

# Análise de Funções Executivas em Jogos Digitais

Katiane Kazuza Gneipel Krause  
Depto. de Terapia Ocupacional  
Faculdade Guilherme Guimbala  
Joinville, SC, Brasil  
kati.kazuza@gmail.com

Isabela Gasparini  
Depto. de Ciências da  
Computação  
Universidade do Estado de Santa  
Catarina  
Joinville, SC, Brasil  
isabela.gasparini@udesc.br

Marcelo da Silva Hounsell  
Depto. de Ciências da  
Computação  
Universidade do Estado de Santa  
Catarina  
Joinville, SC, Brasil  
marcelo.hounsell@udesc.br

**Resumo**— O objetivo deste tutorial de nível básico é mostrar, a game designers bem como a educadores, como identificar aspectos cognitivos em jogos digitais, seja para seleção de jogos na estimulação cognitiva ou, como estes aspectos se desdobram em elementos de design de jogos para projeto de novos jogos sérios. Para tal, parte-se dos conceitos e desdobramentos sobre a cognição sob a perspectiva das Funções Executivas, seguido da enumeração de componentes dos principais elementos de design de jogos, com foco em mecânicas e no level design e, por fim, mostra-se como estas duas dimensões vêm sendo relacionadas na literatura, perfazendo assim, duas horas de discussão e questionamentos.

**Palavras-chave** — *game design, jogos sérios, cognição*

## I. INTRODUÇÃO

Se você é game designer, se interessa pelos aspectos sérios de jogos digitais ou é educador (professor, psicólogo, terapeuta ocupacional, dentre outros) e pensa em usar jogos digitais para estimulação cognitiva de pacientes/estudantes, então este tutorial é destinado a você, pois apresenta os mais recentes achados científicos relacionando estas duas temáticas partindo desde a construção do referencial teórico até a determinação de componentes específicos para estimular aspectos específicos.

O termo “funções executivas” pode não ser tão comum, mas a vivência desse conceito perfaz as ações cotidianas, em diferentes níveis. Considerada habilidades cognitivas superiores ou nobres, estas funções possibilitam, quando estimuladas e habilitadas, responder com maior assertividade e flexibilidade às demandas complexas cotidianas, tais quais, solucionar problemas, antever ações, elaborar estratégias para atingir um objetivo, analisar vantagens e desvantagens, administrar as emoções em situações adversas ou conflitantes, ampliar conceitos, manter-se focado, dentre várias outras habilidades [1]. Por estas características, as FE possuem relação direta com o desempenho escolar e profissional. No entanto, as FE, para serem efetivas, requerem ser estimuladas e exercitadas por meio de situações não habituais ou rotineiras [2].

De outro lado há os jogos digitais, que através dos elementos de design criam variados contextos de

jogabilidade de maneira a requerer diferentes habilidades dos jogadores [3], mas que, essencialmente, envolvem a autogestão do comportamento para se adaptar às regras do jogo e a elaboração de estratégias para atingir a meta final ou objetivo.

Neste sentido, parece haver uma interseção entre estes dois atores [4], e é neste aspecto que o tutorial colocará luz, abordando os seguintes tópicos:

- Comportamento automatizado e não automatizado;
- Funções executivas (FE);
- Elementos de design de jogos digitais (JD);
- Mecânica e level design;
- Relação entre FE e JD;
- Processo de análise das FE em JD.

Observa-se que os elementos de mecânica e *level design* receberam ênfase neste estudo. A justificativa centra-se no constructo de mecânica de jogo delimitar as condições e restrições sob as quais o jogador deverá pautar suas ações a fim de atingir a meta [5]. Por exemplo, ao coletar itens e simultaneamente eliminar inimigos, desviando de obstáculo e buscando pela trajetória ótima. Ainda, contemplando a análise da dinâmica do jogo, acrescenta-se o fator de *level design*, que incorpora a progressividade do jogo, em termos de dificuldade, seja com a presença de tempo de resposta, velocidade de aparição dos elementos ou mesmo a quantidade de objetivos a serem atingidos numa mesma fase [6].

