

PEACH: um modelo de avaliação de interfaces de jogos educacionais baseado em princípios cognitivos

PEACH: an evaluation model for educational game interfaces based on cognitive principles

Jeniffer Macena^{1,2}, Fernanda Pires¹, Marcela Pessoa¹, Elaine Harada²

¹Escola Superior de Tecnologia – Universidade do Estado do Amazonas (EST-UEA)
ThinkTED Lab - Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em tecnologias emergentes

²Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI)
Instituto de Computação – Universidade Federal do Amazonas (IComp-UFAM)

{jeniffer.souza, elaine}@icomp.ufam.edu.br

{fpires, mspessoa}@uea.edu.br

Abstract. Introduction: The evaluation of educational games still presents challenges, particularly in identifying interface aspects that may generate cognitive overload during interaction. **Objective:** This work presents PEACH (Prototype Evaluation & Analysis for Cognitive Heuristics), a model for evaluating educational game interfaces during the prototyping phase. **Methodology:** The research adopted Design Science Research, including a systematic literature mapping, the creation and validation of an instrument based on the Cognitive Theory of Multimedia Learning, the analysis of design documents, and the application of the model to three educational games. **Results:** The application of PEACH indicates that the model can support the identification of interface and design issues related to visual signaling, instruction clarity, and understanding of available actions, allowing the identification of aspects that require revision during the prototyping phase. **Keywords** Educational games, Cognitive load, Interface design, Prototyping, PEACH.

Resumo. Introdução: A avaliação de jogos educacionais ainda apresenta desafios, sobretudo na identificação de aspectos de interface que podem gerar sobrecarga cognitiva durante a interação. **Objetivo:** Este trabalho apresenta o PEACH (Prototype Evaluation & Analysis for Cognitive Heuristics), um modelo para avaliar interfaces de jogos educacionais na fase de prototipagem. **Metodologia:** A pesquisa utilizou Design Science Research, com mapeamento sistemático da literatura, criação e validação de instrumento baseado na Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia, análise de documentos de design e aplicação do modelo em três jogos educacionais. **Resultados:** A aplicação do PEACH indica que o modelo pode apoiar a identificação de problemas de interface e design relacionados à sinalização visual, à clareza das instruções e à compreensão das ações disponíveis na interface, permitindo localizar aspectos que precisam de revisão ainda na prototipação. **Palavras-Chave** Jogos educacionais, Carga cognitiva, Design de interface, Prototipagem, PEACH.

1. Introdução

Os jogos educacionais têm sido utilizados como estratégia para apoiar a aprendizagem de conteúdos e o desenvolvimento de habilidades, ao combinarem aspectos pedagógicos com mecânicas, desafios, *feedbacks* e a progressão no próprio *game design* [Plass et al. 2015, Plass et al. 2020]. Entretanto, seu desenvolvimento envolve desafios relacionados ao equilíbrio entre diversão e aprendizagem [Pires et al. 2020, Dimitriadou et al. 2021], à natureza interdisciplinar do processo [Battistella et al. 2014] e à ausência de equipes multidisciplinares, sobretudo em contextos acadêmicos, nos quais desenvolvedores frequentemente acumulam funções de programação, criação de elementos visuais, escrita de roteiros e organização das fases [Oliveira et al. 2019].

Além das dificuldades de construção, a avaliação de jogos educacionais também apresenta desafios, como o uso frequente de abordagens *ad hoc*, com instrumentos elaborados para contextos específicos, o que dificulta a reprodutibilidade, a comparação entre estudos e a consolidação de métodos avaliativos com critérios mais claros e replicáveis [Petri et al. 2019]; a obtenção de *feedbacks* que nem sempre fornecem informações precisas para apoiar melhorias no *game design* [Gomez et al. 2022]; e o predomínio de questionários aplicados após a implementação, principalmente aqueles centrados na percepção do jogador [Silva et al. 2021]. Além da usabilidade e da experiência do jogador, é necessário verificar se os objetivos de aprendizagem foram alcançados, o que torna esse processo ainda mais complexo [Barbero et al. 2023].

