

# Integrando Psicologia e Engenharia no Desenvolvimento de Jogos Cognitivos Físicos

## *Integrating Psychology and Engineering in the Development of Physical Cognitive Games*

Thamyres C. da C. Abreu<sup>1</sup>, Luiz H. da C. Pacheco<sup>3</sup>, Igor dos S. Gomes<sup>3</sup>, Juliana da C. Vieira<sup>2</sup>, Bruna C. G. D. Santos<sup>2</sup>, Maria Paula M. Maynard<sup>2</sup>, Cristina M. D. Wigg<sup>2</sup>, Tharcisio C. Fontainha<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia – Coppe – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) – Caixa Postal 68501– Rio de Janeiro – RJ –Brazil

<sup>2</sup> Instituto de Psicologia – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) – Caixa Postal 68501– Rio de Janeiro – RJ –Brazil

<sup>3</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) – Caixa Postal 68501– Rio de Janeiro – RJ –Brazil

thamyresabreu@pep.ufrj.br , luizhcp21@gmail.com ,  
igorsant.gomes@ufrj.br , nepen@psicologia.ufrj.br,  
fontainha@pep.ufrj.br

**Abstract. Introduction:** Educational and therapeutic contexts have increasingly demanded interactive resources to stimulate cognitive and motor skills; however, they still lack the financial and material investments necessary for this. In this scenario, physical cognitive games (PCGs) stand out as artifacts that can be developed at low cost and that promote learning, engagement, and functional development. **Objective:** Develop low-cost JCFs (Playful, Functional, and Cultural Activities) focused on developing fine motor skills and introducing pedagogical concepts in a playful way. **Methodology or Steps:** The research adopted the Design Science Research (DSR) approach in the development of two JCFs, which involved 10 interviews and 3 clinical usability tests, 5 tests in school contexts, and 2 in diverse contexts over the years 2023 and 2026. **Results:** The JCFs named Zigurate and Equilibicho demonstrated potential for stimulating fine motor skills, planning, memory, and social interaction, while also showing high levels of acceptance and engagement. These results reinforce the potential of JCFs as accessible tools for supporting cognitive and motor development. Future research should expand testing and deepen the investigation of quantitative indicators related to cognitive and motor development.

**Keywords:** Physical cognitive games; Fine motor skills; 3D printing; Learning; DSR.

**Resumo. Introdução:** Contextos educacionais e terapêuticos têm demandado cada vez mais recursos interativos para estimular habilidades cognitivas e motoras, no entanto, ainda carecendo de investimentos financeiros e materiais para isso. Nesse cenário, jogos cognitivos físicos (JCF) se destacam por serem artefatos que podem ser desenvolvidos com baixo custo e por favorecerem

*desenvolver JCF de baixo custo voltados ao desenvolvimento de habilidades motoras finas e à introdução lúdica de conceitos pedagógicos. **Metodologia:** A pesquisa adotou a abordagem Design Science Research (DSR) no desenvolvimento de dois JCF, que envolveram 10 entrevistas, 3 testes de usabilidade clínicos, 5 testes em contexto escolar e 2 em contexto diverso ao longo dos anos 2023 e 2026. **Resultados:** Os JCF chamados Zigurate e Equilíbrio demonstraram potencial para estimular motricidade fina, planejamento, memória e interação social, além de apresentarem boa aceitação e engajamento. Os resultados reforçam o potencial dos JCF como ferramentas acessíveis para apoio ao desenvolvimento cognitivo e motor. Pesquisas futuras devem ampliar os testes e aprofundar a investigação de indicadores quantitativos relacionados ao desenvolvimento cognitivo e motor. **Palavras-chave:** Jogos cognitivos físicos, Motricidade fina; Impressão 3D, Aprendizagem, DSR.*

## 1. Introdução

Nas últimas décadas, diferentes contextos educacionais e clínicos têm evidenciado desafios relacionados ao desenvolvimento de habilidades cognitivas e das Habilidades Motoras Finas (HMF) [Abreu e Barbosa, 2025; Li et al. 2025]. Estima-se que cerca de 240 milhões de crianças no mundo apresentem algum tipo de deficiência que demande suporte educacional adicional [UNICEF 2024]. No Brasil, esse cenário reflete-se no crescimento contínuo da modalidade, com 2,1 milhões de estudantes matriculados na educação especial em 2024 [INEP 2024]. Desde 2023, o Governo Federal vem ampliando os investimentos em educação especial inclusiva, com recursos voltados ao Atendimento Educacional Especializado, à formação de professores e às Salas de Recursos Multifuncionais, incluindo R\$ 439 milhões investidos em 2023 e 2024 e previsão de R\$ 2,3 bilhões até 2026 [Brasil 2025].

Esse contexto reforça a relevância de políticas inclusivas, como o Decreto nº 12.686/2025, que destaca a necessidade de apoio educacional especializado e práticas pedagógicas acessíveis [BRASIL 2025].

