

Utilização de Jogos Inteligentes Tangíveis na Observação Cognitiva de Estudantes do Ensino Fundamental

The Use of Tangible Intelligent Games in the Cognitive Observation of Middle School Students

Erica de Jesus Soares Scheffel
Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI)
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
ORCID: [0000-0002-7115-5136](https://orcid.org/0000-0002-7115-5136)
ericascheffel@nce.ufrj.br

Claudia Lage Rebello da Motta
Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI)
Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas
Computacionais — Universidade Federal do Rio de
Janeiro (UFRJ)
ORCID: [0000-0002-4069-1462](https://orcid.org/0000-0002-4069-1462)
claudiam@nce.ufrj.br

Resumo

Os resultados do último Programa de Avaliação Internacional de Estudantes (PISA), realizado em 2018, mostraram que os estudantes brasileiros mais favorecidos economicamente superaram os menos favorecidos em 97 pontos no quesito leitura. Essa diferença de habilidades cognitivas tem explicação na falta de incorporação de paradigmas designativos, lógicos e imaginativos recebidos durante a infância, assim como a carência de recursos e acesso às melhores condições para uma aprendizagem de qualidade. Na tentativa de identificar fatores cognitivos prejudicados por tais condições, a fim de nortear ações específicas para aprimorá-los, este trabalho apresenta um método para o desenvolvimento de Jogos Inteligentes Tangíveis, os quais acrescentaram a observação psicomotora à pesquisa dos Games Inteligentes. A atual tecnologia da robótica possibilitou o uso de peças físicas, equipadas com sensores e microcontroladores, para tornar tangível os jogos computadorizados para mensuração cognitiva. O jogo Hash 3D é um produto do método apresentado e sua versão ainda não computadorizada foi testada com dez estudantes do ensino fundamental, com o propósito de verificar a sua viabilidade.

Palavras-Chave: Jogos sérios; Jogos tangíveis; Mensuração cognitiva; Interface homem-computador

Abstract

The results of the last Program for International Student Assessment (PISA), carried out in 2018, showed that the most economically advantaged Brazilian students outperformed the least favored by 97 points in the reading category. This difference in cognitive skills is explained by the lack of incorporation of designative, logical, and imaginative paradigms received during childhood, as well as the lack of resources and of access to the best conditions for quality learning. In an attempt to identify cognitive factors impaired by such conditions, and in order to guide specific actions to improve them, this work presents a method for the development of Tangible Intelligent Games, which added psychomotor observation to Intelligent Games research. Current robotics technology has made it possible to use physical parts equipped with sensors and microcontrollers to make tangible computer games for cognitive measurement. The Hash 3D game is a product of the method presented and its version, not yet computerized, was tested with ten elementary school students, with the purpose of verifying its viability.

Keywords: Serious games; Tangibles games; Cognitive measurement; Human-computer interface

1 Introdução

O status socioeconômico dos estudantes brasileiros interfere diretamente na qualidade da aprendizagem desses jovens, conforme apresentado nos resultados do último teste PISA, aplicado em 2018. O PISA trata-se do Programa de Avaliação Internacional de Estudantes, promovido pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), em mais de oitenta países, que visa avaliar se os estudantes com quinze anos adquiriram os principais conhecimentos e habilidades básicas para a plena participação na sociedade (OCDE, 2019). Na ocasião, verificou-se que apenas 2% dos estudantes brasileiros tiveram alto desempenho em pelo menos uma disciplina entre leitura, matemática e ciências. Verificou-se, ainda, que 43% dos estudantes brasileiros tiveram pontuação abaixo do nível mínimo de proficiência nas três disciplinas mencionadas e que os mais favorecidos economicamente superaram os menos favorecidos em 97 pontos, no caso da leitura.

A maior razão para essa diferença de habilidades cognitivas entre as classes sociais é a falta de incorporação de paradigmas designativos, lógicos e imaginativos, passados do adulto para criança, a partir de suas ações, pensamentos e linguagem (Seminério, 1987). O baixo poder aquisitivo que impede o acesso das crianças e jovens aos espaços, aos materiais lúdicos e didáticos, assim como as precárias condições de moradia que comumente abrigam uma grande quantidade de pessoas, prejudicam o processo de aprendizagem (Alves, Gomes, Martins & Almeida, 2017). A falta de escolaridade dos familiares, situação mais frequente entre os estudantes menos favorecidos, também compromete a qualidade da relação entre o adulto e criança (Bracken & Fischel, 2008; Oxford & Lee, 2011) crucial para a incorporação dos paradigmas citados.

Segundo Seminério (1987), é possível intervir e reverter essa situação desde que sejam oferecidas circunstâncias que façam a criança se desenvolver para alcançar os conteúdos necessários, utilizando o seu conhecimento prévio como base, principalmente se for possível identificar os fatores cognitivos que estão desfavoráveis ao processo de aprendizagem. Dessa forma, torna-se possível realizar uma intervenção direcionada para uma carência cognitiva específica, como o estado de atenção ou a capacidade de planejar e integrar estímulos externos sucessivos e simultâneos, por exemplo.

Cientistas cognitivos têm pesquisado, ao longo dos anos, maneiras de compreender e mensurar aspectos da formação cognitiva a partir de artefatos capazes de capturar comportamentos operativos observáveis que os representem. Artefatos que inicialmente eram feitos de madeira, massa de modelar, papel, lápis e outros, hoje dispõem de belos gráficos computacionais, dispositivos eletrônicos dos mais variados tipos e da Inteligência Artificial. Um exemplo de avanço tecnológico na busca pela compreensão da formação cognitiva são os *Games Inteligentes* de Marques (2015), os quais serviram de base para esta pesquisa. Os *Games Inteligentes* são jogos digitais, programados com Inteligência Artificial, capazes de observar e habilitar funções cognitivas de alta complexidade, a partir da observação das reações do jogador, diante da busca de soluções para os desafios propostos (Marques, 2017). Porém, essa interação que ocorre por meio do mouse e do teclado do computador não inclui a observação da motricidade. A manipulação de objetos tem importância no processo de aprendizagem por envolver diversos sentidos utilizados simultaneamente como a visão, o tato e a audição (Montessori, 1916). Além disso, a exposição excessiva das crianças às telas dos dispositivos é uma preocupação, pois a faixa de onda azul, emitida por essas telas, pode ocasionar transtornos de sono, de memória e de concentração (SBP, 2019).

Por esse motivo, a questão levantada nesta pesquisa foi: de que forma a utilização da atual tecnologia da robótica poderia ampliar a captura e a observação do perfil cognitivo dos estudantes, incluindo a psicomotricidade? Portanto, a principal contribuição deste trabalho foi a elaboração

de um método para o desenvolvimento de artefatos lúdicos computadorizados, porém manipuláveis, que objetivam a mensuração de aspectos cognitivos de crianças em idade escolar, incluindo a observação psicomotora. Possibilitada por peças físicas equipadas com sensores e microcontroladores, esses jogos foram denominados Jogos Inteligentes Tangíveis. O método apresenta um exemplo concreto, chamado *Hash 3D*, com o propósito de nortear os futuros trabalhos. No exemplo de jogo apresentado, as ações promovidas durante as jogadas possuem significância a partir de conceitos extraídos da Teoria PASS (Luria, 1966), classificados como Planejamento, Atenção, Processamento Sucessivo e Processamento Simultâneo. No jogo *Hash 3D* foram observadas as implicações desses processos cognitivos, da Teoria PASS, nos momentos de Assimilação e Acomodação propostos na Teoria da Equilibração das Estruturas Cognitivas (Piaget, 1976). A observação psicomotora foi fundamentada nas pesquisas sobre Psicomotricidade e sua ferramenta de avaliação, chamada Bateria Psicomotora (BPM), proposta por Vitor da Fonseca (2012).

O *Hash 3D* foi testado com um protótipo não computadorizado, uma vez que o *software* responsável pelas análises não pôde ser finalizado no tempo previsto, por causa das dificuldades geradas pela pandemia de Covid-19. Nas próximas seções deste artigo, serão apresentados os trabalhos relacionados; o referido método e o jogo desenvolvido a partir de suas diretrizes; os resultados; as limitações e trabalhos futuros e as conclusões.

2 Trabalhos relacionados e fundamentação teórica

A metodologia para criação dos *Games Inteligentes* (Marques, 2017) foi utilizada como base para a realização deste trabalho. A implementação da robótica foi algo inovador por possibilitar a observação cognitiva e psicomotora, a partir do manuseio de peças físicas dotadas de sensores e microcontroladores.

2.1 Trabalhos relacionados

Lumsden e outros (2016) constataram, por meio de revisão sistemática, que analisar processos cognitivos durante a execução de tarefas, muitas vezes provoca a desistência dos participantes por serem consideradas trabalhosas, frustrantes e repetitivas. Os autores concluíram que a gamificação pode ser uma solução possível, se essas tarefas puderem ser caracterizadas como um jogo sem prejudicar o seu valor científico; a qualidade dos dados; os efeitos da intervenção e o bom engajamento dos participantes. O jogo Mundo da Narrativa é um jogo digital que também foi desenvolvido a partir da metodologia dos *Games Inteligentes*. Diferentemente do foco desta pesquisa, que visa observar a Psicomotricidade e os processos cognitivos da Teoria PASS, o jogo Mundo da Narrativa possibilitou a identificação e o desenvolvimento de processos cognitivos utilizados na produção de textos narrativos, por meio de técnicas de processamento de linguagem natural e análise de dados (Fernandes, 2019). Lemos e outros (2014) propuseram o Fio Condutor Microgenético, uma ferramenta para mediação metacognitiva em jogos computacionais, cujos algoritmos foram criados a partir da observação da manipulação de jogos físicos. Na ocasião, os autores observaram que o aprendizado está desvinculado dos estágios cronológicos pré-definidos por Piaget, pois conteúdos que exigem raciocínio matemático complexo, esperados aos doze anos, puderam ser aprendidos e consolidados por crianças mais novas. Distintivamente do trabalho de Lemos e outros, esta pesquisa uniu o jogo manipulável com o jogo computadorizado, a fim de inserir a observação da Psicomotricidade nos dados gerados no manejo das peças, durante as partidas. Felipe, Massa e Rico (2018) descreveram as primeiras etapas de uma metodologia para o desenvolvimento de Jogos Sérios Pervasivos, com contextos personalizados e adaptáveis aos usuários, baseada no modelo de desenvolvimento de Jogos Sérios. Como exemplo, os autores detalharam um jogo cujo objetivo era favorecer o desenvolvimento das competências envolvidas

na aprendizagem do tema redes de computadores. Pereira e outros (2019) apresentaram os resultados de uma revisão da literatura onde foram levantadas diretrizes para o desenvolvimento de Jogos Sérios com ênfase nos aspectos de aprendizagem e de jogabilidade. Na ocasião, não houve a criação de um jogo inédito, como nesta pesquisa, mas a apresentação de um modelo de suporte à exploração e identificação do potencial cognitivo de jogos digitais educacionais, proposto por Krause e outros (2020), assim como o fornecimento de referências para o desenvolvimento de Jogos Sérios focados nas funções executivas. Jordà e outros (2015) apresentaram um instrumento musical eletrônico chamado Reactable, cujo objetivo é o entretenimento e não a observação cognitiva sugerida nesta pesquisa. Em comum com este trabalho, o Reactable contém uma interface computadorizada e tangível, onde os usuários atuam movimentando componentes físicos, equipados com sensores, atuadores e microcontroladores, da mesma maneira proposta nesta pesquisa.

2.2 Fundamentação teórica

Diferentes teorias foram utilizadas nesta pesquisa, a fim de usar a robótica para acrescentar a observação psicomotora à pesquisa dos *Games Inteligentes*. A Teoria PASS de Luria e as pesquisas de Piaget e de sua sucessora, Barbel Inhelder, contribuíram com a base para compreensão de processos que atuam na formação cognitiva. Os estudos de Seminério contribuíram com o desenvolvimento do design do jogo, o qual considerou as competências fundamentais da cognição humana, chamadas por ele de *Linguagens*. A pesquisa de Vitor da Fonseca foi base para as análises psicomotoras e a metodologia para criação dos *Games Inteligentes* de Marques conduziu o trabalho.