Como apontado, o jogo por si, possui a característica central de requerer variados níveis de tomada de decisão do jogador, contudo, para saber em que grau de complexidade isto é demandado, se faz necessário analisar quais destas características impactam ou se relacionam com aqueles atributos que estimulam (ou demandam) as funções executivas [7].

Almeja-se que o contato com esta proposição, ofertado por meio do tutorial, possibilite que desenvolvedores de jogos e educadores ampliem seu olhar a respeito do uso de jogos digitais para a estimulação de habilidades cognitivas.

## II. METODOLOGIA

O tutorial contemplou o tempo de duas horas de duração, com as ideias apresentadas de forma expositiva e ilustrativa e a possibilidade de questionamentos ou discussão ao final. Exemplificação de alguns jogos digitais analisados e referências para apoio de pesquisa do tema fazem parte dos aspectos ilustrativos. O conteúdo deste tutorial é vislumbrado como oferta em nível básico, sendo oportuno para pessoas leigas ou experientes nesta temática.

## III. REFERENCIAIS TEÓRICOS

Para executar a análise do jogo digital, com enfoque nos aspectos cognitivos, parte-se da diferenciação do nível de atenção requerido em cada mecânica do jogo. Neste sentido, é importante compreender que comportamentos automatizados requerem menor nível de atenção do que comportamentos não habituais ou inesperados. Entende-se como um comportamento automatizado um hábito ou o “programa mental” aprendido e reforçado. Neste caso, as situações ou ambientes são conhecidos e as ações podem ser previstas, uma vez que possuem a tendência da repetição. Este tipo de processamento da informação é útil do ponto de vista de economia de energia e espaço, pois não requer uma análise aprofundada dos fatos.

Entretanto, diante situações novas, inesperadas ou não habituais, estes “programas mentais” podem não ser adequados ou funcionais, exigindo outra forma de processamento da informação, que articule as situações previamente vividas e a elaboração de novas respostas ou comportamentos. Ou seja, é necessário rever o plano, analisar informações disponíveis, selecionar, analisar vantagens e consequências, para então, decidir e colocar o novo plano em ação [2]. Pela demanda destas tarefas adicionais, o nível de atenção requerido torna-se mais elevado, uma vez que o foco e o gerenciamento das tarefas em curso se fazem necessários.

As funções executivas contemplam a atenção explícita, ou seja, a atenção voluntária direcionada para objetivos, ou necessária para gerenciar as situações não habituais. Estas funções são compostas por três componentes básicos [1], a citar:

(a) controle inibitório; função de inibir a comportamentos preponderantes, impulsivos ou tendenciosos, controlar a ação de ir/não ir, tomada de decisão rápida, resistência a distrações e seleção dos aspectos relevantes e irrelevantes para ação em curso;

(b) memória de trabalho; memória transitória que possibilita manipular e manter a informação relevante para ação, sequenciar e situar-se as etapas durante a execução de tarefa;

(c) flexibilidade cognitiva; função de alternar entre objetivos sem confundir etapas; mudar a perspectiva espacial ou conceitual de uma situação ou objeto, analisar e corrigir erros, tomada de decisões complexas e análise de vantagens e desvantagens.

Para facilitar a identificação destas características nos jogos digitais, foi proposto o Modelo de Interação Cognitiva Jogo-Jogador (IcJJ) [4], desenvolvido com base na análise de um conjunto de artigos científicos que

utilizavam os jogos digitais para o estudo das funções executivas. Alguns destes jogos construídos especificamente para o experimento, outros tratavam de jogos digitais comerciais e para o rastreamento das funções executivas em estudo contemplavam exames neurológicos por imagem, testes psicológicos e funcionais. A identificação das mecânicas se deu observando a descrição sobre o funcionamento do jogo e das tarefas ofertadas ao jogador, transformando-as em verbos [4]. Inicialmente o modelo continha 22 mecânicas, que, por meio de workshop para validação com estudiosos da área, foram condensadas e reduzidas, de tal forma que o modelo IcJJ é composto por dois artefatos descritivos e contextualizados com 12 mecânicas de jogos digitais e 8 estratégias de *level design*, ambos correlacionados com os constructos das funções executivas. O Quadro I apresenta a descrição das mecânicas contidas no modelo [4]:

Quadro I  
MECÂNICAS DO MODELO IcJJ

Mecânica (M <sub>x</sub> )	Descrição	Função Executiva
<b>Ma – Reação rápida</b>	Saltar, pular entre plataformas; Desviar de obstáculos ou elementos que interferem na atenção (distração); Ser induzido a manter ações e repentinamente ter de suspendê-las por um tempo, voltando a ação anterior induzida. Requer responder rapidamente ao estímulo, sem que precise analisar as consequências da ação, senso de prontidão para agir diante do estímulo alvo. Por exemplo, se x, faço.	<b>Controle Inibitório</b> <b>Flexibilidade Cognitiva</b>
<b>Mb - Agir e reagir conforme regra ativa ou inibitória</b>	Navegar capturando alvos (x) e desviar de obstáculos, inimigos (y); Selecionar (escolher) elementos alvo entre elementos de distração ou de indução ao erro. Requer agir conforme duas regras antagônicas, uma positiva e outra negativa, neste caso, há elemento de restrição da ação. Por exemplo, se x faço (ação e ganha); se y, não faço (suspensão) e se fizer perco.	<b>Controle Inibitório</b> <b>Memória de Trabalho</b> <b>FE gerais</b>
<b>Mc - Alternar ações conforme regras modificáveis ou conflitantes (inversas)</b>	Aprende padrão de ação e depois esse padrão é alterado (inverte), depende do fator tempo de aprendizado entre as fases ou níveis; Tarefas que requerem alternar ações, movimentos ou padrões; Alternar lados do corpo com ação espacialmente correspondente, por exemplo, apanhar com a mão esquerda objetos à esquerda da tela e pegar com a mão direita objetos à direita da tela; Requer modificar os padrões de ação e estratégias para atingir o objetivo devido alteração na função do personagem. Por exemplo, numa fase o jogador desempenha papel de chefe de uma empresa e gerenciar pessoas, depois, no mesmo jogo, passa a ser	<b>Controle Inibitório</b> <b>Flexibilidade Cognitiva</b>

	um funcionário que cumpre ordens e na fase seguinte, essas regras se invertem. Se $x$ e $T_1$ , faço; se $x$ e $T_2$ , não faço.	
<b>Md - Mirar e atingir</b>	Situações que requerem analisar e selecionar (posição alvo, ângulo de lançamento) antes de executar a ação; Requerem precisão e estratégia visomotora; Envolve lançamentos horizontais. Por exemplo, manejar arco-flecha, catapulta, arma, estilingue, etc. Se $x$ , quando $T$ , então faço.	<b>Controle Inibitório</b>
<b>Me - Gerenciar fatores externos que interferem no progresso ou sucesso da tarefa em curso (objetivo)</b>	Situações em que a atenção no contexto geral (variável) é o fator mais importante durante a execução para o sucesso da tarefa; Requer monitoramento prolongado associado a reação rápida; Envolve situações de aleatoriedade e randomicidade. Por exemplo, resgatar um soldado (objetivo), desviando de obstáculos (trajeto) atirando e se protegendo dos inimigos que não se tem previsão do local de surgimento, rota e frequência de aparição; dirigir um automóvel num simulador de trânsito com presença de variáveis não controláveis pelo jogador (ciclistas, pedestres, semáforos, animais, etc). É a versão da Mb com objetivos maiores e que podem transpor a fase ou nível.	<b>Flexibilidade Cognitiva</b>
<b>Mf - Planejar as ações antes de executá-las, buscando o melhor trajeto ou solução ótima</b>	Dadas várias possibilidades, encontrar a que requer menor gasto ou o maior ganho; Antever os passos necessários para atingir o objetivo, ordenando-os. Por exemplo, se $x$ , então $y = k, t, w, \dots, n$ , sendo que existe $y$ ótimo.	<b>Memória de Trabalho</b> <b>Flexibilidade Cognitiva</b>
<b>Mg - Resolver enigmas ou identificar padrões lógicos</b>	Decifrar charadas, analisar sequências e situações buscando regras e padrões de repetição. Requer construir mentalmente várias soluções ou regras que justificam a recorrência de aparição; procurar similaridade ou correspondência. Por exemplo, se $a_i \rightarrow b_i$ , com $i=1, \dots, n$ , então existe $A \rightarrow B$ .	<b>Memória de Trabalho</b> <b>Flexibilidade Cognitiva</b>
<b>Mh - Rotacionar mentalmente objetos, buscando a solução ótima</b>	Requer imaginar espacialmente as faces e ângulos de objetos ou peças que se encaixam ou são complementares; Simular espacialmente diferentes pontos de vista; completar espacialmente formas e figuras. Por exemplo, jogos de encaixe, quebra-cabeça.	<b>Flexibilidade Cognitiva</b>