O modelo tradicional de avaliação e ensino é frequentemente insuficiente para promover a participação ativa, pois testes clínicos convencionais podem ser demorados e afetar a motivação e a atenção infantil [Shorouk et al. 2025]. Diante desse cenário, a busca por estratégias que integram o Desenvolvimento Cognitivo (DC) juntamente do engajamento contínuo dos participantes torna-se prioridade, abrindo espaço para abordagens que valorizam a autonomia e a construção individual do conhecimento [Bhardwaj et al., 2025; Mia et al., 2025; Shorouk et al. 2025].

Nesse contexto, as intervenções baseadas em jogos têm se destacado como abordagens promissoras, ao incorporar elementos lúdicos aos processos de aprendizagem e reabilitação. Essas intervenções partem do pressuposto de que habilidades e comportamentos podem ser mais facilmente desenvolvidos quando o treinamento ocorre em ambientes interativos e envolventes, favorecendo o engajamento dos participantes [Ferreira-Brito et al. 2019; Bhardwaj et al. 2025; Shorouk et al. 2025]. Estudos indicam que o uso de jogos pode contribuir para o desenvolvimento de funções cognitivas, como atenção, memória de trabalho e controle inibitório, além de promover maior motivação e adesão às atividades propostas [Ferreira-Brito et al. 2019, Sulaiman e Priyambada 2025].

Apesar dos avanços, a literatura científica ainda apresenta limitações relevantes, especialmente no que se refere à ausência de estruturas teóricas consolidadas que orientem o desenvolvimento de jogos voltados a objetivos cognitivos específicos, bem como à baixa adaptação dessas soluções a contextos reais, como o ensino público e ambientes de reabilitação [Ferreira-Brito et al. 2019; Bhardwaj et al. 2025; Shorouk et al. 2025]. Além disso, aspectos como acessibilidade, custo e adequação pedagógica ainda representam barreiras para a implementação dessas abordagens [Bhardwaj et al. 2025].

Diante desse cenário, emerge a necessidade de desenvolver soluções que integrem dimensões pedagógicas e terapêuticas de forma acessível e aplicável em diferentes contextos. Nesse sentido, destaca-se o potencial das tecnologias de fabricação digital, como a impressão 3D, que possibilitam maior customização e adequação às necessidades dos participantes com custos mais acessíveis [Abreu et al. 2026].

Considerando tais desafios científicos e práticos, especialmente no Brasil, este estudo tem como objetivo desenvolver e aplicar Jogos Cognitivos Físicos (JCF) de baixo custo, produzidos por meio de impressão 3D, voltados ao desenvolvimento de HMF e à introdução lúdica de conceitos pedagógicos. Espera-se, assim, contribuir para o desenvolvimento científico e oferecer referenciais para apoiar profissionais que atuam com demandas relacionadas a habilidades cognitivas e HMF.

O artigo está organizado em seis seções. A primeira apresenta a contextualização e o objetivo da pesquisa. A segunda aborda o referencial teórico. A terceira descreve a metodologia e os ciclos de desenvolvimento dos artefatos. A quarta reúne os resultados relacionados aos artefatos. A quinta discute os achados obtidos. Por fim, a sexta seção apresenta as conclusões do estudo.

## **2. Referencial Teórico**

O desenvolvimento motor desempenha papel fundamental no processo de ensino e aprendizagem, estando diretamente relacionado ao desempenho acadêmico e ao DC. HMF, em especial, são essenciais para atividades escolares e apresentam forte relação com áreas como a matemática e a linguagem [Nobre, Valentini e Nobre 2018; Macdonald et al. 2020]. Além disso, déficits nessas habilidades podem impactar negativamente o engajamento escolar e a interação social, especialmente em crianças com Dificuldades de Aprendizagem (DA) [Silva e Santos 2011].

A compreensão dos processos de aprendizagem e desenvolvimento é fundamentada por diferentes abordagens teóricas. Piaget [1952] destaca a importância da interação ativa com o ambiente para a construção do conhecimento, enquanto Vygotsky [1978] enfatiza o papel das interações sociais e da mediação no DC [Júnior et al. 2025].

Em acordo com a valorização da aprendizagem ativa, Montessori [1965] desenvolveu uma abordagem pedagógica que enfatiza a autonomia e o respeito pelo ritmo individual de aprendizado de cada criança. Segundo Li [2025 p. 10], “os materiais multissensoriais e a autonomia estruturada do método Montessori promovem a integração sensorial e a comunicação”. Onde são incentivadas a explorar, em um ambiente cuidadosamente preparado, e construir seu próprio conhecimento de forma autônoma.

No campo da aprendizagem experiencial, os trabalhos de Dewey [1938] e Kolb [1984] enfatizam o papel vital da experiência concreta e da prática ativa no processo de aprendizagem. De acordo com Ranken et al. [2025 p.420], essa abordagem é

caracterizada como “um processo semiestruturado e centrado na criança, no qual a criança se envolve ativamente com uma experiência tangível e sensível”, favorecendo a construção do conhecimento e o desenvolvimento de habilidades acadêmicas.

Os jogos têm sido amplamente reconhecidos como ferramentas eficazes no processo educacional, especialmente por promoverem engajamento, motivação e aprendizagem ativa. A utilização de elementos de jogos, como pontuação, recompensas e feedback, contribui para a construção de experiências significativas de aprendizagem [Ferreira-Brito et al. 2019].