2.2.1 Teoria PASS de Luria

O médico e psicólogo soviético Alexander Luria (1966) propôs a Teoria da Inteligência, também conhecida como Teoria PASS, cuja sigla significa Planejamento, Atenção, Sucessivo e Simultâneo. A Teoria PASS foi posteriormente utilizada nas pesquisas de Das, Naglieri e Kirby (1994). Baseada em análises de neuroimagem e em estudos clínicos com indivíduos portadores de lesões cerebrais, Luria demonstrou que o cérebro é composto de unidades funcionais isoladas, mas que atuam em conjunto em qualquer tipo de atividade mental (Luria, 1973). A primeira unidade funcional é responsável por regular o tom cortical e a manutenção da atenção; a segunda unidade funcional recebe, processa e armazena informações usando codificação sucessiva e simultânea de informações e a terceira unidade funcional é responsável pelo processo Planejamento programando, regulando e dirigindo a atividade mental. Cada um desses processos atua em uma determinada região cerebral, conforme citado por Das, Naglieri e Kirby (1994):

- Planejamento é o processo que ocorre no lobo frontal e que envolve funções executivas cognitivas responsáveis pelo controle e organização do comportamento, assim como a seleção e/ou construção de estratégias para resolução de problemas e o monitoramento do desempenho das estratégias aplicadas;
- Atenção é o processo que ocorre de forma mais intensa no lobo frontal e nas partes inferiores do córtex. A Atenção é responsável pela manutenção dos níveis de alerta, a fim de que o foco seja mantido nos estímulos de maior importância, durante a resolução de um problema, ignorando demais distrações;
- O Processamento Sucessivo ocorre nos lobos frontal e temporal e promove a decodificação, transformação e retenção de informações para organização de itens separados em uma sequência;
- O Processamento Simultâneo ocasiona atividades cerebrais de maior intensidade nos lobos occipital e parietal. O Processamento Simultâneo também é responsável pela decodificação,

transformação e retenção de informações, porém envolve a capacidade necessária para que os estímulos separados sejam integrados em um todo coeso e inter-relacionado.

A Teoria PASS forneceu a fundamentação conceitual para o desenvolvimento de um instrumento de medição de processos de aprendizagem chamado Sistema de Avaliação Cognitiva, conhecido como CAS (*Cognitive Assessment System*), o qual foi criado por J. P. Das e Jack Naglieri (1994). O CAS fornece uma avaliação diferenciada do funcionamento intelectual do indivíduo, como a identificação das forças e das fraquezas cognitivas presentes em cada um dos quatro processos PASS, onde o objeto de análise não está apoiado em habilidades, mas sim nos processos responsáveis pela formação cognitiva.

2.2.2 *A Equilibração das Estruturas Cognitivas de Piaget*

O estudo do epistemólogo suíço Jean Piaget (1976) apresenta o desenvolvimento e a formação do conhecimento, por meio da equilibração de dois processos que ocorrem mentalmente nos sujeitos, quando há experimentação de algo novo: assimilação e acomodação. O processo de assimilação é a absorção de um elemento exterior, seja um objeto, situação ou qualquer conteúdo novo, por um esquema conceitual ou sensorio motor previamente existente no sujeito. Segundo Piaget, esses esquemas são resultados da construção do conhecimento proveniente da interação do sujeito com o ambiente desde o seu nascimento, os quais tornam-se mais complexos conforme o seu amadurecimento. A acomodação é o surgimento da necessidade de considerar as peculiaridades do novo elemento exterior recém assimilado, o que ocasiona a transformação de um esquema existente no indivíduo ou o surgimento de um novo esquema, modificando o conhecimento prévio. O estudo de Piaget foi utilizado para definir a quantidade de partidas do jogo que será apresentado a seguir, produzido a partir do método proposto nesta pesquisa.

2.2.3 *Os Esquemas Familiares e Prototípicos de Inhelder*

Barbel Inhelder foi uma cientista cognitiva que trabalhou com Piaget por muitos anos e direcionou sua pesquisa para os processos funcionais que se emanam enquanto o indivíduo está tentando solucionar problemas, ou seja, o saber fazer de cada sujeito em sua individualidade sob a forma de uma microgênese (Inhelder *et al.*, 1996). Segundo Inhelder, o controle da microgênese pode atuar na resolução de um problema a partir da necessidade de redução deste a um protótipo, ou seja, um mecanismo que reduz heurísticamente uma situação complexa para uma unidade prototípica da resolução como “um bom objeto para pensar”. A unidade cognitiva, chamada por Inhelder de esquema familiar, refere-se aos esquemas selecionados para a resolução de uma situação particular, cuja escolha não se define ao acaso, mas sim por ter sido considerado como o mais adequado para uma certa gama de situações, na intenção de que o problema se torne mais familiar ao indivíduo. Porém, esse esquema familiar recrutado pode não ser eficiente para a situação em questão e a hipótese proposta por Inhelder foi que esses esquemas familiares se decompõem e modificam algumas de suas próprias características, o que possibilita poder encarar uma mesma situação com dois pontos de vista diferentes, ou seja, atribuir duas significações à mesma situação. A busca pelo equilíbrio na dimensão microgenética baseia-se na reciprocidade entre a ação do indivíduo e o conjunto de informações inferidas e providas da interação do sujeito com o meio.

Além do caráter observatório, Inhelder destaca que, por meio de jogos, é possível ensinar, por exemplo, o raciocínio probabilístico muito antes que a criança aprenda cálculos de probabilidade ou expressões da teoria da probabilidade e finalizou sua obra alegando não ter tido, naquela época, recursos tecnológicos suficientes para continuar sua pesquisa como gostaria. Hoje, o cenário encontra-se bem mais favorável às novas propostas de análises neurocognitivas mediante o avanço da computação, da inteligência artificial e demais dispositivos eletrônicos.

2.2.4 *A Elaboração Dirigida de Seminário*

Para Seminário (1987), a aquisição de conhecimento promove a estruturação de competências fundamentais da cognição humana, que ocorrem uma em consequência da outra, as quais ele chamou de Linguagens e as organizou em quatro grupos:

- (L1) Linguagem 1 é a capacidade de estruturar o campo da percepção em figuras organizadas, conforme identificadas pelas leis da Gestalt (pregnância, unidade, segregação, proximidade, semelhança, unificação, continuidade e fechamento) onde a percepção é compreendida como uma totalidade e não como a soma de elementos isolados, ou seja, o todo tem significação muito maior do que a soma das partes;
- (L2) Linguagem 2 possui menor hierarquia, assim como L1, nas quais se enquadram a aprendizagem por memorização, onde os conteúdos aprendidos ficam apenas retidos nas mesmas, sem saltos cognitivos. Representa a capacidade de atribuir sentido às formas percebidas, tornando-as significativas;
- (L3) Linguagem 3 representa a possibilidade de atribuição de um encadeamento sucessivo de significado aos fatos, formando episódios ou frases, que compõem o alicerce da capacidade de imaginação;
- (L4) Linguagem 4 é o comportamento de controle voluntário, reflexivo e consciente sobre tudo o que é percebido ou pensado. Tanto a L3 quanto a L4 são linguagens especificamente humanas e formam a base para construção do raciocínio lógico.

Segundo Seminário, a Elaboração Dirigida é a técnica de transmissão do conhecimento por meio do diálogo focado no que o adulto pode oferecer à criança, a partir da utilização de questionamentos que se revezam com as respostas obtidas até que façam sentido para ela, atingindo a parcela mais significativa no processo de aprendizagem: as Linguagens 3 e 4.

2.2.5 *A Abordagem Psicomotora de Fonseca*

Fonseca (2012) desenvolveu a Bateria Psicomotora (BPM), um conjunto de situações ou tarefas para analisar dinamicamente o perfil psicomotor da criança, em concordância com a organização funcional do cérebro proposta por Luria. O autor destaca que o ser humano só atinge as funções psíquicas superiores por efeito da sua Psicomotricidade (Fonseca, 2012). Sendo assim, segundo o autor, como não é possível haver Psicomotricidade sem um objetivo, ou seja, sem uma intenção que a defina como práxis, significa que, o que ocorre na organização funcional do cérebro, é um produto do meio social no qual o sujeito está inserido. Por esse motivo, a observação da Psicomotricidade, em conjunto com a mensuração de outros aspectos cognitivos, torna-se ainda mais relevante na busca da compreensão do sistema de aprendizagem. Em sua pesquisa, Fonseca (2012) relacionou fatores psicomotores às unidades funcionais do cérebro definidas por Luria:

- Primeira unidade funcional, a qual regula o tom cortical e a manutenção da atenção, da seleção da informação, do sono e da vigiância, corresponde à tonicidade e equilíbrio;
- Segunda unidade funcional, a qual recebe, analisa e armazena estímulos Sucessivos e Simultâneos, trata da organização espacial/ temporal e da síntese sensorial, correspondendo à lateralização, noção de corpo e estruturação espacial-temporal;
- Terceira unidade funcional, responsável pelo planejamento, pela execução e pela verificação das atividades, pelas intenções e elaboração das práxis, corresponde à praxia global e praxia fina.

Dentre os sete fatores psicomotores que a BPM de Fonseca aborda (tonicidade, equilíbrio, lateralização, noção do corpo, estruturação espaço-temporal, praxia global e praxia fina) o que contribuiu para este trabalho foi o estudo da praxia fina por tratar de funções como a

coordenação dinâmica manual e a velocidade com precisão. Fonseca (2012) associou a praxia fina ao processo Planejamento, por constituir-se de tarefas com preensão construtiva junto a participação do movimento dos olhos, chamada coordenação óculo manual ou visomotora. As tarefas desenvolvidas na BPM, para identificação dos níveis de praxia fina, demandam de programação, regulação e verificação de atividades, as quais são atribuições do processo Planejamento e que ocasionam maior atividade no lobo frontal do cérebro.

2.2.6 Os Games Inteligentes de Marques

O desenvolvimento dos *Games Inteligentes*, segundo Marques (2017), é constituído de quatro etapas fundamentais adotadas nesta pesquisa: Modelo Dimensional, Processo Criativo, Projeto Interacional e Desenvolvimento Conceitual. De acordo com a autora, na etapa do Modelo Dimensional são definidas as dimensões do conhecimento que conduzirão a escolha das teorias cognitivistas. Entre estas dimensões, encontram-se a dimensão filogenética, que trata do desenvolvimento humano; a dimensão ontogenética, que aborda o desenvolvimento individual, da fecundação até sua morte e a dimensão microgenética, referente às transformações nas funções cognitivas que ocorrem em frações de segundos. Na etapa do Processo Criativo a temática, o design e as ações do jogo são criados a partir da definição dos processos cognitivos que se espera observar e das teorias que os embasam. Na etapa Projeto Interacional as respostas esperadas na interação com o jogo, desenvolvidas durante o Processo Criativo, são analisadas por profissionais de ensino. O objetivo desta avaliação é ponderar a relevância das ações previstas e não previstas no escopo dos processos cognitivos e das teorias que fundamentam o jogo. A etapa Desenvolvimento Conceitual detalha a mecânica e a dinâmica que compõem a arquitetura do jogo, incluindo *software* e *hardware*. Nesta etapa são discriminadas as ações que serão disponibilizadas ao jogador, assim como os seus graus de complexidade e os valores de cada ação. Essas informações, chamadas de Crivos Computacionais, conduzem a implementação do jogo. Um exemplo de *Game Inteligente* é o Jogo EICA que investiga a transitividade cognitiva entre diferentes áreas do conhecimento, como as áreas de linguagem, ciências e matemática.

3 Metodologia

A metodologia de pesquisa adotada para a formulação do Método para Desenvolvimento de Jogos Inteligentes Tangíveis (MDJIT) foi a *Design Science Research* (DSR). A DSR objetiva a construção de artefatos inovadores que beneficiam a sociedade, colaborando com a resolução de problemas reais, por meio da produção de conhecimento científico (Dresch *et al.*, 2015).

3.1 Design Science Research (DSR)

O conceito de *Design Science* foi introduzido pelo pesquisador e ganhador do prêmio Nobel de Economia, Herbert Simon, com a publicação de seu livro *As Ciências do Artificial*, no ano de 1969. Na ocasião, o autor destacou as diferenças entre essa nova metodologia e as pesquisas tradicionais (Simon, 1981). Para Dresch e outros (2015), pesquisas tradicionais são caracterizadas por almejar conhecimentos gerais e válidos, diante de formulações de hipóteses e testes, enquanto que a DSR compreende o ineditismo de cada situação para propor soluções, enfatizando a experimentação pragmática. Segundo Pimentel e outros (2019), a DSR possui fundamentos que “legitimam o desenvolvimento de artefatos como um meio para a produção de conhecimentos científicos do ponto de vista epistemológico” (Pimentel *et al.*, 2019).

Sendo assim, este trabalho seguiu as doze etapas da DSR proposta por Dresch e outros (2015) para a construção de artefatos que podem ser constructos, modelos, métodos ou instanciações: i) identificação do problema; ii) conscientização do problema; iii) revisão sistemática da literatura; iv) identificação dos artefatos e configuração das classes de problemas;

v) proposição de artefatos para resolução do problema; vi) projeto do artefato selecionado; vii) desenvolvimento do artefato; viii) avaliação do artefato; ix) explicitação das aprendizagens; x) conclusões; xi) generalização para uma classe de problemas e xii) comunicação dos resultados.

3.2 O artefato MDJIT

O artefato produzido a partir da DSR é o Método para Desenvolvimento de Jogos Inteligentes Tangíveis (MDJIT), cuja proposta é guiar a construção de jogos baseados nos *Games Inteligentes*, porém acrescidos de peças físicas, dotadas de sensores e microcontroladores, aproveitando os atuais recursos tecnológicos da robótica para encontrar formas de mensurar aspectos cognitivos e psicomotores. A mensuração das funções cognitivas e da motricidade pode ser obtida quando prevalecem dois fatores específicos: (a) a interação homem-máquina deve ser feita por meio de partes físicas que transmitem informações sobre seu manuseio com auxílio de dispositivos eletrônicos, como microcontroladores e sensores e (b) os critérios neuropsicopedagógicos que definem cada ação na interação com o Jogo Inteligente Tangível, denominados Crivos Computacionais (Marques, 2017). Esses critérios devem ser elaborados de acordo com teorias consagradas que abordam os processos cognitivos e a Psicomotricidade, neste caso, as teorias apresentadas na seção de fundamentação teórica. O método proposto possui oito etapas e está apresentado na Figura 1.