<b>Mi - Recordar sequência de tarefas a cumprir</b>	Durante a execução, ter que recordar quais passos já foram executados e quais precisam ser cumpridos, e em qual ordem/sequenciamento; Recordar itens/objetos que precisam ser selecionados; Recordar regras, objetivos/metast, missão ou condições de resolução; Requer suspender uma ação por um período de tempo e acioná-la posteriormente, agindo oportunamente, sendo este tempo de suspensão maior que o tempo de reação. Por exemplo, estar lutando com inimigos e lembrar que determinado objeto na cena vale pontos extras; recordar a ordem das missões sem o recurso de dicas; passos para elaboração de receita.	<b>Controle Inibitório</b> <b>Memória de Trabalho</b>
<b>Mj - Imitar sequência motora de um avatar</b>	Repetir os movimentos corporais instruídos no jogo (conjunto e/ou sequências de setas ou do avatar), executar coreografia. Por exemplo, jogos de dança, nos quais as personagens fazem os movimentos e o jogador precisa repetir.	<b>Memória de Trabalho</b>
<b>Mk - Resistir a opções de domínio ou confortáveis para executar tarefas necessárias</b>	Resistir à tentação de repetir o que sabe (domínio) ou fazer o percebido como mais fácil, mesmo não sendo o correto ou ótimo. É uma mecânica que pode não ser explícita (percebida) pelo jogador.	<b>Controle Inibitório</b>
<b>Ml - Parear informação (tem-não tem) observando diferenças ou similaridades entre cenas ou objetos</b>	Similar ao jogo de sete erros, requer descobrir elementos faltantes ou incoerentes; Identificar elementos faltantes em comparação com cena padrão (imaginária, do cotidiano). Por exemplo, observar que há talheres ausentes na mesa de refeição. Se $a_i$ está contido em $A$ , então $a_i$ está contido em $A$ .	<b>Memória de Trabalho</b>

Em relação ao *level design*, a descrição segue o mesmo padrão, que incluem as estratégias de [8]:

- $Ld_1$  – Tarefa ou ação com tempo
- $Ld_2$  – Velocidade de aparição dos objetos e ritmo do jogo
- $Ld_3$  – Características do elemento alvo
- $Ld_4$  – Quantidade de tarefas distintas (missão), etapas ou elementos alvo
- $Ld_5$  – Condições e restrições relacionadas com a situação de vitória ou derrota
- $Ld_6$  – Elementos de indução ao erro (distracção) ou

- obstáculos
- Ld<sub>7</sub> – Pista Cognitiva
- Ld<sub>8</sub> – Feedback

Por exemplo, aplicando o modelo IcJJ na análise do jogo digital “Fruit Ninja” tem-se que o mesmo apresenta potencial para exercitar o controle inibitório dos jogadores. O “Fruit Ninja” consiste em cortar o maior número de frutas que surgem na tela, dentro de um tempo específico, sem cortar (ou tocar) as bombas que se misturam nas frutas ofertadas dinamicamente (Fig. 1).