Além disso, evidências empíricas indicam que abordagens baseadas em jogos podem promover melhorias significativas no DC, motor e motivacional dos estudantes, quando comparadas a métodos tradicionais de ensino [Sulaiman e Priyambada 2025]. Esses resultados reforçam o potencial dos jogos como ferramentas integradoras, capazes de articular diferentes dimensões do desenvolvimento humano.

Nesse contexto, o desenvolvimento de JCF pode ser compreendido também sob a perspectiva da engenharia, especialmente por meio do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP). O PDP consiste em uma abordagem estruturada voltada à transformação de necessidades em soluções concretas, organizando etapas de concepção, desenvolvimento e validação. Na engenharia, esse processo integra diferentes áreas do conhecimento e permite converter demandas dos usuários e requisitos técnicos em produtos viáveis [Santos et al. 2025; Romeiro et al. 2013; Baxter 2000]. Além disso, caracteriza-se por seu caráter iterativo, no qual ajustes e refinamentos ocorrem ao longo do processo, contribuindo para a melhoria contínua da solução desenvolvida. Nesse contexto, a fabricação digital, associada à impressão 3D Fused Deposition Modeling (FDM), contribui para a criação, ajuste, personalização e avaliação de artefatos intermediários e finais ao longo do desenvolvimento. Esses recursos permitem realizar testes com menor custo, favorecendo adaptações contínuas e maior refinamento das soluções propostas [Abreu et al. 2026].

Por fim, essa dinâmica interativa dialoga com a Design Science Research (DSR), metodologia que estrutura o desenvolvimento de artefatos por meio de ciclos sucessivos de construção, aplicação e avaliação, favorecendo ajustes progressivos e redução de incertezas ao longo do processo [Peffer et al. 2007].

### **3. Metodologia**

O presente artigo adota o método DSR, entendido como um processo de criação e validação de soluções fundamentadas em conhecimento científico [Bagni et al. 2025; Gauss et al. 2025]. A pesquisa segue as seis etapas propostas por Peffer et al. [2007]: (1) identificação do problema; (2) definição de objetivos; (3) desenvolvimento do artefato; (4) demonstração e testes; (5) avaliação; e (6) comunicação dos resultados.

A etapa 1 se deu por meio de projetos voltados ao atendimento de demandas em contextos educacionais e de Reabilitação Neuropsicológica (RN). A identificação das demandas ocorreu entre 2023 e 2025, por meio de entrevistas, reuniões e observações diretas, envolvendo alunos, professores e profissionais, permitindo compreender desafios relacionados ao desenvolvimento HMF, engajamento e uso de recursos mais acessíveis e interativos.

Na etapa 2, os dados coletados em cada cenário foram organizados em cartões de insight e sintetizados em um diagrama de afinidades, resultando na definição dos objetivos e princípios de design.

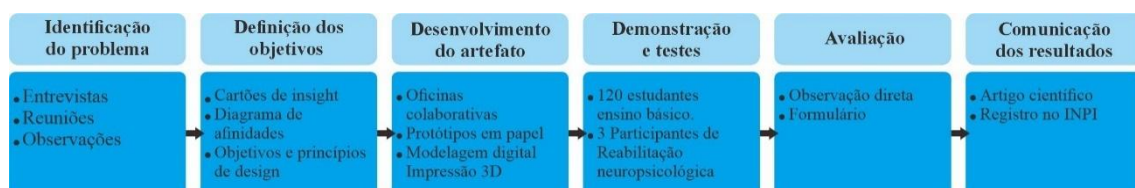
A etapa 3 consistiu no desenvolvimento de dois JCF por meio de oficinas colaborativas, prototipagem em papel, modelagem digital e impressão 3D. Esse processo contou com a participação de 10 estudantes de graduação e 1 aluna de pós-graduação e 3 professores, vinculados às áreas de Neuropsicologia, Engenharias, Design e Licenciatura em Expressão gráfica. Inicialmente, foram desenvolvidos protótipos de baixa fidelidade, em papel, papelão, para definição das mecânicas, regras, formato das peças e dinâmica do JCF. Em seguida, os componentes foram modelados e impressão 3D, permitindo a criação de peças físicas voltadas ao estímulo da coordenação motora fina e à interação tátil com os conteúdos pedagógicos diversos.

Na etapa 4, os dois JCF foram inseridos em contextos reais, com 3 sessões em ambiente de reabilitação e 4 aplicações em contextos educacionais, entre 2023 e 2026. No contexto escolar, participaram 4 turmas do ensino básico público, totalizando 120 estudantes, com idades entre 14 e 18 anos. Já na RN, as aplicações envolveram 3 participantes acompanhados pela equipe do projeto de extensão PANDA; do Núcleo de Ensino, Pesquisa e Extensão em Neuropsicologia, laboratório vinculado ao Instituto de Psicologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) (PANDA/NEPEN/IP/UFRJ). As atividades ocorreram de forma interativa, permitindo observar a interação dos usuários, a compreensão das regras, o engajamento e a adequação dos componentes. Os feedbacks coletados orientaram ajustes progressivos nas mecânicas, materiais e instruções, resultando no refinamento contínuo do artefato.