Em jogos educacionais, a interface organiza como as informações e ações do jogo se tornam acessíveis ao jogador, constituindo o canal de percepção e interação entre ele e o sistema [Hodent 2017]. A avaliação de interfaces em fases iniciais do desenvolvimento pode apoiar a identificação de problemas quando ajustes ainda tendem a ser mais viáveis [Barbosa et al. 2021]. Nesse contexto, a Teoria da Carga Cognitiva (TCC) e a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM) oferecem fundamentos para analisar como a apresentação das informações pode influenciar o processamento cognitivo [Sweller et al. 1998, Mayer 2009]. Entretanto, são limitados os instrumentos para avaliação de interfaces de jogos educacionais na prototipação que considerem, de forma integrada: (i) clareza e organização das informações; (ii) integração entre elementos visuais e auditivos; (iii) sinalização para orientar a atenção; e (iv) adequação das interações às habilidades e aos conhecimentos prévios do jogador [Mayer 2005, Sweller 2011].

Nesse contexto, o objetivo desta dissertação é propor o PEACH (*Prototype Evaluation & Analysis for Cognitive Heuristics*), um modelo para avaliação de interfaces de jogos educacionais durante a prototipação¹. Fundamentado em princípios da TCC, da TCAM, do *game design* educacional e do design de interação [Barbosa e Silva 2010, Mayer 2009, Sweller 2011, Fullerton 2014], o modelo busca apoiar a identificação de aspectos que possam afetar a aprendizagem, orientando a inspeção da interface e a análise dos resultados por critérios e dimensões.

2. Bases teóricas e trabalhos relacionados

Esta pesquisa apoia-se na TCC e na TCAM para analisar como a organização das interfaces pode influenciar a aprendizagem em jogos educacionais. A TCC permite

¹Dissertação completa: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/11430>.

discutir o esforço mental exigido durante a interação e os efeitos da forma como a informação é apresentada [Sweller et al. 1998, Sweller 2011]. A TCAM, por sua vez, discute como palavras, imagens e sons podem ser organizados considerando os limites da memória de trabalho e a integração entre canais de processamento [Mayer 2005, Mayer 2009]. Em jogos educacionais, esses fatores se relacionam à distribuição dos elementos visuais, ao uso de sinalização, à integração entre mídias, à apresentação gradual das informações e à organização das interações na interface [Plass et al. 2020].

A literatura apresenta diferentes propostas para avaliação de jogos educacionais e objetos digitais de aprendizagem. O LORI [Leacock e Nesbit 2007] considera qualidade instrucional, *feedback*, multimídia e apresentação; o PHEG [Mohamed e Jaafar 2010] e o HEDEG [Valle et al. 2013] reúnem heurísticas sobre interface, conteúdo, jogabilidade, pedagogia e multimídia; o AHJED [Azevêdo et al. 2018] inclui narrativa, imersão, interface, multimídia, agente educacional e recursos adaptativos; e o MEEGA+ [Petri et al. 2019] avalia usabilidade, experiência do jogador e aprendizagem percebida. Apesar das contribuições, parte das abordagens não se fundamenta diretamente em princípios cognitivos para avaliar a organização da interface e da apresentação multimídia, enquanto outras se concentram na percepção do jogador após o uso, com menor apoio à inspeção em fases iniciais de prototipação, conforme sintetizado na Tabela 1.

Tabela 1. Comparação entre modelos de avaliação.

Critério	LORI	PHEG	HEDEG	AHJED	MEEGA+	PEACH
Jogos educacionais	–	✓	✓	✓	✓	✓
Desenvolvimento	–	✓	✓	✓	✓*	✓
Avaliação por inspeção	✓	✓	✓	✓	–	✓
Multimídia	✓	✓	✓	✓	–	✓
Base cognitiva	✓	–	–	–	–	✓
AM como dimensão	–	–	–	–	–	✓

✓ contempla; – não contempla; AM: Aprendizagem Multimídia; * versão jogável.

No PEACH, a avaliação é fundamentada em princípios da TCC e da TCAM, considerados em conjunto com o *game design* educacional e o *design* de interação. Essa combinação pode apoiar a identificação, ainda no desenvolvimento, de elementos da interface que dificultem a compreensão, desviem a atenção ou aumentem o esforço cognitivo.

3. Desenvolvimento e avaliação do PEACH

Esta pesquisa adotou a *Design Science Research* (DSR), por se tratar de uma abordagem voltada à construção e avaliação de artefatos [Hevner 2007]. O artefato desenvolvido foi o PEACH, um modelo de avaliação de interfaces de jogos educacionais aplicável à fase de prototipação. A pesquisa foi conduzida em quatro etapas, conforme a Figura 1.

