Function (BRIEF)*. Psychological Assessment Resources, Odessa, FL.
- Gonçalves, S. L. S. and da Silva Dias, G. M. N. (2025). Impactos das funções executivas na aprendizagem e desenvolvimento de alunos autismo: Desafios e potencialidades. *Educação e tecnologia–inovações e adaptações: Volume 5*.
- Hitch, G. J., Allen, R. J., and Baddeley, A. D. (2025). The multicomponent model of working memory fifty years on. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*.
- Karr, J. E., Areshenkoff, C. N., Rast, P., Hofer, S. M., Iverson, G. L., and Garcia-Barrera, M. A. (2018). The unity and diversity of executive functions: A systematic review and re-analysis of latent variable studies. *Psychological Bulletin*, 144(11):1147–1185.
- Krause, K., Gasparini, I., and Hounsell, M. (2019). Construindo a relação entre funções executivas e mecânicas de jogos digitais. In *Anais do XXX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 1082–1091, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Lima, L. G. B., Mendes, D. L. L. L., do Carmo Nascimento, J. V., and Fideles, C. D. (2024). Avaliação e metodologias ativas como aliadas para a promoção da aprendizagem de crianças com tea. *Revista de Instrumentos, Modelos e Políticas em Avaliação Educacional*, 5:e024017–e024017.
- Liu, Y., Ma, C., Zhang, M., Ma, X., Liu, T., Jia, F., and Du, L. (2025). Efficacy of gamified digital health interventions for children and adolescents with autism spectrum disorder: a systematic review and meta-analysis. *Child and Adolescent Psychiatry and Mental Health*.
- Mann, H. B. and Whitney, D. R. (1947). On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *The Annals of Mathematical Statistics*, 18(1):50–60.
- Merlin, R. C. (2025). Transtorno do espectro autista: relações entre flexibilidade cognitiva e psicológica. *Dissertação de mestrado*.
- Ozonoff, S., Strayer, D. L., McMahon, W. M., and Filloux, F. (1994). Executive function abilities in autism and Tourette syndrome: An information processing approach. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 35(6):1015–1032.
- Pennington, B. F. and Ozonoff, S. (1996). Executive functions and developmental psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 37(1):51–87.
- Petrolo, E., Guerrero, S., Logrieco, M. G., Casula, L., Vicari, S., and Valeri, G. (2025). The role of executive functions in preschool children with autism spectrum disorder: A short narrative review. *Research in Developmental Disabilities*, 157:104905.

- Pires, S., Silva, C., Fernandes, B., Souza, F., Leal, S., Cavalcance, T., Santos, W., and Araújo, R. (2023). Jogos sérios como subsídio tecnológico na educação de crianças com transtorno do espectro autista. In *Anais do XXXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 656–669, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Sabourin, J. L. and Lester, J. C. (2014). Affect and engagement in game-based learning environments. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 5(1):45–56. Versão prévia apresentada no ACII 2011.
- Sepehri Bonab, H., Ebrahimi Sani, S., and Behzadnia, B. (2025). The impact of virtual reality intervention on emotion regulation and executive functions in autistic children. *Games for Health Journal*, 14(2):146–158.
- Shapiro, S. S., Wilk, M. B., and Chen, H. J. (1968). A comparative study of various tests for normality. *Journal of the American Statistical Association*, 63(324):1343–1372.
- Shute, V. J. (2011). Stealth assessment in computer-based games to support learning. In Tobias, S. and Fletcher, J. D., editors, *Computer Games and Instruction*, pages 503–524. Information Age Publishers, Charlotte, NC.
- Tomaz, R. F. d. S. and León, C. B. R. (2021). Intervenções em funções executivas na primeira infância: revisão da literatura. *Cadernos de Pós-Graduação em Distúrbios do Desenvolvimento*, 21(1):9–23.
- Yeung, M. K., Bai, J., and Mak, K.-L. (2024). Longitudinal changes in executive function in autism spectrum disorder: A systematic review and meta-analyses. *Autism Research*.