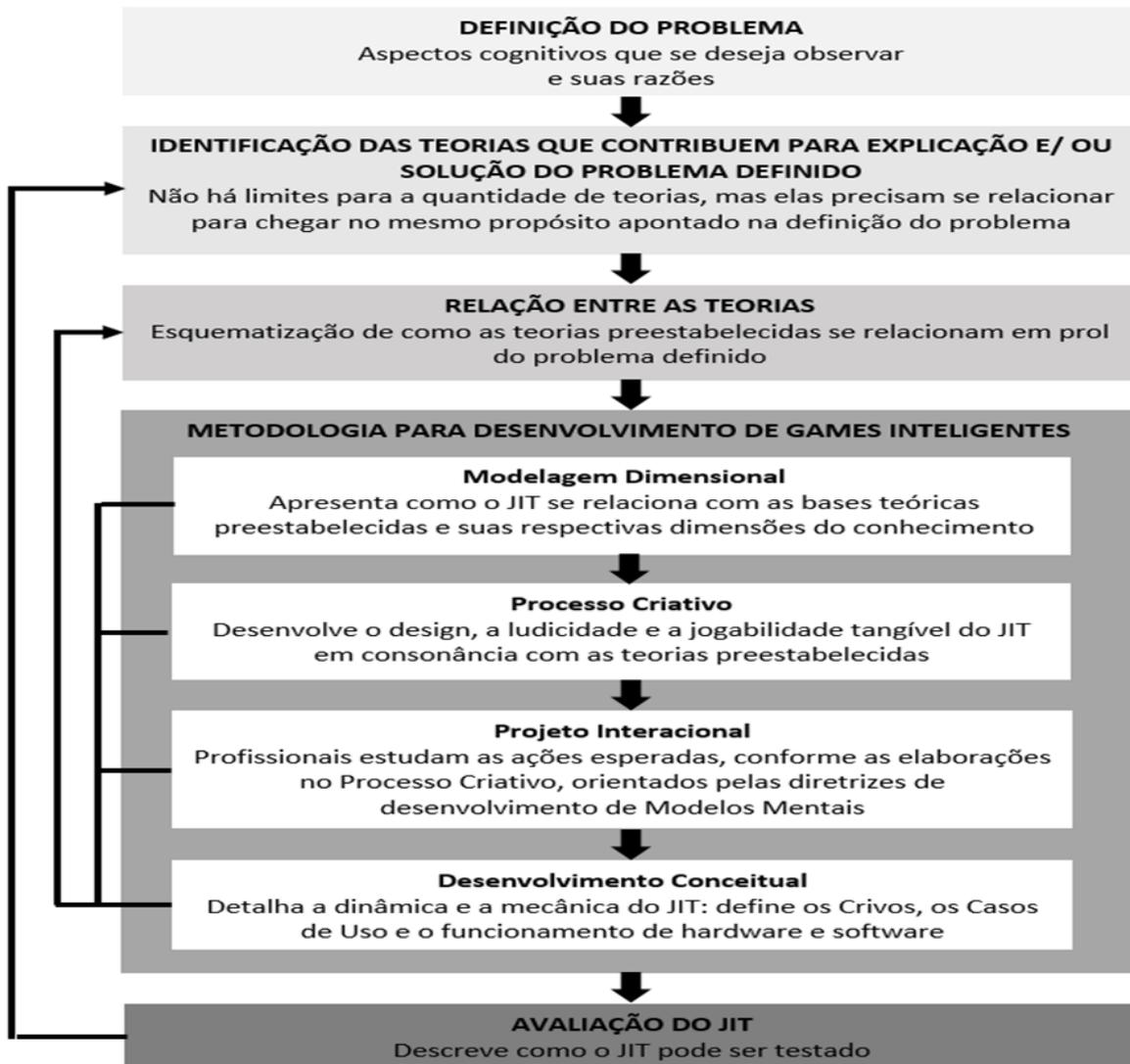


Figura 1: Método para Desenvolvimento de Jogos Inteligentes Tangíveis (MDJIT).

O MDJIT guia o desenvolvimento de Jogos Inteligentes Tangíveis, jogos computadorizados para observação cognitiva e psicomotora, possibilitada pelo uso de recursos tecnológicos atuais do campo da robótica e possui a seguinte ordem : i) na primeira etapa, são definidos os problemas relacionados ao sistema de aprendizagem e os aspectos que se deseja observar; ii) na segunda etapa, devem ser selecionadas teorias e/ou estudos acadêmicos que darão suporte ao desenvolvimento do Jogo Inteligente Tangível; iii) na terceira etapa, deve-se delinear como as teorias selecionadas na etapa anterior se relacionam para que o Jogo Inteligente Tangível possa ser formulado a partir dessas correspondências; iv) na quarta etapa, inicia-se o desenvolvimento do jogo com a Modelagem Dimensional, que deve apresentar como o jogo se relaciona com as bases teóricas utilizadas para sua concepção e suas dimensões do conhecimento, conforme as diretrizes para elaboração de *Games Inteligentes* proposta por Marques (2017); v) na etapa Processo Criativo, é concebido o design do jogo, as jogadas, os objetivos e a sua ludicidade, cuja interação homem-máquina deve ser feita por meio de partes físicas e manipuláveis, para que o artefato seja considerado um Jogo Inteligente Tangível; vi) na fase do Projeto Interacional, os profissionais envolvidos na criação do jogo devem estudar as ações planejadas durante o processo criativo a partir de testes realizados com grupos aleatórios que não poderão participar do experimento final de validação do jogo; vii) a etapa Desenvolvimento Conceitual detalha a dinâmica e a mecânica do jogo, assim como os Crivos Computacionais, cujas ações pontuam de acordo com os conceitos extraídos das teorias para explicar as representações dos aspectos cognitivos que se deseja observar, as possibilidades de ações significativas que podem ocorrer no jogo e a tecnologia de *hardware* e *software* necessários; viii) a última etapa descreve como os Jogos Inteligentes Tangíveis podem ser testados e validados, sendo possível o teste com simulações ainda não informatizadas, onde recursos como filmagens, cronômetros e marcações em planilhas são utilizados, para que sejam feitas verificações quanto à usabilidade do jogo antes da construção do *hardware* e *software*, evitando que se perca tempo e recursos com trabalhos onerosos, antes de sua validação.

4 O Jogo Inteligente Tangível *Hash 3D*

O *Hash 3D* é um jogo desenvolvido a partir do MDJIT, inspirado no tradicional jogo da velha, porém acrescido de tridimensionalidade e de novas possibilidades de vitória. O *Hash 3D* tem como objetivo a formação sequencial, em linha reta, de três elementos da mesma cor ou com o mesmo símbolo, tanto na posição horizontal, quanto na posição vertical ou diagonal, uma vez que seu tabuleiro possui três andares. Cada jogador inicia a partida com quinze peças distribuídas em três cores, que podem conter cinco tipos de símbolos diferentes, cada símbolo em uma das três cores disponíveis. Conforme mostra a Figura 2, o conjunto à esquerda, a ser oferecido a um dos jogadores, possui peças rosas, vermelhas e verdes. Seus símbolos são formas geométricas na cor branca. O conjunto à direita possui peças laranjas, azuis e amarelas. Seus símbolos são formas geométricas na cor preta. O tabuleiro cinza contrasta com o colorido das peças, a fim de proporcionar uma melhor visualização das mesmas.



Figura 2: Peças e tabuleiro do *Hash 3D*

Cada jogador recebe cinco peças para formar sequências da mesma cor e apenas três peças para formar sequências com o mesmo símbolo. Dessa forma, é mais difícil formar sequências com os símbolos, exigindo maior atenção e planejamento. Cada jogador só pode utilizar as suas próprias peças, diferenciadas pela cor dos símbolos, os quais podem ser pretos ou brancos. Durante as partidas os jogadores se revezam e quando uma sequência é completada corretamente, um sinal sonoro é disparado para indicar que houve um ganhador. No entanto, essa informação não é transmitida antes da partida. Nos *Games Inteligentes* as regras não devem ser fornecidas previamente para que a experiência com o jogo coloque em ação os conhecimentos precedentes de cada um, potencializando a cognição diante da necessidade de encontrar as respostas para os problemas que o jogo oferece (Lemos *et al.*, 2014; Marques *et al.*, 2015). Nesse contexto, o Jogo Inteligente Tangível *Hash 3D* utiliza a ausência de apresentação prévia das regras para verificar os níveis dos processos PASS e da praxia fina no momento de assimilação e de acomodação. Dessa forma, a análise é feita na primeira partida porque o jogador não conhece as regras e não sabe como jogar. Essa situação corresponde ao momento de assimilação. Nos testes iniciais realizados com voluntários de diferentes idades, antes do experimento controlado, verificou-se que em cinco partidas os jogadores já tinham aprendido as regras e estavam jogando com afinco para vencer. Por esse motivo foi definido o total de cinco partidas, para que na quinta e última partida sejam analisados, novamente, os processos PASS, mas desta vez no momento de acomodação, quando presume-se que os participantes compreenderam a dinâmica do jogo.

4.1 A Modelagem Dimensional do *Hash 3D*

Na etapa Modelagem Dimensional são definidas as dimensões do conhecimento e são estabelecidas as unidades a serem medidas, extraídas da base teórica. Aspectos relevantes são esquematizados, como intervalos entre as dimensões desejadas, períodos de latência, ações e respostas esperadas, conforme as unidades esquematizadas, a fim de possibilitar o início do processo de criação de jogo. No jogo *Hash 3D* foram adotadas as dimensões ontogenética e microgenética. Na Figura 3, estão esquematizadas as dimensões do conhecimento, descritas na cor azul; as unidades a serem medidas estão descritas na coluna à esquerda, em negrito, e na coluna à direita, estão apresentados os conteúdos de cada unidade. As setas indicam a ordem em que esses conteúdos ocorrem durante as partidas do jogo. A análise psicomotora é realizada juntamente com os marcos da dimensão microgenética.

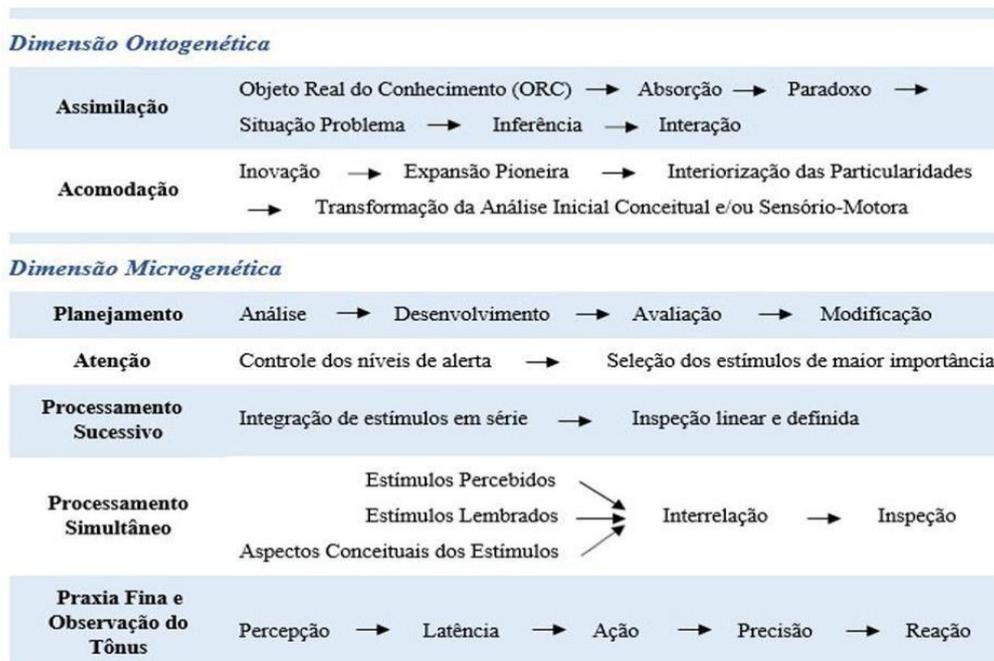


Figura 3: Apresentação das dimensões, unidades e conteúdos elaborados para o *Hash 3D*

A fim de mostrar como as unidades e seus respectivos conteúdos foram extraídos da base teórica e, posteriormente, utilizados na etapa Processo Criativo para elaboração do design e da jogabilidade, serão apresentadas as unidade destacadas na Figura 3.

