

## Sistema especialista para avaliação de engenharia cognitiva em *serious games*

Mateus Gomes Binatti  
Faculdade de Computação e Informática (FCI)  
Universidade Presbiteriana Mackenzie  
São Paulo, Brasil  
mateustcem@gmail.com

Marcos Venícios C Araújo  
Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica e  
Computação (PPGEEC)  
Universidade Presbiteriana Mackenzie  
São Paulo, Brasil  
mvcaraujo@gmail.com

Pollyana Notargiacomo  
FCI / PPGEEC  
Universidade Presbiteriana Mackenzie  
São Paulo, Brasil  
pollyana.notargiacomo@mackenzie.br

**Resumo**— No âmbito dos jogos digitais há games que, além de entreter o jogador, se voltam à educação a respeito de determinados tópicos (sociais, pessoais ou profissionais). Estes são denominados de *serious game*, sendo que para fazer com que o jogador aproveite ao máximo a experiência e não abandone a proposta antes do tempo previsto certas questões devem ser colocadas em pauta. Uma delas é estudar a forma com a qual o jogador se relaciona com o jogo e como esse contato tem impacto no mesmo, aspectos abordados pela engenharia cognitiva. A partir disso, foi criado um sistema especialista que avalia, com base na aderência às afirmações fornecidas ao jogador em escala de Likert, as questões relacionadas à engenharia cognitiva presentes em *serious games*. O sistema especialista SE-ECSG (Sistema Especialista - Engenharia Cognitiva de *Serious Game*) constitui um modelo para avaliar *serious games* divididos em três áreas (tarefas, premiações e jogabilidade) e sugerir melhorias no mesmo.

**Palavras-chave;** sistema especialista, engenharia cognitiva, *serious game*

### I. INTRODUÇÃO

Um jogo é uma atividade voluntária, estando presente há muito tempo no cotidiano dos seres vivos, sejam eles humanos ou até mesmo animais. Jogos possuem suas próprias regras, muitas vezes distintas do mundo real, as quais devem ser aceitas por todos os participantes. O jogo tem uma realidade autônoma, a qual está além da esfera da vida humana, pois isso forçaria uma limitação em sua proposta [1]. Inclusive, existem o que são denominados “Jogos Digitais”, que têm seu ambiente emulado por computadores ou até mesmo videogames. Nestes, o computador pode atuar como um adversário para o jogador, árbitro, colaborador ou apenas fornece os gráficos e animações.

Dentre os jogos digitais, existem os *serious games*: categorizados como ferramentas que podem ser utilizadas como material de ensino com o objetivo de educar. Ação essa que não se limita às escolas ou universidades, também podendo ser utilizada quando se deseja ensinar um novo colaborador em ambiente corporativo ou em um cenário de resgate como, por exemplo, a aplicação de um treinamento de incêndio para bombeiros recém chegados na brigada [2].

Quando se constrói um *serious game* existe um fator fundamental concernente ao balanceamento para o estabelecimento do equilíbrio entre a diversão que o jogo oferece (entretenimento) e a educação abordada [3]. Os autores inclusive ressaltam que caso o *serious game* veicule um conceito de forma massiva sem equiparar os elementos visuais e conceituais, a informação será explorada de forma desproporcional ao design, forçando diálogos de texto entre o jogador e o universo inseridos de forma demasiada. Outro caso semelhante diz respeito ao trabalho com o conteúdo educacional de forma repetitiva, o que pode resultar numa experiência não aprazível para o estudante-usuário, fazendo com que ele desista do processo e não absorva o conteúdo esperado. Da mesma forma, se o jogo for desenvolvido com foco predominante no entretenimento, o usuário pode se ater ao passatempo e não absorver o conhecimento.

Tendo em vista o que foi apresentado, cabe conceituar a engenharia cognitiva. Esta se propõe a estudar e entender qual impacto a ferramenta desenvolvida gera na pessoa que a está utilizando, especialmente no que se diz respeito ao seu pensamento e ações durante a interação [4]. A engenharia cognitiva surgiu na década de 80 para aplicar a psicologia cognitiva no âmbito computacional tratando do processo de interação entre o usuário e o universo com o qual ele está se relacionando, pois “as mais sofisticadas máquinas são inúteis caso o homem não consiga utilizá-la de forma correta” [5, p. 138]. Neste sentido, a engenharia cognitiva se preocupa em analisar o cenário, o design do mesmo e a avaliação de sistemas complexos. Assim, abrange tanto as pessoas que vão utilizar quanto às tecnologias usadas na criação das ferramentas, combinando conhecimento, experiência, fatores humanos, design da interação humano-computador e a engenharia de sistemas. Finalmente, cabe ressaltar que a engenharia cognitiva tem foco centrado na cognição exigida nos ambientes de trabalho, e se preocupa com sistemas complexos, em que qualquer ação tomada pelo operador deve ser alinhada ao comportamento esperado.