A etapa 5, realizada entre 2024 e 2026, envolveu a avaliação dos JCF em três contextos: reabilitação neuropsicológica, escola pública e eventos de jogos. Participaram 3 pacientes em reabilitação, com idades entre 9 e 15 anos; 120 estudantes do ensino médio público, entre 14 e 18 anos; e 27 participantes de diferentes faixas etárias em 2 eventos de jogos. A avaliação combinou observação direta e formulário adaptado de Petri et al. [2019], contemplando critérios como engajamento, facilidade de uso, clareza das regras e interação entre participantes. Os dados do formulário foram analisados por mediana e desvio padrão, enquanto comentários orais, registros escritos e observações complementaram a avaliação e orientaram ajustes nos artefatos.

A etapa 6, se dá por meio deste artigo. Além do registro do artefato no, Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), ampliando seu alcance científico e educacional.

A Figura 1 apresenta a síntese das principais informações de cada um dos passos executados na presente pesquisa.



**Figura 1. Metodologia**

## 4. Resultado

As seções a seguir adotam a estrutura metodológica da DSR.

### 4.1. Identificação do problema e definição de objetivos

A identificação do problema desta pesquisa emergiu da atuação conjunta entre os projetos EDS.Maker e PANDA, desenvolvidos no âmbito dos laboratórios Casulo e do NEPEN, ambos da UFRJ, entre os anos de 2023 e 2025. A partir de entrevistas, reuniões e observações realizadas com professores, extensionistas e profissionais da área de neuropsicologia, e ainda a partir do referencial teórico, foram identificadas dificuldades sintetizadas em cartões insights no diagrama de afinidades (Figura 2). A análise agrupou os desafios em três princípios orientadores: integração entre estímulo cognitivo e motor, desenvolvimento da autonomia e do engajamento, e acessibilidade no contexto de aplicação. Com base nesses princípios, foram desenvolvidos dois JCF.

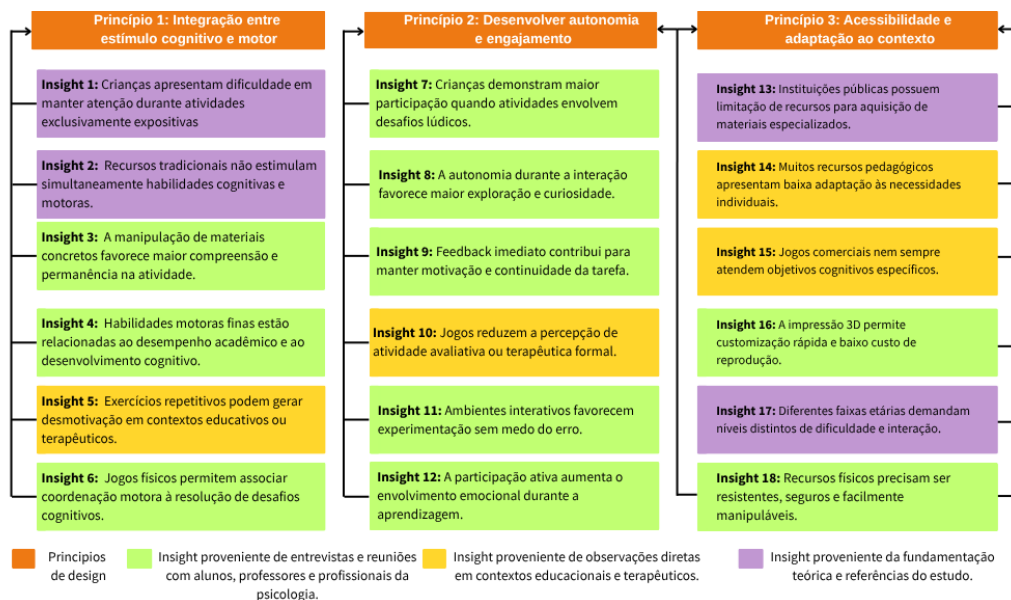
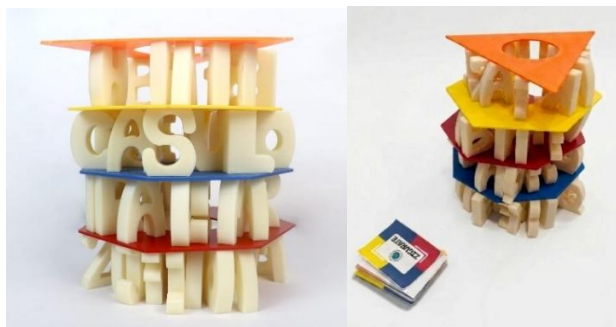


Figura 2. Diagrama de afinidade

### 4.2. Desenvolvimento dos artefatos

#### 4.2.1 Artefato A

O Artefato A, denominado Zigurete (Figura 3), consiste em um JCF voltado ao desenvolvimento de HMF. O artefato é composto por peças que representam letras do alfabeto, organizadas em níveis e empilhadas para formar uma torre. Os níveis possuem formato poligonal com círculo central, contribuindo para a estabilidade da estrutura. A dinâmica inicia-se com a montagem de uma torre composta por plataformas poligonais intercaladas por peças em formato de letras, responsáveis pela sustentação da estrutura. Em seguida, cada jogador recebe uma carta com o nome de um país sul-americano e deve retirar estrategicamente as letras necessárias para formar a palavra indicada, sem comprometer o equilíbrio da torre. Durante a partida, a remoção das peças exige precisão e controle motor, sendo a rodada encerrada caso a estrutura colapse.