4.1.1 *Assimilação*

Na dimensão ontogenética, referente ao desenvolvimento e à aprendizagem desde a fase embrionária, o processo de assimilação tem início no contato com uma nova experiência. Nesta pesquisa, essa nova experiência é chamada de Objeto Real do Conhecimento (ORC) “por se tratar do contato total entre o ser e o objeto a ser conhecido epistemologicamente” (Marques, 2017, p. 49). Segundo a autora, é a partir da interação com o ORC que o horizonte cognitivo é ampliado e, neste estudo, o ORC refere-se ao Jogo Inteligente Tangível e a maneira de jogá-lo. O ORC é absorvido por um esquema cognitivo compatível com a sua natureza, o qual tende a alimentar-se com elementos exteriores (Piaget, 1976). O momento citado refere-se à absorção. A seguir, surge o paradoxo, pois um esquema existente no imaginário é acionado e, apesar de ser próximo em semelhança, suas características não são iguais. Segundo Marques (2017), na ausência da plena compreensão do objeto, o indivíduo passa a utilizá-lo de maneira aleatória, ocasionando ou não uma situação problema. Dessa forma, a interação com o ORC pode instigar o indivíduo a continuar com a exploração até atingir a superação do desequilíbrio, cuja existência foi ocasionada pelas diferenças entre as particularidades do ORC e o esquema cognitivo pré-existente no indivíduo. Na sequência, a inferência que o indivíduo faz, com base nas evidências externas (sinais de respostas), provoca uma forma de interação não aleatória, cujo propósito é compreender a finalidade do ORC em questão. No jogo *Hash 3D*, o desdobramento entre a inferência e a interação, ocorre nas três partidas jogadas entre a primeira, referente ao momento de assimilação, e a quinta e última, referente ao momento de acomodação. Por esse motivo o Jogo Inteligente Tangível requer uma espécie de sinalização, a qual pode ser sonora ou visual, nos casos de sucesso entre as tarefas, ressaltando-a como a evidência externa necessária.

4.1.2 *Acomodação*

O processo de acomodação tem início com a inovação. Essa etapa não acontece de forma aleatória e busca definir um novo propósito para o ORC, além do que já havia sido inferido anteriormente. A expansão pioneira ocorre quando o indivíduo entende que um mesmo fim pode ser atingido de formas diferentes e com objetos diferentes (Marques, 2017). Na sequência ocorre a interiorização das particularidades, ou seja, a aceitação das diferenças percebidas na etapa paradoxal. Por fim, o indivíduo alcança a transformação da análise inicial conceitual e/ou sensório-motora, concluindo o ciclo do processo de acomodação. O término do ciclo de acomodação significa que um novo esquema foi gerado e que o esquema inicial foi preservado, a fim de ampliar o conhecimento, fazendo com que o processo de aprendizagem aconteça (Piaget, 1976). Nesta proposta, as etapas que constituem a acomodação são registradas e observadas na quinta e última partida do *Hash 3D*, uma vez que houve tempo e evidenciação externa suficientes para que os jogadores tenham tido oportunidade de compreender as regras do jogo.

4.1.3 *Planejamento*

A dimensão microgenética refere-se ao que acontece cognitivamente, em frações de segundos, nos indivíduos que estão em situações problematizadas. Para isto, foram analisados os quatro processos da Teoria PASS de Luria (1966), os quais foram subdivididos em fases, com a finalidade de tornar mais precisa a formulação do modelo dimensional e, por consequência, a definição dos Crivos Computacionais. Segundo Luria (1966, 1980) e os autores Das, Naglieri e Kirby (1994), o Planejamento é considerado a essência da inteligência humana por envolver a aptidão necessária para que o indivíduo faça novas perguntas, resolva problemas e auto monitore a codificação de informações. O Planejamento é o processo responsável por fornecer ao indivíduo

os meios para que seja feita a análise de sua própria atividade cognitiva (Das, Naglieri & Kirby, 1994). Após a análise do problema, ao planejar, o indivíduo chega ao estágio de desenvolvimento de métodos para resolução de problemas, conforme mostra o diagrama apresentado na Figura 4. Segundo os autores, quando um problema é apresentado, o indivíduo analisa se precisa de um plano ou se pode executar a proposta de solução automaticamente, sem planejamento. Caso o indivíduo precise de um plano e o tenha, ele questiona se o plano é razoável e executa a sua proposta de solução, caso a resposta seja afirmativa. Após a execução da proposta de solução é feita a avaliação dos métodos desenvolvidos, a fim de analisar se as estratégias foram eficazes. Se as estratégias não estiverem sendo eficazes, o indivíduo avança para a modificação, com o propósito de rever as estratégias planejadas. No jogo *Hash 3D*, o Planejamento se evidencia nas diferentes estratégias que o indivíduo pode fazer para conseguir vencer, formando a sequência de três peças com a mesma cor ou com o mesmo símbolo. Essas estratégias pontuadas durante as jogadas estão descritas na Tabela 1 da Seção 4.4.1.

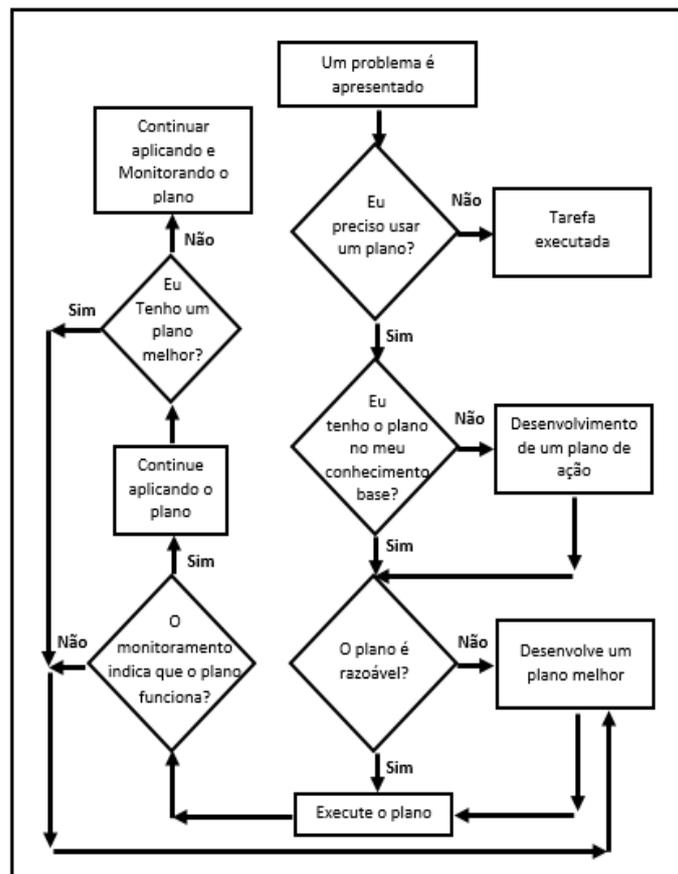


Figura 4: Diagrama do caminho do processo Planejamento apresentado por Das, Naglieri e Kirby (1994) com base nas pesquisas de Luria

4.1.4 Atenção

O processo Atenção é responsável por regular o tom cortical e a manutenção dos níveis de foco nos estímulos mais relevantes para resolução de um problema, evitando as demais distrações (Luria, 1966, 1973). Em uma pesquisa que objetiva mensurar aspectos da formação cognitiva é importante verificar o controle dos níveis de alerta, pois apenas quando uma condição de vigília adequada é alcançada que um indivíduo pode receber e processar informações (Das, Naglieri & Kirby, 1994). Além dos níveis de alerta, em um mundo cada vez mais sobrecarregado de estímulos, a seleção dos estímulos de maior importância para resolver o problema define o sucesso das possíveis estratégias esquematizadas durante o Planejamento, uma vez que um processo está

condicionado ao outro, segundo os autores. A Figura 5 apresenta o caminho que o processo Atenção percorre em sua atuação.

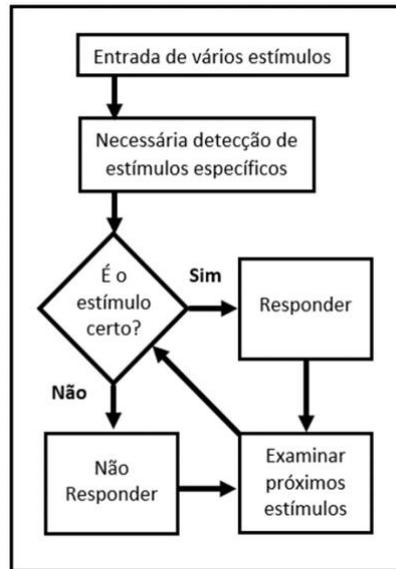


Figura 5: Diagrama do caminho do processo Atenção apresentado por Das, Naglieri e Kirby (1994) com base nas pesquisas de Luria

No jogo *Hash 3D*, os níveis de atenção são inferidos quando os indivíduos participantes promovem ações específicas, como o bloqueio à vitória alheia, destinando, por exemplo, uma peça que impossibilite a conclusão da sequência do adversário. Conforme apresentado na Figura 6, a colocação da peça rosa, pertencente ao conjunto de peças com símbolos brancos, impediu a vitória do jogador adversário, portador das peças com símbolos pretos, neste caso, as peças azuis. A peça rosa impediu que a sequência de três peças azuis fosse completada.

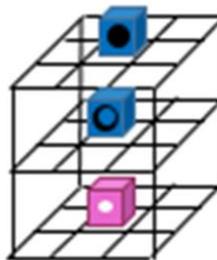


Figura 6: Exemplo de marco de Atenção no *Hash 3D*

A complexidade dos níveis de atenção no jogo varia conforme a quantidade de peças que foram colocadas no tabuleiro, uma vez que a maior quantidade de peças implica em mais estímulos a serem observados e selecionados, conforme apresentado na Figura 7, onde estudantes do ensino fundamental estão jogando o *Hash 3D*. Na imagem, pode-se perceber as tentativas que o jogador, portador das peças com símbolos pretos, realizou ao iniciar a sequência de peças com o mesmo símbolo (círculo preto), no primeiro e no segundo andar do tabuleiro. O jogador portador das peças brancas, aparentemente, tentou iniciar sequências com as peças de mesmo símbolo (círculo branco) no segundo andar do tabuleiro e na diagonal que envolve os três planos do tabuleiro. Até o momento em que a foto foi tirada, ambos os jogadores falharam porque o jogo só contém três peças com o mesmo símbolo e os jogadores desperdiçaram as últimas peças, que poderiam finalizar a sequência, em outras jogadas. A razão pode ter sido a falta de atenção deles próprios ou o fato do jogador adversário estar atento o suficiente para bloquear a sequência alheia, antes de completada.

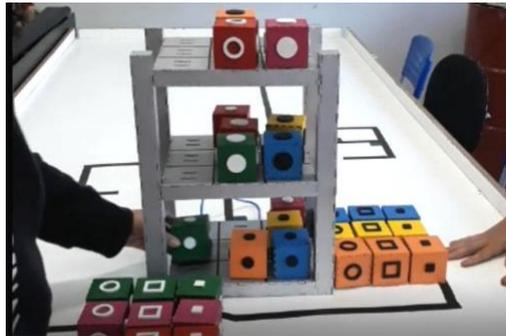


Figura 7: Alunos do ensino fundamental jogando o *Hash 3D*

4.1.5 *Processamento sucessivo*

Conforme citado por Das, Naglieri e Kirby (1994), o processamento sucessivo envolve a integração de estímulos em série, formados por uma progressão em cadeia, cuja inspeção ocorre linearmente. Portanto, ao contrário do processamento simultâneo em que os elementos são inspecionados, codificados e inter-relacionados de várias maneiras, o processamento sucessivo promove a inspeção linear e definida, como um passo específico inserido em comportamento maior. As relações entre os componentes de uma tarefa sucessiva estão ilustradas na Figura 8. No jogo *Hash 3D* a integração de estímulos em série e a inspeção linear e definida são observadas quando há tentativas de formação sequencial em linha reta, com peças da mesma cor ou com o mesmo símbolo, a fim de atingir o objetivo do jogo.

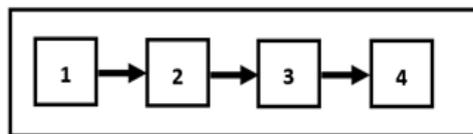


Figura 8: Diagrama do caminho do processamento sucessivo apresentado por Das, Naglieri e Kirby (1994) com base nas pesquisas de Luria

4.1.6 *Processamento simultâneo*

Assim como o processamento sucessivo, o processamento simultâneo também é responsável por receber, processar e reter informações que uma pessoa obtém do ambiente, uma vez que ambos compõem a segunda unidade funcional dos processos mentais humanos (Luria, 1966). A diferença é que o processamento simultâneo envolve a integração de estímulos em grupos ou o reconhecimento de vários estímulos que compartilham uma característica comum, exigindo que todos estejam relacionados (Das, Naglieri & Kirby, 1994). Segundo os autores, estímulos percebidos, estímulos que são lembrados e os aspectos conceituais dos estímulos são inter-relacionados e inspecionados durante o processamento simultâneo. Um exemplo é a tarefa verbal que exige uma execução do tipo: “desenhe um círculo sob um quadrado à direita de uma cruz no topo de um triângulo. O indivíduo precisa examinar a relação entre o círculo, o quadrado e a cruz em seu arranjo espacial a partir da estrutura gramatical lógica da afirmação” (Das, Naglieri & Kirby, 1994, p. 15, tradução nossa). Nesse caso, a tarefa exige que os componentes sejam inter-relacionados, conforme ilustrado na Figura 9. No jogo *Hash 3D* o jogador demonstra que está executando o processamento simultâneo quando busca a vitória formando sequências de peças, com a mesma cor ou com o mesmo símbolo, utilizando os três planos do tabuleiro simultaneamente. Da mesma forma ocorre quando há o bloqueio à vitória alheia envolvendo os três planos do tabuleiro. Essas situações são pontuadas como processamento simultâneo por necessitar que diversos estímulos sejam analisados ao mesmo tempo, como a própria formação sequencial e a formação sequencial do adversário envolvendo mais de uma direção concomitantemente.