Na primeira etapa, foi realizado um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) para identificar métodos, métricas e instrumentos utilizados na avaliação da carga cognitiva em jogos educacionais. Os resultados indicaram o predomínio de avaliações após a implementação, sobretudo por questionários de autorrelato, e pouca relação entre as medidas coletadas, o *game design* e a organização das interfaces. Tais achados basearam os critérios do modelo e justificaram uma abordagem aplicável ainda na prototipação.

Na segunda etapa, foi desenvolvida a dimensão Aprendizagem Multimídia, fundamentada na TCAM e validada com especialistas com experiência em jogos

educacionais, IHC e aprendizagem multimídia. Na terceira e na quarta etapas, foram desenvolvidas, respectivamente, as dimensões *Game Design* Educacional e *UX/UI Design* a partir da literatura e da análise de *Educational Game Design Documents* (EGDDs)², reunindo itens relacionados à progressão, objetivos educacionais, mecânicas, *feedbacks*, navegabilidade, legibilidade, organização visual e interação.

Por fim, as três dimensões foram integradas no PEACH, organizado em Aprendizagem Multimídia (42 itens), *Game Design* Educacional (35 itens) e *UX/UI Design* (22 itens), totalizando 99 itens avaliados em escala Likert de cinco pontos. Para utilizá-lo, o avaliador realiza uma inspeção guiada do protótipo, registra justificativas e evidências visuais e analisa os resultados por item, categoria e dimensão.

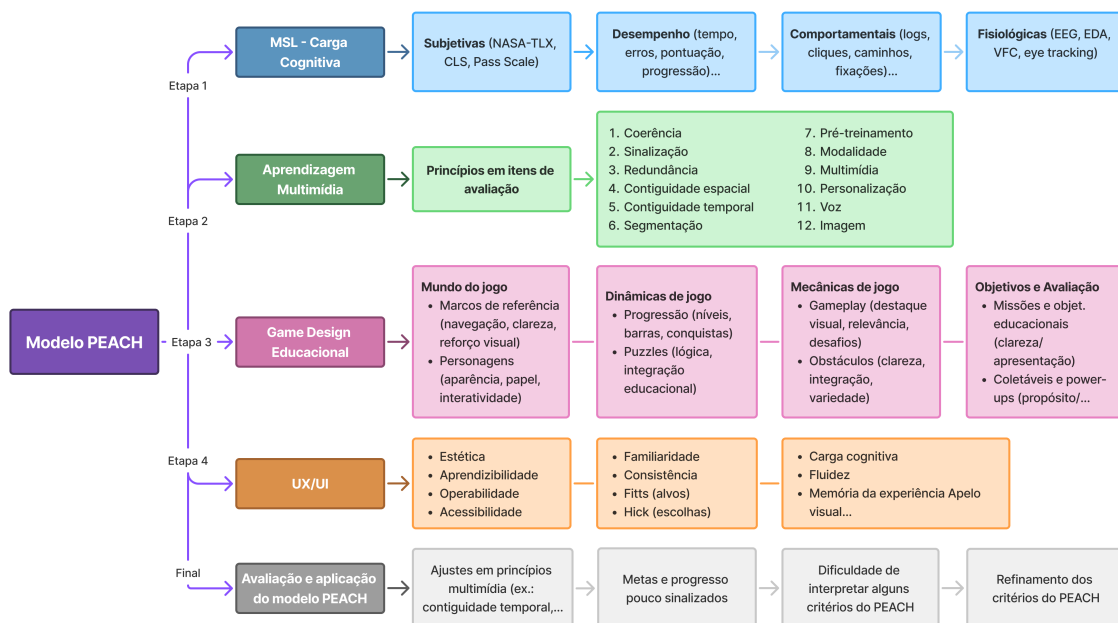


Figura 1. Composição do modelo PEACH com base nas contribuições das etapas da pesquisa.

O modelo foi aplicado em três jogos educacionais em fase de prototipação: *Dungeons & Diabetes*, *RoboHouse* e *Enigma Pirata*. A avaliação envolveu a aplicação dos critérios do PEACH, a análise das respostas por item e por dimensão e entrevistas semiestruturadas com desenvolvedores responsáveis pelos protótipos. Essa etapa permitiu examinar a clareza, a utilidade e a aplicabilidade do modelo no processo de avaliação de interfaces.