**Figura 3. Zigurate**

#### **4.2.2 Artefato B**

O Artefato B, denominado Equilibicho (Figura 4), é um JCF voltado ao desenvolvimento de HMF. O JCF é composto 9 peças que representam animais em extinção no Brasil. A partida inicia-se com o sorteio de uma carta, que indica ao jogador qual peça deve ser localizada e adicionada à estrutura. A base da torre pode ser formada por até 4 animais, sendo expandida ao longo das rodadas conforme novas cartas são sorteadas. A dinâmica exige atenção, HMF para o posicionamento das peças. A partida se encerra quando apenas um participante mantém sua torre em equilíbrio ou quando todas as cartas são utilizadas sem colapso das estruturas.



**Figura 4. Equilibicho**

### **4.3. Demonstração e testes**

#### **4.3.1. Demonstração Artefato A - Zigurate**

O JCF Zigurate foi testado em duas sessões individuais de RN. A primeira sessão contou com um participante de 9 anos, com diagnóstico de Transtorno do Desenvolvimento Intelectual Leve (TDIL) (CID-11 6A00.0), que ainda se encontrava em processo de alfabetização por conta dos prejuízos na aquisição de habilidades escolares associados ao transtorno. O JCF foi adaptado às necessidades da criança e teve como principal objetivo a estimulação de habilidades visuomotoras e de linguagem. Não foram observadas dificuldades na montagem do objeto, na retirada das peças da torre nem na montagem de palavras. A segunda sessão envolveu um participante de 14 anos, com DA no contexto escolar, especialmente no desenvolvimento da leitura, da escrita e das habilidades aritméticas. Nessa aplicação, o Zigurate foi utilizado em duas modalidades distintas, sendo a primeira no formato tradicional e a segunda utilizando somente as peças formadas por letras, em atividade de escrita e soletração. O objetivo principal do uso do JCF nesse contexto foi o estímulo de habilidades linguísticas, propósito para o qual o jogo mostrou-

se adequado. Também não foram identificadas dificuldades na montagem de palavras nem no manuseio.

Além dos testes terapêuticos, o JCF foi aplicado Centro Educacional Prefeito Mendes de Moraes e duas demonstrações no clube de jogos da COPPE. Essas aplicações permitiram avaliar a adaptação do artefato a diferentes públicos, analisando aspectos como interação, compreensão das regras, engajamento e potencial educativo por meio de formulários de feedback.

#### **4.3. 2. Demonstração Artefato B- Equilibicho**

O Equilibicho foi testado em uma sessão de RN, envolvendo inicialmente um participante de 15 anos, também com TDIL. A demonstração do JCF foi dividida em duas modalidades. Na primeira, em formato individual, o participante deveria sortear as cartas e equilibrar os animais correspondentes, seguindo a modalidade tradicional do jogo. Neste modo, observaram-se limitações no planejamento e na organização da torre, reflexo de dificuldades relacionadas à HMF. Na segunda modalidade, o JCF foi jogado de forma colaborativa, com a participação dos dois participantes que haviam realizado o teste anterior. O grupo trabalhou em conjunto na construção da torre, o que facilitou a execução da atividade e evidenciou o potencial da interação social no desempenho da tarefa.

Além dos testes terapêuticos, o JCF foi apresentado em duas edições de um Clube de Jogos com público diverso, permitindo observar a dinâmica, compreensão das regras e interação entre os participantes.

### **4.4 Avaliação**

#### **4.4.1 Avaliação Zigurate e Equilibicho**

As avaliações dos artefatos indicaram potencial significativo para o estímulo de habilidades cognitivas e motoras. No caso do Artefato A, o Zigurate contribuiu para funções executivas, pois a retirada sequencial das peças exige planejamento, monitoramento das ações e tomada de decisão. A formação de palavras contribui na memória de trabalho e conhecimento semântico, ampliando o estímulo das habilidades linguísticas. Contudo, foram identificadas limitações relacionadas à alta estabilidade da estrutura, que pode reduzir o desafio mecânico e prolongar a partida, tornando o jogo mais adequado para interações em grupo do que para uso individual.

Já o Artefato B, Equilibicho, apresentou contribuições relacionadas ao desenvolvimento do planejamento, flexibilidade cognitiva, MF e colaboração entre os participantes. A dinâmica do JCF favoreceu a antecipação de estratégias e a tomada de decisão durante a manipulação das peças, reforçando sua aplicabilidade em intervenções psicoeducativas. Embora tenham sido sugeridos refinamentos no design, o artefato apresentou boa aceitação entre os usuários.