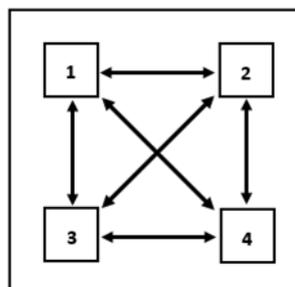


Figura 9: Diagrama do caminho do processamento simultâneo apresentado por Das, Naglieri e Kirby (1994) com base nas pesquisas de Luria

4.1.7 Praxia fina

Segundo Fonseca (2012), a análise da praxia fina corresponde ao estudo das formas complexas dos movimentos voluntários, no nível da motricidade fina e da perícia manual, em cooperação com a visão. De acordo com o autor, a síntese psicomotora que a caracteriza está dividida em quatro fases:

- na primeira fase encontram-se a captura visual do objeto e a referência espacial, a fim de que sejam obtidas as informações necessárias para a ação das mãos;
- A segunda fase trata-se de um projeto motor, na qual é realizada a identificação perceptiva do objeto para que o cérebro programe a ação da mão em termos de preensão, palpação, coordenação bimanual e deslocamentos;
- A terceira fase corresponde à captura manual do objeto, incluindo o movimento do braço e da mão em direção ao alvo. Para garantir o momento certo da preensão, a visão é geralmente utilizada para regular a posição da mão na direção do objeto;
- A quarta fase corresponde à manipulação do objeto, iniciada no contato físico. Desse momento em diante, a intervenção da visão e das estratégias de manipulação dependem dos programas de ação, em conformidade com as intenções.

Para analisar esses fatores, Fonseca propôs uma série de tarefas que constituem a BPM, as quais dispõem de resultados previstos e o que cada um significa para fins de pontuação. Dentre as atividades para observação da praxia fina na BPM, encontram-se: i) tamborilar para verificar o domínio sequencial e simultâneo dos dedos das mãos; ii) desmontar e montar uma pulseira de elos, com o intuito de verificar o controle visomotor; iii) utilizar um lápis, conforme as instruções, a fim de verificar a velocidade com precisão. No jogo *Hash 3D*, a observação da praxia fina baseia-se na colocação das peças no tabuleiro. A queda das peças e os esbarrões nas peças presentes no tabuleiro demonstram que não foram seguradas com a preensão adequada a partir da correta identificação do objeto e seu espaço. Essa análise tem como objetivo verificar o autocontrole visomotor, em consonância com as quatro fases da síntese psicomotora, uma vez que “a praxia fina traduz um produto final no qual participam, com uma contribuição particular, todos os restantes fatores psicomotores” (Fonseca, 2012, p. 233).

4.2 O Processo Criativo do *Hash 3D*

Durante a etapa Processo Criativo surgiu a ideia de desenvolver uma espécie de jogo da velha em três dimensões, pois formar sequências de elementos iguais, em linha reta, é um desafio familiar para muitas pessoas. Essa familiaridade atribui ao jogo um *affordance* ideal, juntamente com os conceitos da Elaboração Dirigida de Seminério e com os estudos de Piaget, ocasionados pelo feedback sonoro quando o jogador consegue completar uma sequência. O termo *affordance* foi difundido por Gibson (1979) para se referir às informações significativas que os animais, racionais ou irracionais, captam do ambiente, a fim de perceber as possíveis ações determinadas pelas propriedades do ambiente e por suas próprias capacidades. O *affordance* de um objeto não muda,

mesmo que seja alterada a percepção de quem o observa, pois o objeto oferece o que faz porque ele é o que é (Gibson, 1979).

Além do *affordance* ocasionado pela popularidade do jogo da velha tradicional, este antigo jogo requer planejamento, pois em cada jogada deve-se escolher onde jogar com o intuito de vencer o adversário. Da mesma forma, o jogo da velha contempla a atenção porque o jogador precisa estar atento para evitar a vitória do adversário, bloqueando a sua sequência. O jogo da velha também contempla o processamento sucessivo por objetivar a sequência de três elementos iguais organizados linearmente. Sendo assim, bastou acrescentar novas combinações de peças e outros dois andares no tabuleiro, para oportunizar novas direções sequenciais que pudessem acontecer simultaneamente, a fim de que o processamento simultâneo também fosse recrutado. O processamento simultâneo trata da integração de estímulos que ocorrem concomitantemente (Das, Naglieri & Kirby, 1994).

4.2.1 IHC do Hash 3D

O conceito de *affordance* tem sido amplamente utilizado na Interação Humano-Computador (IHC), porém com novas contribuições e considerações às prévias gibsonianas. Segundo Norman (1988), *affordances* fornecem fortes pistas para as operações das coisas e, portanto, podem ser empregadas positivamente no design de artefatos tecnológicos, pois quando as *affordances* são aproveitadas, só de olhar o usuário sabe o que fazer, não sendo necessárias imagens, etiquetas ou instruções. Para Rizzo (2006), *affordances* são oportunidades de ações disponíveis nos ambientes para indivíduos com habilidades sensório-motoras adequadas, uma vez que estes não pertencem ao ambiente e nem aos indivíduos, mas às relações entre eles. Segundo o autor, pesquisas mais recentes às teorias *gibsonianas* mostraram a coexistência de propriedades motoras e sensoriais dentro do mesmo neurônio, conhecidos como neurônios visomotores, que disparam quando um objeto é agarrado com a mão esquerda, com a mão direita ou com a boca, não codificando os movimentos em si, mas os objetivos.

Com base nesses conceitos foi possível obter uma interação prevista dos jogadores com o *Hash 3D*, apesar da única instrução oferecida antes do início da partida: cada jogador só pode usar suas próprias peças, definida pela cor dos símbolos pretos ou brancos. O disparo sonoro que funciona como *feedback* da sequência de sucesso, realizada por um dos jogadores, não é informado previamente, para que a primeira partida configure o momento de assimilação e a última o momento de acomodação.

4.3 O Projeto Interacional do Hash 3D

O Projeto Interacional atua como uma simulação qualitativa para verificação do funcionamento do Jogo Inteligente Tangível. Nessa simulação, as interações com o artefato devem ser realizadas pelos profissionais que o estão desenvolvendo e/ou usuários que não participarão do teste de validação, a fim de que essa experimentação busque possíveis ações ambíguas ou ações não previstas e o que elas possam significar. Durante a simulação, é necessário investigar se o JIT capturou os dados gerados com a sua manipulação. Nesse momento, os Crivos Computacionais podem ser redefinidos, caso surjam ações não previstas ou ambiguidades nas ações previstas. As análises feitas nesta etapa do Projeto Interacional foram embasadas pela Teoria dos Modelos Mentais de Gentner e Stevens (2014).

4.4 O Desenvolvimento Conceitual do Hash 3D

Na etapa Desenvolvimento Conceitual que as ações possíveis durante as partidas, seus graus de complexidade e os valores que cada ação representa são atribuídos a fim de que os profissionais responsáveis pela implementação do jogo sejam capazes de fazer a programação para

funcionamento do artefato, assim como o back-end que fornecerá os resultados de acordo com os dados coletados em sua interação. Essas configurações são chamadas de Crivos Computacionais.

4.4.1 Crivos Computacionais do Hash 3D

Os Crivos Computacionais do *Hash 3D*, juntamente com suas dimensões do conhecimento, estão presentes na Tabela 1. Para cada ação citada, um ponto é acrescido ao processo cognitivo correspondente à ação, exceto quando um dos jogadores não bloqueia a vitória adversária na sua oportunidade, por falta de atenção, onde um ponto de atenção é removido.

Tabela 1: Definição das dimensões do conhecimento e das ações que pontuam

| Dimensão Ontogenética | |
|--------------------------|---|
| Assimilação | - As ações da primeira partida do jogo serão analisadas como respostas aos processos cognitivos recrutados durante a assimilação. |
| Acomodação | - As ações da quinta e última partida do jogo serão analisadas como respostas aos processos cognitivos recrutados durante a acomodação. |
| Dimensão Microgenética | |
| Planejamento | - Início de uma formação sequencial com duas peças de mesma cor ou símbolo. - Início estratégico na casa 2.5 aumentando as possibilidades de vitória. - Reversão do jogo: defensiva seguida de ataque. - Vitória de dupla possibilidade. |
| Atenção | - Início de uma formação sequencial. - Bloqueio à vitória do adversário. - Percepção da própria vitória. - Perde-se um ponto por não bloquear a possível vitória adversária. |
| Processamento Sucessivo | - Início de uma formação sequencial com duas peças de mesma cor ou símbolo. - Investidas na formação sequencial em um único plano. - Utilização da segunda peça de mesma cor ou símbolo. |
| Processamento Simultâneo | - Utilização de mais de um plano na segunda jogada. - Bloqueio à vitória do adversário envolvendo os três planos. - Percepção da própria vitória envolvendo os três planos. - Vitória na diagonal envolvendo os três planos. |
| Análise Psicomotora | |
| Praxia Fina | - Precisão no manuseio com as peças, posicionamento no tabuleiro sem esbarrar nas demais e ausência de quedas das peças em punho. |

4.4.2 Escala de Resultados do Hash 3D

A escala de resultados do *Hash 3D* foi baseada na escala de resultados do teste CAS (Das, Naglieri & Kirby, 1994). O teste CAS visa mensurar os níveis de Planejamento, Atenção, Processamento Sucessivo e Processamento Simultâneo, da Teoria PASS de Luria, a partir de ações que envolvem

o uso da estratégia e não apenas a velocidade vinculada aos acertos, como eram os antigos testes de Q. I. (Naglieri, 1999, 2001).

Cada processo descrito na Teoria PASS possui três tarefas no teste CAS, combinadas para emitir um resultado cotado como correto ou incorreto, valendo 0 ou 1, respectivamente, sendo a pontuação final o somatório dos itens corretamente respondidos (Naglieri *et al.*, 1997; Cruz, 2007). Da mesma forma ocorre no *Hash 3D*: para cada ação que configure algum dos processos da Teoria PASS, conforme definido nos Crivos Computacionais, é atribuído um ponto (1) para cada processo. A pontuação total refere-se à soma dos pontos de cada processo analisado.

A quantidade de itens preestabelecidos em cada etapa do teste CAS possibilita que a pontuação corresponda a uma determinada classificação, exemplo: se a criança fizer 59 pontos ou menos, significa muito abaixo da média; de 70 a 79 pontos, significa abaixo da média; de 90 a 109 pontos, na média e assim sucessivamente até chegar aos 130 pontos, ou mais, cujo significado é muito superior à média (Ismail & Keat, 2008). Porém, no *Hash 3D*, não há como prever a quantidade de marcos das ações correspondentes aos processos da Teoria PASS, pois depende de quantas jogadas os jogadores precisam fazer até que haja um vencedor. Portanto, para que a soma dos pontos obtidos em cada partida do *Hash 3D*, definido como Quantidade de Processos (QP), seja enquadrada em algum tipo de classificação, faz-se necessário adotar a Equação 1 onde a Quantidade de Jogadas (QJ) de cada participante será preenchido a partir da quantidade de vezes que cada um jogou nas cinco partidas.

$$X\% = \frac{QP \cdot 100\%}{QJ} \quad (1)$$

Dessa forma, obtém-se o percentual (X%) que definirá a classificação conforme apresentado na Tabela 2. Um valor acima de 81% classifica o processo cognitivo observado em muito acima da média. Um valor de 20% ou menos classifica o processo cognitivo observado em muito abaixo da média.

Tabela 2: Classificação conforme o percentual obtido

| Percentual (X%) | Classificação |
|----------------------|-----------------------|
| Abaixo de 0 até 20 % | Muito abaixo da média |
| de 21 até 40 % | Abaixo da média |
| de 41 até 60 % | Média |
| de 61 até 80 % | Acima da média |
| Acima de 81 % | Muito acima da média |

A observação da praxia fina utiliza a mesma equação, mas ao invés da soma da pontuação de cada um dos processos (QP), deverá ser utilizada a soma da quantidade de quedas das peças que estavam de posse do estudante, com a quantidade de esbarrões cometidos nas peças que encontravam-se no tabuleiro. Além disso, como o resultado da quantidade de jogadas que o estudante efetuou em todas as partidas corresponde a 100%, o percentual de praxia fina é a diferença entre o total de 100% e o resultado obtido com a equação citada. Esses critérios foram adotados para a apresentação dos resultados desta pesquisa.

4.4.3 Montagem Física do Hash 3D

Ainda na etapa Desenvolvimento Conceitual são esquematizados o funcionamento do *hardware* e do *software*. A parte física do *Hash 3D* foi feita com MDF 3mm cortado em máquina CNC a laser e pintado com tinta spray, conforme mostra a Figura 8.