4. Resultados

O MSL identificou que a avaliação da carga cognitiva em jogos educacionais ocorre principalmente após a implementação dos jogos. Entre os instrumentos, destacaram-se questionários de autorrelato, como o NASA-TLX. Também foram identificados quatro tipos de medidas: subjetivas, comportamentais, de desempenho e fisiológicas. Apesar dessa variedade, os estudos analisados apresentaram pouca relação direta entre os dados coletados, os elementos de *game design* e a organização das interfaces.

²Documentos de *design* de jogos educacionais, com informações sobre objetivos e estrutura do jogo.

Na validação da dimensão de Aprendizagem Multimídia, após o refinamento do instrumento, P1 classificou 81% dos itens como claros, 12% como parcialmente claros e 7% como não claros, enquanto P2 classificou 90% como claros e 10% como parcialmente claros. Nenhum dos especialistas recomendou novas exclusões na segunda rodada.

A aplicação do PEACH identificou diferentes necessidades de revisão nos protótipos. Em *Dungeons & Diabetes* (Figura 2a), as três dimensões apresentaram mediana 4, embora a análise por item tenha indicado problemas de sinalização, integração entre instruções e eventos e organização do HUD (*Head-Up Display*, interface sobreposta à tela com informações e controles do jogo). Em *RoboHouse* (Figura 2b), as medianas foram 3 em Aprendizagem Multimídia e *Game Design* Educacional e 2 em UX/UI Design, com problemas de navegação, legibilidade, distinção entre elementos decorativos e interativos e clareza das instruções. Em *Enigma Pirata* (Figura 2c), a mediana foi 4 em Aprendizagem Multimídia e 3 nas demais dimensões, com problemas na integração entre narração, efeitos sonoros e ações do jogo, na relação entre a pista textual e o desafio educacional e na visibilidade do HUD e da progressão do jogador.

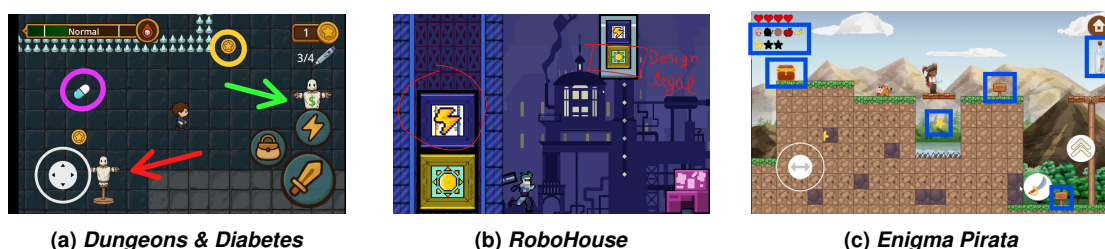


Figura 2. Sugestões dos desenvolvedores após o PEACH.

As respostas foram organizadas em *dashboards* por item e dimensão, com medianas por categoria e indicação de itens para revisão. Na versão digital preliminar, são sinalizados, por exemplo, casos de redundância entre narração e texto e problemas na área de toque dos botões, com os critérios e sugestões correspondentes. Nas entrevistas, os desenvolvedores destacaram questões relacionadas a textos e objetos, enigmas, tutoriais, *feedbacks* e ícones. Dificuldades na compreensão de alguns critérios e termos técnicos orientaram ajustes na redação do instrumento.

5. Considerações Finais

Esta dissertação propôs o PEACH, um modelo de avaliação de interfaces de jogos educacionais baseado em princípios cognitivos e aplicável à fase de prototipação. Os resultados indicam que o modelo pode apoiar a análise de protótipos ao permitir registrar problemas por item e por dimensão e localizar elementos da interface que precisam de revisão. A principal contribuição do trabalho está na proposição de critérios observáveis para analisar elementos da interface relacionados à compreensão, à atenção e ao esforço cognitivo. Com isso, o PEACH pode apoiar desenvolvedores e pesquisadores na revisão de interfaces antes da implementação completa do jogo. Como limitação, destaca-se sua aplicação em três jogos educacionais vinculados ao contexto acadêmico. Como trabalhos futuros, pretende-se ampliar sua aplicação, evoluir a versão digital e investigar sua relação com outras formas de avaliação da carga cognitiva.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (AUXPE-CAPES-PROEX) - Código de Financiamento 001. Adicionalmente, este trabalho foi parcialmente financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM – por meio dos projetos PDPG-CAPES e POSGRAD 2025-2026 e POSGRAD 2026-2027. Também recebeu apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Processo 303443/2023-5). Por fim, agradecemos à UEA, por meio do Programa de Produtividade Acadêmica 01.02.011304.026472/2023-87, e ao laboratório NEXUS, prédio base do Grupo de Pesquisa ThinkTED.