Fig. 1. Tela de uma versão do Jogo Fruit Ninja<sup>1</sup>

Assim, pelo modelo IcJJ, duas mecânicas (Mx) são identificadas:

- Ma: Reação rápida (relacionada com o controle inibitório e flexibilidade cognitiva)
- Mb: Agir e reagir conforme regra ativa ou inibitória (relacionada com o controle inibitório e memória de trabalho)

Neste caso, ambas mecânicas estão relacionadas com o controle inibitório e potencializadas pela estratégia de *level design*, como presença de tempo, velocidade progressiva de aparecimento dos objetos alvo e elementos de indução ao erro (distradores).

É importante salientar que o modelo IcJJ foi desenvolvido com base em jogos não complexos. Ou seja, jogos digitais pervasivo, geolocalizados ou online multijogador massivo não foram considerados no escopo de estudo.

Tomemos outro exemplo de análise de jogos digital, em relação ao potencial para aspectos cognitivos, o denominado Gramágica, um jogo digital sério desenvolvido no Laboratório ThinkTed da Universidade do Estado do Amazonas [9], com intuito de exercitar aspectos ortográficos da língua portuguesa. Caracterizando em uma narrativa de aventura, o objetivo do jogo consiste em coletar armas, diamantes e dicas (gramática), conforme a navegação pelos labirintos, para acessar os portais (mudança de nível/fase). No cenário, surgem aranhas (inimigos) que reduzem a força da personagem (penalidade). O deslocamento ocorre por

plataformas fixas e móveis, sendo possível pular ou andar, além de escolher a trajetória. A quantidade de objetos a serem coletados e de aranhas são progressivos (Fig.2).

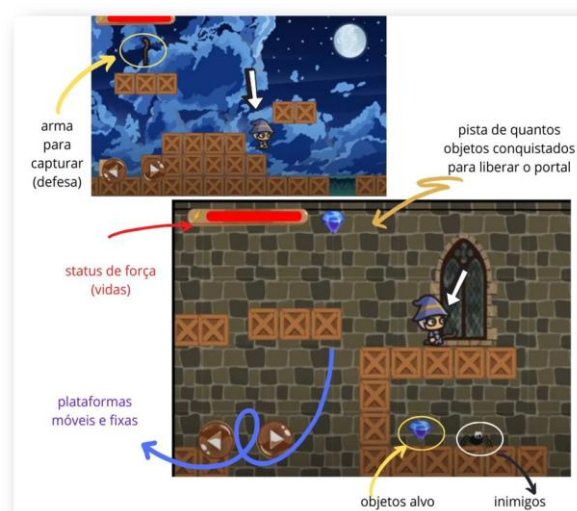


Fig.2. Interface do jogo Gramágica

Comparando a descrição das mecânicas do jogo com o descritivo do modelo IcJJ, pode-se estabelecer a seguinte relação:

**Mb:** Agir e reagir conforme regra ativa ou inibitória. Envolve controle inibitório e memória de trabalho.

Justificativa: coletar os objetos alvo (diamantes, armas e dicas) é ação ativa quando os elementos surgem no cenário, ao mesmo tempo, as aranhas impõe penalidade, logo, devem ser evitadas (ação inibitória).

**Mf:** Planejar as ações antes de executá-las, buscando o melhor trajeto ou solução ótima. Envolve flexibilidade cognitiva e memória de trabalho.

Justificativa: o fato das plataformas serem móveis, permitirem ou bloquearem acessos aos itens de coleta ou mesmo favorecerem o contato com as aranhas (inimigos), requer que o jogador analise e decida dinamicamente pelo trajeto mais adequado ou oportuno. Ou seja, não basta simplesmente seguir em linha reta, é necessário criar, esmo que de forma rápida, uma estratégia, para acessar os itens.

Além disso, as estratégias de *level design* impõem um adicional de controle da atenção, uma vez que a indução ao erro é feita pela presença das aranhas que se camuflam no cenário, além das plataformas móveis e paredes de bloqueio no caminho (Ld6). O fato das aranhas reduzirem a força da personagem, ao serem tocadas, bem como requerer energia para derrotá-las, é um elemento adicional que deve ser administrado para conquistar a vitória (Ld5) e há mais de um tipo de elemento alvo e missão (Ld4).