Figura 8: Construção das partes físicas do *Hash 3D*

O *hardware* escolhido para detectar a manipulação das peças foi um Arduino Mega 2560, juntamente com um multiplexador analógico/ digital de 16 canais Cd74hc4067, para a expansão das 16 portas analógicas do Arduino, pois o tabuleiro tridimensional do *Hash 3D* contém 27 casas. Para possibilitar a identificação das peças e das casas no tabuleiro pelo computador foi utilizado um sistema de divisores de tensão. Portanto, cada casa do tabuleiro possui dois contatos de cobre, um deles ligado na porta GND do Arduino e o outro na porta 5V do Arduino, intermediado por um resistor de 5K Ω . Cada peça do jogo possui resistores de valores diferenciados ligados aos seus dois contatos de cobre. Uma tabela foi organizada com a identificação das peças, os valores da resistência de cada peça e o valor da leitura esperada, com margem de erro para mais e para menos. Dessa forma, quando uma peça é colocada no tabuleiro, seu resistor diminui a tensão que o Arduino recebe naquela porta, fazendo com que a peça seja identificada conforme a tabela (Scheffel, 2020; Scheffel *et al.*, 2020).

A codificação para o funcionamento do circuito gerenciado pela placa Arduino foi desenvolvida na linguagem de programação C++. Os dados emitidos pelo Arduino são recebidos por um algoritmo iniciado na linguagem de programação Python, com o propósito de emitir os resultados de acordo com os Crivos Computacionais. A implementação do algoritmo em Python não pôde ser concluída, no prazo desta da pesquisa, por causa das dificuldades geradas pela pandemia de Covid-19 (OPAS, 2021).

5 Resultados

Esta pesquisa apresenta dois resultados, onde o primeiro refere-se ao Método para Desenvolvimento de Jogos Inteligentes Tangíveis (MDJIT), o qual foi testado na produção do *Hash 3D*. Na ocasião, a primeira etapa do método definiu o problema da dificuldade de aprendizagem com foco na observação dos processos cognitivos de Planejamento, Atenção, Processamento Sucessivo e Processamento Simultâneo, durante a aquisição de novos conhecimentos, associados à coordenação visomotora. Na etapa de identificação das teorias que contribuem para explicação e/ou solução do problema definido, foram selecionadas a Teoria PASS de Luria (1966, 1973); a Equilíbrio das Estruturas Cognitivas de Piaget (1976); a Elaboração Dirigida de Seminário (1987) e a Abordagem Psicomotora de Fonseca (2012). Essas teorias foram relacionadas para compor a jogabilidade e o design do *Hash 3D*, como a partida

inicial que corresponde à assimilação e a partida final que corresponde à acomodação, na observação dos aspectos cognitivos e psicomotores citados nas teorias de Luria e Fonseca. Na etapa de identificação de artefatos e configuração de classes de problemas, foram selecionados os Jogos Inteligentes (Marques, 2017), o teste CAS proposto por Das, Naglieri e Kirby (1994) e a Bateria Psicomotora (Fonseca, 2012), pois esses artefatos são encontrados na classe do mesmo problema, cuja necessidade é compreender e aprimorar os processos cognitivos em prol da melhoria do sistema de aprendizagem. A descrição do processo de criação do *Hash 3D*, nas etapas extraídas da metodologia para desenvolvimento dos *Games Inteligentes*, foi descrita na Seção 4. Relacionar as teorias encontradas para propor um jogo, incluindo a ludicidade, o design e os Crivos Computacionais, conforme o que se deseja observar cognitivamente, pode ser a tarefa mais difícil na elaboração de um Jogo Inteligente Tangível. A circunstância exige criatividade e um trabalho de pesquisa satisfatório. A vivência obtida por profissionais da área da educação e da psicologia voltada à aprendizagem facilita o processo.

O segundo resultado refere-se ao conjunto de informações obtidas na aplicação de uma versão ainda não computadorizada do *Hash 3D*, experimentada por dez estudantes do 6º ao 9º ano do ensino fundamental. O experimento aconteceu em uma escola situada no interior do Estado do Rio de Janeiro e seguiu preceitos éticos como a manutenção do sigilo dos dados dos participantes, a participação voluntária e a autorização dos responsáveis e da direção escolar. Entre os participantes, seis pertenciam às turmas regulares e quatro pertenciam ao Programa de Correção de Fluxo para alunos com defasagem escolar. As duplas de jogadores foram organizadas da seguinte forma: i) a primeira dupla, Aluno 1 *versus* Aluno 2, foi formada por meninos que cursavam o 9º ano; ii) a segunda dupla, Aluno 3 *versus* Aluno 4, foi composta por uma menina e um menino, ambos do 7º ano; iii) na terceira dupla o Aluno 5 cursava o 7º ano e o Aluno 6 cursava o 6º ano e ambos eram meninos; iv) as duas duplas restantes (Aluno 7 *versus* Aluno 8 e Aluno 9 *versus* Aluno 10) foram formadas por três meninos e uma menina pertencentes ao segundo ciclo da Correção de Fluxo, o qual abrange o 8º e 9º anos simultaneamente. Apesar de informado, o sexo dos participantes não foi relevante para esta pesquisa. As duplas foram organizadas por série e/ ou idade, a fim de que fosse evitado qualquer tipo de favorecimento, em decorrência da diferença de maturidade. Da mesma forma ocorreu com a divisão das duplas formadas entre os alunos das séries regulares e os alunos do Programa de Correção de Fluxo, os quais encontram-se com defasagem escolar. A pesquisa não testou se o resultado sofreria alteração, caso um dos jogadores fosse beneficiado por ser o jogador mais velho ou por ser um aluno pertencente a uma turma regular jogando com um aluno do Programa de Correção de Fluxo.

Nesse experimento não computadorizado, as ações que ocorreram durante as jogadas foram coletadas por meio da filmagem das partidas e do preenchimento de uma planilha esquematizada para este fim (Scheffel, 2020). Os gráficos com as pontuações atingidas pelos estudantes, em cada um dos processos da Teoria PASS de Luria, na primeira e na última partida, estão apresentados na Figura 9. Ao aplicar, na Equação 1, a quantidade total de cada processo (QP) e a quantidade de jogadas de cada estudante (QJ), foi possível verificar o nível de cada um desses processos durante a primeira e a última partidas, de acordo com a classificação do percentual obtido, conforme apresentado na Tabela 3.

Alunos das Séries Regulares

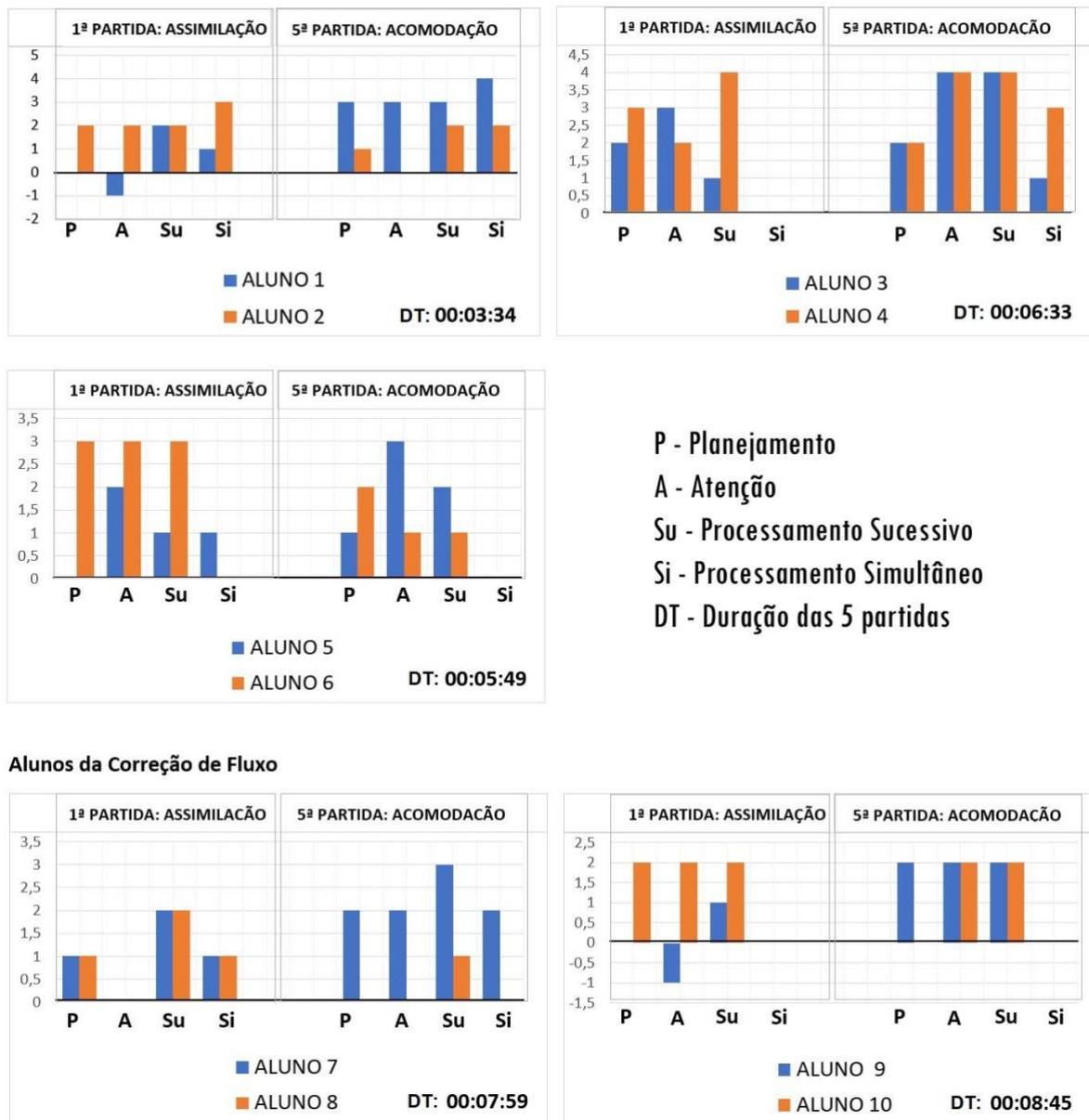


Figura 9: Pontuação das duplas de alunos em cada processo da Teoria PASS

Nos gráficos apresentados na Figura 9, a numeração descrita no eixo vertical representa a quantidade de pontos alcançados em cada um dos processos cognitivos da Teoria PASS, descritos no eixo horizontal, onde “P” representa a coluna Planejamento; “A” representa a coluna Atenção, “Su” representa a coluna Processamento Sucessivo e “Si” representa a coluna de Processamento Simultâneo, conforme indicado na legenda. Nota-se que em dois momentos a pontuação atingiu um valor negativo (-1) indicando que o aluno perdeu um ponto de atenção por não ter impedido a vitória alheia. Para impedir a vitória alheia, o jogador deveria ter colocado uma de suas peças interrompendo a sequência do outro jogador, segundo a indicação na Figura 6 da Seção 4. Também é possível notar que, em seis dos dez gráficos, a coluna do Processamento Simultâneo encontra-se vazia, indicando que não houve pontuação referente à inter relação entre estímulos percebidos, estímulos lembrados e aspectos conceituais dos estímulos, representados pela utilização, bloqueios e vitórias que envolvam os três andares do tabuleiro, como descrito nos Crivos Computacionais.