Conforme apresentado na Tabela 1, os resultados quantitativos correspondem ao formulário aplicado aos participantes do contexto escolar e dos eventos de jogos, totalizando 147 respondentes. Os participantes dos testes terapêuticos não foram incluídos nessa análise estatística, sendo avaliados por observação direta e registros qualitativos. Destacaram-se aspectos relacionados à clareza das regras, facilidade de aprendizagem, jogabilidade, engajamento, satisfação e interação social, indicando participação ativa dos usuários e potencial de aplicação em contextos educativos e terapêuticos.

**Tabela 1. Formulário - Adaptado de Petri et al. (2019)**

| Pergunta                                                                                    | Mediana Artefato A | Desvio Padrão | Mediana Artefato B | Desvio Padrão |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|
| 1. O design do jogo é atraente                                                              | 5                  | 0,47          | 5                  | 0,31          |
| 2. Os textos, cores e fontes combinam e são consistentes                                    | 4                  | 0,67          | 5                  | 0,47          |
| 3. Eu precisei aprender poucas coisas para poder começar a jogar o jogo.                    | 4                  | 1,20          | 5                  | 0,31          |
| 4. Aprender a jogar este jogo foi fácil para mim.                                           | 5                  | 0,68          | 5                  | 0,31          |
| 5. Eu acho que a maioria das pessoas aprenderiam a jogar este jogo rapidamente.             | 4                  | 0,79          | 5                  | 0,31          |
| 6. Eu considero que o jogo é fácil de jogar.                                                | 5                  | 0,42          | 5                  | 0,42          |
| 7. As regras do jogo são claras e compreensíveis.                                           | 5                  | 0,50          | 5                  | 0,42          |
| 8. As fontes utilizadas no jogo são legíveis.                                               | 4                  | 0,47          | 5                  | 0,47          |
| 9. As cores utilizadas no jogo são compreensíveis                                           | 4                  | 0,50          | 4                  | 0,50          |
| 10. Quando eu cometo um erro é fácil de me recuperar rapidamente.                           | 5                  | 1,29          | 5                  | 0,68          |
| 11. Quando olhei pela primeira vez o jogo, eu tive a impressão de que seria fácil para mim. | 5                  | 0,50          | 5                  | 0,82          |
| 12. Este jogo é adequadamente desafiador para mim.                                          | 4                  | 0,99          | 5                  | 0,50          |
| 13. O jogo não se torna monótono nas suas tarefas                                           | 4                  | 0,74          | 5                  | 0,47          |
| 14. Completar as tarefas do jogo me deu um sentimento de realização.                        | 5                  | 0,68          | 5                  | 0,42          |
| 15. Me sinto satisfeito com as coisas que aprendi no jogo.                                  | 5                  | 0,50          | 5                  | 0,42          |
| 16. Eu recomendaria este jogo para meus colegas.                                            | 5                  | 0,42          | 5                  | 0,31          |
| 17. Eu pude interagir com outras pessoas durante o jogo.                                    | 5                  | 0,42          | 5                  | 0,31          |
| 18. O jogo promove momentos de cooperação e/ou competição                                   | 5                  | 0,42          | 5                  | 0,50          |
| 19. Eu me senti bem interagindo com outras pessoas durante o jogo                           | 4                  | 0,50          | 5                  | 0,42          |
| 20. Eu me diverti com o jogo.                                                               | 5                  | 0,42          | 5                  | 0,31          |
| 21. Aconteceu alguma situação durante o jogo que me fez sorrir.                             | 5                  | 0,47          | 5                  | 0,31          |
| 22. Houve algo interessante no início do jogo que capturou minha atenção.                   | 5                  | 0,68          | 4                  | 0,50          |
| 23. Eu estava tão envolvido no jogo que eu perdi a noção do tempo.                          | 5                  | 0,47          | 5                  | 0,50          |
| 24. Eu esqueci sobre o ambiente ao meu redor enquanto jogava                                | 5                  | 1,03          | 4                  | 0,99          |

#### 4.5 Comunicação

No que se referente à comunicação dos resultados, ela se dá por meio da elaboração deste artigo e do pedido de registro dos produtos junto ao INPI. O Equilibicho apresentou potencial para registro, enquanto o Zigurate não pode ser registrado devido a seu formato.

#### 5. Discussão

Os resultados obtidos nas avaliações com o Zigurate e o Equilibicho conversam diretamente com a teoria apresentada que estabelece o papel fundamental do desenvolvimento motor no processo de aprendizagem. Conforme apontado por Nobre et al. [2018] e MacDonald et al. [2020], a HMF é crucial para o desempenho acadêmico. As dificuldades observadas na modalidade individual, tanto na manipulação das letras do Zigurate quanto no equilíbrio do Equilibicho, evidenciam que déficits motores podem impactar o planejamento e a organização do pensamento.