Assim, pode-se dizer que, com base no modelo IcJJ, o jogo Gramágica possui indícios potenciais para exercitar as funções executivas, especialmente a memória de trabalho.

<sup>1</sup> <https://apkpure.com>

Obviamente que, o fato de um jogo projetar problemas e conflitos artificiais para serem resolvidos, conecta-se com os critérios relacionados com as funções executivas. A questão central é a variabilidade possível de oportunidades que podem ser elaboradas, em diferentes situações e contextos para exercitar aquelas habilidades. Além disso, questões como por quanto tempo é necessário jogar os jogos ao ponto de se conseguir o efeito transferência, ou seja, aplicação da habilidade adquirida no jogo para contextos de não jogo, ainda é um fator a ser investigado.

O modelo IcJJ é uma proposta em construção, um ponto de partida sob o qual se tentou estruturar a discussão de possíveis relações entre as características dos jogos, aqui focalizadas nas mecânicas e estratégias de *level design*, e os componentes das funções executivas.

Ademais, outras mecânicas podem ser incorporadas ou mesmo é possível discutir a possibilidade de condensá-las, a fim de atingir um modelo mais objetivo. O próprio impacto da presença e graduação das estratégias de *level design* requer atenção, uma vez que irão determinar a complexidade do jogo e por tal, impor a carga cognitiva que deverá ser enfrentada, juntamente com os aspectos emocionais decorrentes do grau de dificuldade percebido pelo jogador, o que retroalimenta a necessidade de autocontrole, ou seja, da aplicação das funções executivas para a gestão do conflito emocional e resistência a tentação de desistir perante frustração ou medo do desafio imposto.

O modelo IcJJ pode ser aplicado para análise das funções executivas tanto em jogos digitais casuais quanto em jogos digitais sérios. Além disso, possui a perspectiva de facilitar ou possibilitar o desenvolvimento de jogos digitais focados para a estimulação das funções executivas, de populações típicas ou específicas, mas que possuem em si, prejuízo nestas funções, tais como Transtorno do Espectro Autista, Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade, Transtornos Afetivos e de Humor.

#### REFERÊNCIAS

- [1] A. Diamond, “Executive Functions”, Annual review of psychology, v. 64, p. 135-168, 2013.
- [2] N. Katz, “Neurociência, reabilitação cognitiva e modelos intervenção em terapia ocupacional”, 3rd ed., São Paulo, Santos, 2014.
- [3] K. K. Cox, R. A. Bittencourt, “Estudo bibliográfico sobre o processo de construção de jogos digitais: a necessidade de sinergia entre o educar e o divertir”, Revista Brasileira de Informática na Educação – RBIE, vol. 25, n.1, p. 16-43, 2017.
- [4] K. K. G. Krause, I. Gasparini, M. da S. Hounsell, “Um modelo para inter-relação entre funções executivas e elementos de jogos digitais”, Revista Brasileira de Informática na Educação, vol.28, p. 596-625, 2020.
- [5] J. Novak, “Desenvolvimento de games”, São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- [6] E. H. Farias; H. C. de Oliveira, M. da S. Hounsell; G. M. Rossito. “MOLDE—a Methodology for Serious Games Measure-Oriented Level Design”, Proceedings of XIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital, 2014.
- [7] K. K. G. Krause; “Descobrimo o potencial cognitivo dos jogos digitais: um guia prático” [Produto Educacional], 2020, disponível em <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/585928>.
- [8] K.K. G. Krause, I. Gasparini, M. da S. Hounsell. “O level design de jogos digitais para funções executivas: uma revisão da literatura. In Proceedings of XVIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital, 2019
- [9] J. Macena, G. Melo, R. Lais, F. Pires, M. Pessoa. “Gramática: um jogo educativo para praticar classificação silábica através do Pensamento Computacional”. Proceedings of XVIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital, 2019