Tabela 3: Classificação das ações durante a primeira e última partidas

| Primeira Partida - Assimilação | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|----|----|-------|-----------------------|----|--------|-----------------------|----|-------|----------------------|----|-------|-----------------------|
| Planejamento | | | | Atenção | | | Sucessivo | | | Simultâneo | | | |
| Alunos | QJ | QP | X% | Classificação | QP | X% | Classificação | QP | X% | Classificação | QP | X% | Classificação |
| Aluno 1 | 3 | 0 | 33,3% | Abaixo da Média | -1 | 33,3% | Abaixo da Média | 2 | 66,7% | Acima da Média | 1 | 33,3% | Abaixo da Média |
| Aluno 2 | 3 | 2 | 66,7% | Acima da Média | 2 | 66,7% | Acima da Média | 2 | 66,7% | Acima da Média | 2 | 66,7% | Acima da Média |
| Aluno 3 | 4 | 2 | 50,0% | Média | 3 | 75,0% | Acima da Média | 1 | 25,0% | Abaixo da Média | 0 | 0% | Muito Abaixo da Média |
| Aluno 4 | 4 | 3 | 75,0% | Acima da Média | 2 | 50,0% | Média | 4 | 100% | Muito Acima da Média | 0 | 0% | Muito Abaixo da Média |
| Aluno 5 | 3 | 0 | 0% | Muito Abaixo da Média | 2 | 66,7% | Acima da Média | 1 | 33,3% | Abaixo da Média | 1 | 33,3% | Abaixo da Média |
| Aluno 6 | 4 | 3 | 75,0% | Acima da Média | 3 | 75,0% | Acima da Média | 3 | 75,0% | Acima da Média | 0 | 0% | Muito Abaixo da Média |
| Aluno 7 | 3 | 1 | 33,3% | Abaixo da Média | 0 | 0% | Muito Abaixo da Média | 2 | 66,7% | Acima da Média | 1 | 33,3% | Abaixo da Média |
| Aluno 8 | 3 | 1 | 33,3% | Abaixo da Média | 0 | 0% | Muito Abaixo da Média | 2 | 66,7% | Acima da Média | 1 | 33,3% | Abaixo da Média |
| Aluno 9 | 2 | 0 | 0% | Muito Abaixo da Média | -1 | -50,0% | Muito Abaixo da Média | 1 | 50,0% | Média | 0 | 0% | Muito Abaixo da Média |
| Aluno 10 | 3 | 2 | 66,7% | Acima da Média | 2 | 66,7% | Acima da Média | 2 | 66,7% | Above Average | 0 | 0% | Muito Abaixo da Média |
| Última Partida - Acomodação | | | | | | | | | | | | | |
| Planejamento | | | | Atenção | | | Sucessivo | | | Simultâneo | | | |
| Alunos | QJ | QP | X% | Classificação | QP | X% | Classificação | QP | X% | Classificação | QP | X% | Classificação |
| Aluno 1 | 4 | 3 | 75,0% | Acima da Média | 3 | 75,0% | Acima da Média | 3 | 75,0% | Acima da Média | 4 | 100% | Way Above Average |
| Aluno 2 | 3 | 1 | 33,3% | Abaixo da Média | 0 | 0% | Muito Abaixo da Média | 2 | 66,7% | Acima da Média | 2 | 66,7% | Acima da Média |
| Aluno 3 | 5 | 2 | 40,0% | Abaixo da Média | 4 | 80,0% | Abaixo da Média | 4 | 80,0% | Acima da Média | 1 | 20,0% | Muito Abaixo da Média |
| Aluno 4 | 5 | 2 | 40,0% | Abaixo da Média | 4 | 80,0% | Acima da Média | 4 | 80,0% | Acima da Média | 3 | 60,0% | Média |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------|---|---|-------|-----------------------|---|-------|-----------------------|---|-------|-----------------------|---|-------|-----------------------|
| Aluno 5 | 5 | 1 | 20,0% | Muito Abaixo da Média | 3 | 60,0% | Média | 2 | 40,0% | Abaixo da Média | 0 | 0% | Muito Abaixo da Média |
| Aluno 6 | 4 | 2 | 50,0% | Média | 1 | 25,0% | Abaixo da Média | 1 | 25,0% | Abaixo da Média | 0 | 0% | Muito Abaixo da Média |
| Aluno 7 | 6 | 2 | 33,3% | Abaixo da Média | 2 | 33,3% | Abaixo da Média | 3 | 50,0% | Média | 2 | 33,3% | Abaixo da Média |
| Aluno 8 | 6 | 0 | 0% | Muito Abaixo da Média | 0 | 0% | Muito Abaixo da Média | 1 | 16,7% | Muito Abaixo da Média | 0 | 0% | Muito Abaixo da Média |
| Aluno 9 | 3 | 0 | 0% | Muito Abaixo da Média | 2 | 66,7% | Acima da Média | 2 | 66,7% | Acima da Média | 0 | 0% | Muito Abaixo da Média |
| Aluno 10 | 4 | 2 | 50,0% | Média | 2 | 50,0% | Média | 2 | 50,0% | Média | 0 | 0% | Muito Abaixo da Média |

Ao aplicar, na Equação 1, a quantidade total de cada processo (QP) e a quantidade de jogadas de cada estudante (QJ) foi possível obter a classificação em que encontram-se os processos cognitivos, durante a primeira e a última partidas, conforme apresentado na Tabela 3. A classificação condizente com o percentual obtido foi apresentada na Tabela 2. No experimento, também foi verificado que todos os alunos apresentaram níveis de praxia fina muito acima da média, conforme apresentado na Tabela 4, quando calculado o percentual (X%), conforme indicado na Subseção 4.4.2. Apesar do percentual estar dentro da classificação Muito Acima da Média, houve um pequeno aumento na quantidade de quedas e/ ou esbarrões nas peças do tabuleiro, cometidas pelas duplas de alunos do Programa de Correção de Fluxo (Aluno 7 *versus* Aluno 8 e Aluno 9 *versus* Aluno 10).

Tabela 4: Observação da praxia fina no manuseio das peças

| | Nº de Jogadas | Quedas/ Esbarrões | X% | Classificação |
|----------|---------------|----------------------|-------|----------------------|
| Aluno 1 | 20 | 1 | 95,5% | Muito Acima da Média |
| Aluno 2 | 17 | 0 | 100% | Muito Acima da Média |
| Aluno 3 | 22 | 3 | 86,4% | Muito Acima da Média |
| Aluno 4 | 23 | 0 | 100% | Muito Acima da Média |
| Aluno 5 | 30 | 2 | 93,3% | Muito Acima da Média |
| Aluno 6 | 31 | 1 | 96,8% | Muito Acima da Média |
| Aluno 7 | 30 | 1 | 96,7% | Muito Acima da Média |
| Aluno 8 | 32 | 5 | 84,4% | Muito Acima da Média |
| Aluno 9 | 34 | 5 | 85,3% | Muito Acima da Média |
| Aluno 10 | 37 | 5 | 86,5% | Muito Acima da Média |

No experimento foi possível observar que os quatro alunos pertencentes ao Programa de Correção de Fluxo jogaram partidas mais longas e com jogadas aleatórias, o que presume-se que levaram mais tempo para entender o objetivo da formação sequencial. A duração de cada partida está descrita na Figura 9, por meio da sigla DT, que significa Duração Total. Também foi possível verificar que o nível de Processamento Simultâneo ficou Abaixo da Média ou Muito Abaixo da Média em sete dos dez alunos participantes, na quinta e última partida referente ao estado de acomodação, quando presume-se que eles tenham compreendido as regras do jogo. Todos os

participantes encontram-se com bons níveis de praxia fina, considerando a quantidade reduzida de esbarrões nas peças alocadas no tabuleiro ou quedas das peças em punho.

A fim de verificar, estatisticamente, se houve diferença significativa entre os níveis dos processos cognitivos analisados na primeira partida e os níveis dos processos cognitivos analisados na quinta e última partida, foram executadas análises de variância e testes de Tukey com a ajuda do Software R. O resultado da análise de variância, referente ao Planejamento em função da primeira e da última jogada, está apresentado na Tabela 5. As siglas apresentadas na Tabela 5 significam: DF representa o grau de liberdade; Soma SQ representa a soma dos quadrados dos grupos, nesse caso, os valores da primeira partida e os valores da última partida; Média SQ representa a média desses quadrados; F Valor apresenta a dispersão entre os dados e Pr(>F) representa a probabilidade do nível de significância estabelecido, 0.05 (5%), indicando que existe pelo menos uma diferença significativa entre os dois grupos. O resultado do teste de Tukey, referente ao Planejamento, será apresentado na Tabela 6.

Tabela 5: Análise de Variância - Planejamento em função da primeira e última jogadas

| | DF | Soma SQ | Média SQ | F Valor | Pr(>F) |
|-----------|----|---------|----------|---------|--------|
| Aluno 1 | 1 | 0.9643 | 0.9643 | 6.429 | 0.05 |
| Resíduos | 5 | 0.7500 | 0.1500 | | |
| Aluno 2 | 1 | 0.1667 | 0.1667 | 0.5 | 0.519 |
| Resíduos | 4 | 1.3333 | 0.3333 | | |
| Aluno 3 | 1 | 0.0222 | 0.02222 | 0.071 | 0.798 |
| Resíduos | 7 | 2.2000 | 0.31429 | | |
| Aluno 4 | 1 | 0.2722 | 0.2722 | 0.977 | 0.356 |
| Resíduos | 7 | 1.9500 | 0.2786 | | |
| Aluno 5 | 1 | 0.075 | 0.0750 | 0.562 | 0.482 |
| Resíduos | 6 | 0.800 | 0.1333 | | |
| Aluno 6 | 1 | 0.125 | 0.125 | 0.2 | 0.67 |
| Resíduos | 6 | 3.750 | 0.625 | | |
| Aluno 7 | 1 | 0 | 0.0000 | 0 | 1 |
| Resíduos | 7 | 2 | 0.2857 | | |
| Aluno 8 | 1 | 0.2222 | 0.22222 | 2.333 | 0.17 |
| Resíduos | 7 | 0.6667 | 0.09524 | | |
| Aluno 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Resíduos | 3 | 0 | 0 | | |
| Aluno 10 | 1 | 0.000 | 0.0000 | 0 | 1 |
| Residuals | 4 | 1.333 | 0.3333 | | |

Tabela 6: Teste de Tukey - Verificação de diferença significante de Planejamento em função da primeira e última jogadas

| | Match | | Groups |
|---------|-------------|------|--------|
| Aluno 1 | First Match | 0.00 | b |
| | Last Match | 0.75 | a |

| | | | |
|----------|-------------|-----------|---|
| Aluno 2 | First Match | 0.6666667 | a |
| | Last Match | 0.3333333 | a |
| Aluno 3 | First Match | 0.5 | a |
| | Last Match | 0.4 | a |
| Aluno 4 | First Match | 0.75 | a |
| | Last Match | 0.40 | a |
| Aluno 5 | First Match | 0.0 | a |
| | Last Match | 0.2 | a |
| Aluno 6 | First Match | 0.75 | a |
| | Last Match | 0.50 | a |
| Aluno 7 | First Match | 0.3333333 | a |
| | Last Match | 0.3333333 | a |
| Aluno 8 | First Match | 0.3333333 | a |
| | Last Match | 0.0000000 | a |
| Aluno 9 | First Match | | |
| | Last Match | * | |
| Aluno 10 | First Match | 0.6666667 | a |
| | Last Match | 0.6666667 | a |

* Absence of value

A análise de variância e o teste de Tukey mostraram que as médias dos níveis de Planejamento, na primeira e na última partida, não apresentaram diferença significativa, permanecendo no mesmo agrupamento (a), com exceção do Aluno 1. Sendo assim, verificou-se que os alunos continuaram com os mesmos níveis de Planejamento na última partida, cujas regras do jogo já haviam sido compreendidas. Da mesma forma foram feitas as análises de variância e os testes de Tukey com os processos cognitivos Atenção, Processamento Sucessivo e Processamento Simultâneo. As análises referentes à Atenção mostraram que apenas o Aluno 1 apresentou diferença significativa entre os níveis de atenção empregados na primeira e na última partida. Quanto ao Processamento Sucessivo, as análises mostraram que nenhum aluno apresentou diferença significativa entre as partidas. Nas análises referentes ao Processamento Simultâneo, o Aluno 4 foi o único que apresentou diferença significativa entre os níveis verificados na primeira e na última partida.

6 Ameaças à Validade do Estudo

Segundo Mafra e Travassos (2006), existem quatro tipos de ameaças à validade do estudo que devem ser previstas e tratadas durante o planejamento da investigação experimental: Ameaça Interna; Ameaça Externa; Ameaça por Construção e Ameaça por Conclusão. O propósito de analisar as ameaças à validade do estudo é evitar o comprometimento dos resultados da pesquisa, uma vez que a “validade de um experimento está relacionada ao nível de confiança que se pode ter no processo de investigação experimental como um todo” (Lima, Neto & Emer, 2014, p. 4).

6.1 Ameaça Interna

Lima, Neto e Emer (2014) citaram aspectos que podem ameaçar a validade de uma pesquisa, de forma interna, os quais foram seguidos neste trabalho. O instrumento foi o jogo *Hash 3D*, cujas partidas foram filmadas e todas as ações dos alunos foram, posteriormente, analisadas e anotadas em planilhas esquematizadas para este fim. A seleção é um aspecto importante para garantir que os participantes sejam escolhidos de forma aleatória e, portanto, os participantes do experimento foram escolhidos por adesão. O convite foi feito diante de algumas turmas que tinham, no mínimo, vinte alunos presentes e os primeiros interessados foram convidados a comparecer no local e horário definidos, dentro da Unidade Escolar, com a autorização dos responsáveis. Outro aspecto

refere-se à contaminação. Neste caso, os alunos que concluíram a participação no experimento não tinham contato com os alunos que aguardavam para participar. O experimento aconteceu na sala de robótica, preparada para receber apenas os alunos participantes, situada em bloco diferente do bloco onde acontecem as aulas regulares. Essa configuração proporcionou a ausência de interferências externas, como a entrada inesperada de pessoas e ruídos altos. Não houve mortalidade seletiva e/ ou evasão de participantes por se tratar de um experimento de momento único. Não houve diferença na forma de atendimento aos alunos, portanto, não houve ameaça interna à validade do estudo.

6.2 Ameaça Externa

Ameaças Externas limitam a generalização dos resultados. Dentre os fatores mais importantes, são destacadas: i) os participantes escolhidos não refletem o comportamento da população ou uso de amostra que não represente a população de forma quantitativa ou qualitativa; ii) restrições de tempo e iii) realização de experimentos em ambientes distantes do ideal ou utilização de instrumentos distantes da realidade (Lima, Neto & Emer, 2014). Nesta pesquisa foram convidados alunos da rede pública de ensino para representar essa categoria de estudantes menos favorecidos economicamente, tanto os que estavam cursando as séries regulares, quanto os alunos que participavam do Programa de Correção de Fluxo. O experimento não contemplou um maior número de estudantes porque o objetivo foi a testagem do jogo proposto e não a comparação entre amostras. Além disso, o experimento aconteceu em um local ideal para os estudantes, por se tratar do ambiente escolar familiar à eles. Sendo assim, não houve ameaça externa à validade do estudo.