Referências

- Azevêdo, M., Rousy, D., e Siebra, C. (2018). Ahjed-avaliação heurística para jogos educacionais digitais. *Nuevas Ideas en Informática Educativa*, 14(0):126–136.
- Barbero, G., Bonsangue, M. M., e Hermans, F. F. (2023). How to evaluate games in education: A literature review. In *International Conference on Smart Learning Environments*, pages 32–41. Springer.
- Barbosa, S. e Silva, B. (2010). *Interação humano-computador*. Elsevier Brasil.
- Barbosa, S. D. J., da Silva, B. S., Silveira, M. S., Gasparini, I., Darin, T., e Barbosa, G. D. J. (2021). *Interação Humano-Computador e Experiência do Usuário*. Autopublicação.
- Battistella, P., von Wangenheim, C., e Fernandes, J. M. (2014). Como jogos educacionais são desenvolvidos? uma revisão sistemática da literatura. In *Anais do XXII Workshop sobre Educação em Computação*, pages 159–168. SBC.
- Dimitriadou, A., Djafarova, N., Turetken, O., Verkuyl, M., e Ferworn, A. (2021). Challenges in serious game design and development: Educators' experiences. *Simulation & Gaming*, 52(2):132–152.
- Fullerton, T. (2014). *Game design workshop: a playcentric approach to creating innovative games*. CRC press.
- Gomez, M. J., Ruipérez-Valiente, J. A., e Clemente, F. J. G. (2022). A systematic literature review of game-based assessment studies: Trends and challenges. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 16(4):500–515.
- Hevner, A. R. (2007). A three cycle view of design science research. *Scandinavian journal of information systems*, 19(2):4.
- Hodent, C. (2017). *The Gamer's Brain: How neuroscience and UX can impact video game design*. Crc Press.
- Leacock, T. L. e Nesbit, J. C. (2007). A framework for evaluating the quality of multimedia learning resources. *Journal of Educational Technology & Society*, 10(2):44–59.
- Mayer, R. E. (2005). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge university press.

- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning*. Cambridge University Press, New York.
- Mohamed, H. e Jaafar, A. (2010). Development and potential analysis of heuristic evaluation for educational computer game (p heg). In *5th international conference on computer sciences and convergence information technology*, pages 222–227. IEEE.
- Oliveira, R., Belarmino, G., Rodriguez, C., Goya, D., Venero, M. F., Júnior, A. O., e da Rocha, R. V. (2019). Avaliações em jogos educacionais: instrumentos de avaliação da reação, aprendizagem e comparação de jogos. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 30, page 972.
- Petri, G., Von Wangenheim, C. G., e Borgatto, A. F. (2019). Meega+: Um modelo para a avaliação de jogos educacionais para o ensino de computação. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 27(03):52–81.
- Pires, F. G. d. S., Pessoa, M. S. P., Ferreira, R. M., Bernardo, J. R. S., e de Lima, F. M. M. (2020). O livro do conhecimento: um serious game educacional para aprendizagem de ortografia da língua portuguesa. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 28:436–460.
- Plass, J. L., Homer, B. D., e Kinzer, C. K. (2015). Foundations of game-based learning. *Educational psychologist*, 50(4):258–283.
- Plass, J. L., Mayer, R. E., e Homer, B. D. (2020). *Handbook of game-based learning*. Mit Press.
- Silva, D., Melo, R., Pires, F., e Pessoa, M. (2021). Avaliação de objetos digitais de aprendizagem: como os licenciados em computação analisam jogos educacionais? *RENOTE*, 19(2):111–121.
- Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. In *Psychology of learning and motivation*, volume 55, pages 37–76. Elsevier.
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J., e Paas, F. G. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational psychology review*, 10:251–296.
- Valle, P. H. D., Vilela, R. F., Parreira Junior, P., e Inocencio, C. (2013). Hedeg-heurísticas para avaliação de jogos educacionais digitais. *Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE*, 12:2013.