Outro aspecto relevante foi a comparação entre o uso individual e o colaborativo dos JCF. A melhora observada na execução das tarefas em grupo dialoga com Vygotsky [1978], ao evidenciar a interação social como elemento mediador do desenvolvimento.

Para investigações similares, esse resultado sugere que jogos cognitivos físicos podem ser analisados não apenas pelo desempenho individual, mas também pelas formas de cooperação, mediação e apoio entre participantes durante a atividade.

Os achados também se aproximam das discussões sobre aprendizagem ativa e experiencial da literatura científica [Ferreira-Brito et al. 2019; Kolb 1984; Dewey 1938]. Nos dois artefatos, o aprendizado ocorre por meio da ação de empilhar, equilibrar, retirar peças, formar palavras e tomar decisões. Dessa forma, os JCF reforçam a importância de uma abordagem integrada do desenvolvimento ao articular dimensões físicas, cognitivas e sociais em uma mesma atividade lúdica, tal como argumentado por Lerner [2005].

E por fim, sob a perspectiva do PDP, os resultados evidenciam a importância de um desenvolvimento estruturado e interativo na criação dos artefatos. O Zigate e o Equilíbrio passaram por etapas de concepção, testes e refinamentos, permitindo ajustes relacionados à jogabilidade, clareza visual e interação dos usuários. Seguindo essa mesma linha, os autores Santos et al. [2025], Romeiro et al. [2013] e Baxter [2000] reforçam que o desenvolvimento de JCF demanda a integração entre aspectos pedagógicos, motores e funcionais, aproximando a lógica projetual da engenharia da construção de soluções centradas no usuário. Destaca-se ainda que o uso de impressoras 3D permite o desenvolvimento personalizado dos artefatos com baixo custo.

## 6. Conclusão

Diante da necessidade de recursos mais interativos e acessíveis para contextos educacionais e terapêuticos, os JCF apresentam potencial como ferramentas de estímulo ao DC e motor. O presente estudo teve como objetivo desenvolver JCF de baixo custo, produzidos por meio de impressão 3D, voltados ao desenvolvimento de HMF e à introdução lúdica de conceitos pedagógicos. A partir do método DSR, foi possível estruturar um processo interativo de concepção, desenvolvimento, aplicação e refinamento dos artefatos Zigate e Equilíbrio.

Os resultados demonstraram que ambos os JCF apresentaram potencial para estimular competências relacionadas à HMF, planejamento, coordenação, memória e interação social. As aplicações realizadas evidenciaram boa aceitação dos participantes, além de elevados níveis de engajamento, clareza das regras e facilidade de uso. Também foi observado que a dinâmica colaborativa favoreceu a execução das atividades, reforçando o papel da interação social como mediadora do aprendizado.

Sob a perspectiva da engenharia, o estudo evidencia a relevância do PDP, na criação de artefatos educacionais, integrando requisitos pedagógicos, motores e funcionais em soluções centradas no usuário. O uso da fabricação digital contribuiu para a customização e acessibilidade dos JCF, ampliando suas possibilidades de aplicação.

Como limitação, destaca-se o número reduzido de participantes em alguns contextos terapêuticos e a necessidade de avaliações mais prolongadas. Como trabalhos futuros, recomenda-se ampliar as avaliações com diferentes perfis de usuários, considerando que as aplicações realizadas tiveram caráter preliminar e que novas etapas deverão ocorrer após aprovação por Comitê de Ética em Pesquisa. Também se indica a sistematização do processo de concepção e implementação dos JCF, bem como o aperfeiçoamento dos protocolos de avaliação, incluindo indicadores quantitativos e acompanhamento longitudinal relacionados ao DC e motor.

## Referências

- Abreu, M. P. e Barbosa, L. M. P. (2025) “Desenvolvimento cognitivo, social e motor na infância”, *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 11, n. 11, pages 3349–3357.
- Abreu, T. C. C., Gomes, I. S., Fontainha, T. C. e Xavier, A. F. (2026) “Jogos sérios e sustentabilidade: uma proposta para diferentes níveis educacionais”, *Revista Produção Online*, v. 26, p. 5782.
- Bagni, G., Godinho Filho, M., Finne, M. e Thürer, M. (2025) “Design science research in operations management: is there a single type?”, *Production Planning & Control*, v. 36, n. 6, pages 789–807.
- Baxter, M. (2000), *Projeto de produto: guia prático para o desenvolvimento de novos produtos*, Edgard Blücher, 2. ed.
- Bhardwaj, V., Zhang, S., Tan, Y. Q. e Pandey, V. (2025) “Redefining learning: studentcentered strategies for academic and personal growth”, *Frontiers in Education*, v. 10.
- Brasil (2025) “Decreto nº 12.686, de 20 de outubro de 2025”, <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2025/decreto-12686-20outubro-2025-798166-publicacaooriginal-176779-pe.html>, Abril.
- Brasil. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) (2024) “Censo Escolar da Educação Básica 2024: resumo técnico” <https://www.gov.br/inep/pt-br/centrais-de-conteudo/acervo-linhaeditorial/publicacoes-institucionais/estatisticas-e-indicadores-educacionais/censoescolar-da-educacao-basica-2024-resumo-tecnico>, Abril.
- Brasil. Ministério da Educação (2025) “MEC em 2024”, <https://www.gov.br/mec/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/institucionais/documentos/mec-2024.pdf>, Julho.
- Dewey, J. (1938), *Experience and education*, Kappa Delta Pi.
- Ferreira-Brito, F., Fialho, M., Virgolino, A., Neves, I., Miranda, A. C., Sousa-Santos, N., Caneiras, C., Carriço, L., Verdelho, A., Santos, O. (2019) “Game-based interventions for neuropsychological assessment, training and rehabilitation: Which game-elements to use? A systematic review”, *Journal of Biomedical Informatics*, v. 98.
- Gauss, L., Lacerda, D. P., Siluk, J. C. e Romme, A. G. L. (2025) “Design science in operations management: a review and synthesis of the literature”, *International Journal of Management Reviews*, v. 27, n. 2, pages 221–237.
- Júnior, E. T., Neto, J. F., Silva, S. F. da, Santos, V. D. G. dos e Santos, C. dos. (2025) “Teoria do desenvolvimento cognitivo de Jean Piaget e suas implicações para o ensino”, *Rebena – Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem*, v. 10, pages 43-59.
- Kolb, D. A. (1984), *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*, Prentice-Hall.
- Lerner, R. M. (2005), *Developmental science, developmental systems, and contemporary theories of human development*, Lerner, R. M., editor, *Handbook of child psychology*, pages 1-17. Wiley, 6th edition.