6.3 Ameaça por Construção

Segundo Lima, Neto e Emer (2014), são fatores que ameaçam à validade da pesquisa em termos de construção: i) a má definição da base teórica; ii) participantes que podem modificar as suas ações em prol do melhor desempenho, por conhecerem as hipóteses da pesquisa e iii) participantes que podem estar envolvidos em outros experimentos. Esta pesquisa contou com um grande investimento de tempo e de análise de metodologias, para garantir a seleção de teorias consolidadas, capazes de fundamentar a proposta. Os alunos que participaram do experimento não conheciam a pesquisa e, naquele momento, não participavam de outro experimento, conseqüentemente, não houve ameaça por construção à validade do estudo.

6.4 Ameaça por Conclusão

A Ameaça por Conclusão requer a correta análise e interpretação estatística do resultado, possibilitando o alcance de uma conclusão correta sobre o estudo. O foco do experimento concentrou-se na testagem do jogo, embora os resultados provenientes dessa testagem possam contribuir para uma reflexão sobre o tema. Por esse motivo, os dados gerados na interação dos alunos com o jogo, durante o experimento, passaram por análises estatísticas a fim de garantir uma conclusão realista do que foi verificado.

7 Limitações e Trabalhos Futuros

A pandemia de Covid-19 representa a maior dificuldade que esta pesquisa sofreu, uma vez que o isolamento social instituído interrompeu o processo de implementação da versão computadorizada do *Hash 3D* e eliminou qualquer chance de aplicação de novos testes com novos estudantes voluntários dentro do prazo estabelecido. Diante dessas circunstâncias, este trabalho apresenta as seguintes possibilidades de trabalhos futuros: i) geração de novos *Jogos Inteligentes Tangíveis*; ii) realização de novos testes em maior quantidade de estudantes; iv) comparação de

sua aplicação aos testes cognitivos consolidados; iii) estudos mais profundos na área da educação e outras áreas como a psicologia e fonoaudiologia.

8 Conclusões

Esta pesquisa apresenta o Método para Desenvolvimento de Jogos Inteligentes Tangíveis (MDJIT), um artefato desenvolvido com a metodologia DSR para produção de ferramentas de mensuração cognitiva, lúdicas e tangíveis, cujo design remete aos brinquedos tradicionais de madeira, ao mesmo tempo que utiliza recursos tecnológicos e inovadores. O desenvolvimento de artefatos que visam compreender os processos cognitivos pode contribuir na identificação de funções cognitivas subutilizadas, auxiliando na escolha de ações direcionadas ao que está prejudicando a aprendizagem, da mesma forma que fazemos exames que nos conduzem às atitudes específicas para melhorar e/ou prevenir problemas. No teste com a versão não computadorizada do *Hash 3D*, as ações ocorridas no jogo sugerem que não houve aumento considerável dos níveis dos processos cognitivos Planejamento, Atenção, Processamento Sucessivo e Processamento Simultâneo, com exceção do Aluno 1, quando comparados os resultados da primeira partida (assimilação) e da quinta e última partida (acomodação). O experimento mostrou que a maioria dos participantes, apesar de estarem jogando conscientemente para ganhar, não teve aumento considerável na pontuação de cada um dos processos cognitivos observados, porque esses processos cognitivos não foram utilizados da forma que poderiam ser para melhor desempenho. Além disso, os bons níveis de praxia fina sugerem que a subutilização dos processos cognitivos in loco não é proveniente de dificuldades motoras. Usar a tecnologia para identificar esses fatores nos oferece uma chance de tentar reduzir a desigualdade da capacidade intelectual gerada pela desigualdade na oferta de ambiente sadio e estimulante para a aprendizagem.

Agradecimentos

Agradecemos aos alunos da rede pública de ensino de Macaé – RJ, pela aceitação espontânea e participação neste projeto, e ao Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais - NCE/ UFRJ.

Artigo Premiado Estendido

Esta publicação é uma versão estendida do 1º melhor artigo de Mestrado do Concurso de Teses e Dissertações do Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação (WCBIE) 2021, intitulado “Jogos Inteligentes Tangíveis como Instrumento de Mensuração Cognitiva”, DOI: [10.5753/wcbie.2021.218785](https://doi.org/10.5753/wcbie.2021.218785).

References

- Alves, A., Gomes, C., Martins, A., & Almeida, L. (2017). Cognitive performance and academic achievement: How do family and school converge? *European Journal of Education and Psychology*, 10(2), 49–56. doi: [10.1016/j.ejeps.2017.07.001](https://doi.org/10.1016/j.ejeps.2017.07.001) [GS Search]
- Bracken, S., & Fischel, J. (2008). Family Reading Behavior and Early Literacy Skills in Preschool Children From Low-Income Backgrounds. *Early Education and Development*, 19(1), 45–67. doi: [10.1080/10409280701838835](https://doi.org/10.1080/10409280701838835) [GS Search]

- Cruz, V. (2007). O Cognitive Assessment System como instrumento de avaliação psicológica. *Psic: revista da Vetor Editora*, 8(1), 31-40. [[GS Search](#)]
- Das, J. P., Naglieri, J. A., Kirby, J. R. (1994). *Assessment of Cognitive Processes: The PASS Theory of Intelligence*. Boston: Allyn & Bacon.
- Dresch, A., Lacerda, D. P., & Antunes Jr, J. A. V. (2015). *Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia*. Porto Alegre: Bookman.
- Felipe, E., Massa, S., & Rico, C. A. (2018). *Pervasive Serious Game for Development Skills in Computer Networking*. IEEE Biennial Congress of Argentina 2018, 1–7. doi: [10.1109/ARGENCON.2018.8646130](https://doi.org/10.1109/ARGENCON.2018.8646130) [[GS Search](#)]
- Fernandes, R. M. M. (2019). *O desenvolvimento da competência narrativa com o uso de modelos neurocientífico-pedagógicos apoiados pela tecnologia*. 275 f. Dissertação (Mestrado em Informática) - Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Fonseca, V. (2012). *Manual de Observação Psicomotora: significação psiconeurológica dos fatores psicomotores*. 2. ed. Rio de Janeiro: Wak Editora.
- Gentner, D. & Stevens, A. L. (2014). *Mental Models*. New York: Psychology Press.
- Gibson, J. J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Inhelder, B. et al. (1996). *O Desenvolver das descobertas da criança: pesquisa acerca das microgêneses cognitivas*. Trad. Eunice Gruman. Porto Alegre: Artes Médicas.
- Ismail, K. B. H. & Keat, O. B. (2008). The Intelligence Of Children With Reading Difficulties (rd) By Cognitive Assessment System (CAS). *Journal of Social Sciences and Humanities*, 3(3), 1–14. [[GS Search](#)]
- Jordà, S. et al. (2005). The reactable. In *ICMC*. [[GS Search](#)]
- Krause, K. K. G., Hounsell, M. S., & Gasparini, I. (2020). Um Modelo para Inter-relação entre Funções Executivas e Elementos de Jogos Digitais. In *Revista Brasileira de Informática na Educação – RBIE*, 28, 596–625. doi:[10.5753/rbie.2020.28.0.596](https://doi.org/10.5753/rbie.2020.28.0.596) [[GS Search](#)]
- Lemos, M. K., Motta, C. L. R., Marques, C. V. M., Oliveira, C. E. T., Fóes, M., & Silva, J. O. P. (2014). Fio Conductor Microgenético: uma técnica para a mediação metacognitiva em jogos computacionais. In *Revista Brasileira de Informática na Educação – RBIE*, 22(1), 1–17. doi: [10.5753/rbie.2014.22.01.1](https://doi.org/10.5753/rbie.2014.22.01.1) [[GS Search](#)]
- Lima, V. C. M., Neto, A. G. S. S., & Emer, M. C. F. P. (2014). Investigação experimental e práticas ágeis: ameaças à validade de experimentos envolvendo a prática ágil Programação em par. In *Revista Eletrônica de Sistemas de Informação*, 13(1). doi: [10.21529/RESI.2014.1301005](https://doi.org/10.21529/RESI.2014.1301005) [[GS Search](#)]
- Lumsden, J., Edwards, E. A., Lawrence, N. S., Coyle, D., & Munafò, M. R. (2016). Gamification of cognitive assessment and cognitive training: a systematic review of applications and efficacy. *JMIR Serious Games*, Toronto, 4(2). doi: [10.2196/games.5888](https://doi.org/10.2196/games.5888) [[GS Search](#)]
- Luria, A. (1966). *Human Brain and Psychological Processes*. 1ª. ed. New York: Harper & Row.
- _____. (1973). *The Working Brain: an introduction to neuropsychology*. New York: Basic Books.
- Mafra, S. N. & Travassos, G. H. (2006). Estudos primários e secundários apoiando a busca por evidência em engenharia de software. Relatório Técnico 087/06. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro. [[GS Search](#)]

- Marques, C. (2017). *EICA – Estruturas Internas Cognitivas Aprendentes: Um Modelo Neuro-Computacional aplicado à instância psíquica do Sistema Pessoa em Espaços Dimensionais*. Tese de Doutorado. COPPE/ UFRJ, Rio de Janeiro.
- Marques, C. V. M., Calil, E. & Brasil, G. (2015). Jogo Inteligente: conceito e aplicação. *Seminário de Jogos Eletrônicos, Educação e Comunicação*, 162–171. [GS Search]
- Mennucci, S. (1934). *A Crise Brasileira da Educação*. 2. ed. São Paulo: Piratininga.
- Montessori, M. (1916). *The Montessori Method*. New York: Frederick A. Stokes Company.
- Naglieri, J. A. et al. (1997). Cognitive Assessment System. [GS Search]
- Naglieri, J. A. (1999). How Valid is the PASS Theory and CAS? *School Psychology Review*, 28(1), 145–162, doi: [10.1080/02796015.1999.12085953](https://doi.org/10.1080/02796015.1999.12085953) [GS Search]
- Naglieri J. A. (2001). Cognitive Assessment System (CAS). In *Dorfman W.I., Hersen M. (eds) Understanding Psychological Assessment. Perspectives on Individual Differences*. Boston: Springer. doi: [10.1007/978-1-4615-1185-4_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1185-4_12) [GS Search]
- Norman, D. A. (1988). *The Psychology of Everyday Things*. New York: Basic Books.
- OCDE (2019). Results from PISA 2018. *Country Note – Brazil*. Paris: OECD Publishing. Recuperado de https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_BRA.pdf
- Organização Pan-Americana da Saúde – OPAS (2021). *Folha informativa – COVID-19* (doença causada pelo novo coronavírus). Recuperado de https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=6101:covid19&Itemid=875
- Oxford, M., & Lee, J. (2011). The effect of family processes on school achievement as moderated by socioeconomic context. *Journal of School Psychology*, 49(5), 597–612. doi:[10.1016/j.jsp.2011.06.001](https://doi.org/10.1016/j.jsp.2011.06.001) [GS Search]
- Pereira, W. S., Cysneiros, G., & Aguiar, Y. C. (2019). Diretrizes para o Desenvolvimento de *Serious Games*: Um Mapeamento Sistemático da Literatura. In *Anais do SBIE 2019*, 714–722. doi:[10.5753/cbie.sbie.2019.714](https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2019.714) [GS Search]
- Piaget, J. (1976). *A Equilíbrio das Estruturas Cognitivas: Problema Central do Desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Zahar Editores.
- Rizzo, A. (2006). The origin and design of intentional affordances. In *Proceedings of the 6th conference on Designing Interactive systems (DIS '06)*. Association for Computing Machinery, 239–240. doi:[10.1145/1142405.1142407](https://doi.org/10.1145/1142405.1142407) [GS Search]
- SBP. (2019). *Manual de Orientação #Menos Telas #Mais Saúde*. Sociedade Brasileira de Pediatria (SBP). Grupo de Trabalho Saúde na Era Digital 2019/ 2021. Recuperado de https://www.sbp.com.br/fileadmin/user_upload/_22246c-ManOrient_-_MenosTelas_MaisSaude.pdf
- Scheffel, E. J. S. (2020). *Jogos Inteligentes Tangíveis como Instrumento de Mensuração Cognitiva*. Dissertação (Mestrado em Informática) – Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, UFRJ, Rio de Janeiro.
- Scheffel, E. J. S., Motta C. L. R., Oliveira, C. E. T. e Marques, C. V. M. (2020). O Processo de Construção do Jogo Inteligente Tangível: Hash 3D. In *Anais do SEMISH 2020*, 13–24. doi:[10.5753/semish.2020.11313](https://doi.org/10.5753/semish.2020.11313) [GS Search]
- Seminério, F. L. P. et al. (1987). *Elaboração Dirigida: um caminho para o desenvolvimento metaprocessual da cognição humana*. ISOP 10. Rio de Janeiro: FGV.

Simon, H. A. (1981). *As Ciências do Artificial*. São Paulo: Almedina.