- Li, Y. (2025) “Global autism prevalence, and exploring Montessori as a practical educational solution: a systematic review”, *Frontiers in psychiatry*, v. 16.
- Li, Y., Wu, X., Ye, D., Zuo, J. e Liu, L. (2025) “Research progress on the relationship between fine motor skills and academic ability in children: A systematic review and meta-analysis”, *Frontiers in Sports and Active Living*, v. 6.
- Macdonald, K., Milne, N., Orr, R., Pope, R. (2020) “Associations between motor proficiency and academic performance in mathematics and reading in year 1 school children: A cross-sectional study”, *BMC pediatrics*, v. 20, pages 1-11.
- Mia, M. R., Ahamed, S. I. e Nemanich, S. (2025) “Gamified mHealth System for Evaluating Upper Limb Motor Performance in Children: Cross-Sectional Feasibility Study”, *JMIR Serious Games*, v. 13.
- Montessori, M. (1965), *Pedagogia Científica: a descoberta da criança*, Flamboyant.
- Nobre, G. C., Valentini, N. C. e Nobre, F. S. S. (2018) “Fundamental motor skills, nutritional status, perceived competence, and school performance of Brazilian children in social vulnerability: Gender comparison”, *Child Abuse & Neglect*, v. 80, pages 335-345.
- Peppers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A. e Chatterjee, S. (2007) “A design science research methodology for information systems research”, *Journal of Management Information Systems*, v. 24, n. 3, pages 45–77.
- Petri, G.; Von Wangenheim, C. G.; Borgatto, A. F. (2019) “MEEGA+: Um Modelo para a Avaliação de Jogos Educacionais para o ensino de Computação”, *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 27, n. 03, p. 52-81.
- Piaget, J. (1952). *The origins of intelligence in children*. International Universities Press.
- Ranken, E., Wyse, D., Manyukhina, Y. e Bradbury, A. (2025) “The effect of experiential learning on academic achievement of children aged 4–14: A rapid evidence assessment”, *The Curriculum Journal*, v. 36, n. 3, pages 417-434.
- Romeiro, E., Ferreira, C., Gouvinha, R., Naveiro, R. e Cauchick Miguel, P. A. (2013), *Projeto do produto*, Elsevier Brasil.
- Santos, B. J. S., Freitas, A. O., Santos, A. M., Alves, L. V. e Barreto, Ó. S. C. (2025) “Brinquedo interativo para estímulo cognitivo de crianças neurodivergentes: desenvolvimento de produto seguindo o Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP)”, *Brazilian Journal of Production Engineering*, v. 11, n. 4, pages 274–293.
- Shorouk, A., Govindarajoo, M. V., Benlahcene, A., Taddese, E. T. e Segaran, V. S. (2025) “Fine motor skills performance among Singaporean kindergarten students”, *Cogent Education*, v. 12, n. 1.
- Silva, P. A. e Santos, F. H. (2011) “Discalculia do desenvolvimento: avaliação da representação numérica pela ZAREKI-R”, *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 27, pages 169-177.
- Sulaiman, S. e Priyambada, G. (2025) “The Effectiveness of Educational Game-Based Physical Education Learning on the Development of Elementary School Students' Physical Literacy: A Quasi-Experimental Study”, *Jurnal Porkes*, v. 8, n. 3, pages 453464.

UNICEF (2024) “Seen, Counted, Included: Using data to shed light on the well-being of children with disabilities” <https://data.unicef.org/resources/children-with-disabilities-report-2021/>, Abril.

Vygotsky, L. S. (1978), *Mind in society: The development of higher psychological processes*, Harvard University Press.