Outro conceito relevante no contexto da presente pesquisa é o de sistema especialista. Este é desenvolvido com o intuito de resolver certos problemas computacionalmente, emulando o conhecimento e o mecanismo de raciocínio de um profissional com

experiência e conhecimento reconhecidos em uma determinada área. Um sistema especialista é feito em duas etapas, sendo elas a base de conhecimento (de um especialista) e o motor de inferência para guardar o raciocínio do especialista em questão [6]. A base de conhecimento pode ser tanto derivada de diversos humanos, quanto de outros sistemas especialistas, os quais possuem sua própria base de conhecimento [7]. A ferramenta especialista é utilizada em várias áreas de atuação, sendo elas, por exemplo: pacientes com disgrafia [8], pacientes com problemas mentais [9] e elaboração de planos de ensino e atividades avaliativas [10].

Inclusive, destaca-se que a engenharia cognitiva aplica a psicologia no âmbito computacional, tratando da interação do usuário com o mundo com o qual ele se relaciona [11]. A partir deste pressuposto, o objetivo do presente trabalho consistiu em desenvolver um sistema especialista, baseado em afirmações que possibilitam avaliar, seja qual for o *serious game*, as questões e problemas envolvidos pela engenharia cognitiva. Para isso, foi elaborado um formulário ao qual se atribui determinado peso de aderência em relação a cada afirmação apresentada, para que o sistema calcule e apresente ao usuário se aquele o jogo em questão é ou não adequado do ponto de vista da engenharia cognitiva.

## II. TRABALHOS RELACIONADOS

Não foram encontrados trabalhos estrita e diretamente relacionados ao tema de pesquisa, ou seja, ao uso de sistemas especialistas para a avaliação de *serious games* do ponto de vista da engenharia cognitiva. Foram realizadas buscas nas bases Web of Science (WoS), Scopus, IEEE e ACM no período de junho de 2018 a junho 2019, sendo que os resultados apontaram projetos que possuem relações tangenciais com a proposta, explorados a seguir.

### A. Sistemas especialistas

Um primeiro exemplo de sistema especialista volta-se à análise e diagnóstico de crianças portadoras de disgrafia (trauma que envolve o uso incorreto de palavras, a criação de frases sem nexos, a incoerência na soletração de palavras etc.). Para isso se classifica o grau de aderência entre a criança e o trauma em quatro níveis, sendo eles: normal, disgrafia leve, disgrafia moderada e disgrafia severa. Uma das motivações para o desenvolvimento deste projeto é que nem todos os pais ou parentes têm a capacidade de identificar se uma criança possui disgrafia [8].

Outra proposta trata de uma ferramenta especialista para avaliar se um jogo apresenta meios para que o jogador vivencie, cada vez mais, o universo com o qual está se relacionando, fazendo com que o mesmo perca a noção do tempo real e sinta-se dentro daquele mundo em questão [12].

Inclusive, sistemas especialistas podem ser elaborados para quaisquer contextos, sendo que na presente pesquisa abarcaram a expertise envolvida na relação entre engenharia cognitiva e *serious games*, conforme detalhado a seguir.

### B. Engenharia cognitiva

Uma das iniciativas científicas neste contexto refere-se à criação de um conjunto de heurísticas para avaliar jogos desenvolvidos para a plataforma móvel [13]. Entretanto, destaca-se que algumas destas diretrizes podem cumprir sua

função independentemente da plataforma, dado que a avaliação foi dividida em três módulos: usabilidade de um jogo (que trata dos controles do jogo e a interface com a qual o jogador se relaciona), mobilidade (que cobre a interface do jogo) e *Gameplay*. Desta última foram retiradas heurísticas como, por exemplo, se “os termos apresentados condizem com o vocabulário do jogador”, em que o jogo deve tentar não utilizar palavras que o jogador não tem conhecimento ou, se o jogo contém siglas ou abreviações (estas devem conter seus significados em algum lugar de fácil acesso ao jogador para não atrapalhar a experiência).

Outro aspecto que pode ser abordado diz respeito à satisfação dos jogadores, sendo esta medida a partir da avaliação da diversão em um jogo digital [14]. Pode-se ressaltar, dentre as heurísticas presentes, se “o jogador pode salvar o progresso alcançado”, o que possibilita que o mesmo possa voltar a ter contato com a experiência proposta no momento de sua preferência.

Finalmente, cabe descrever a abordagem da revisão sistemática sobre engenharia cognitiva aplicada a sistemas críticos no âmbito da realidade virtual [15]. Esta buscou fazer um apanhado geral sobre o que já se havia estudado sobre este tema com foco na engenharia cognitiva. Ao final, foram levantados 25 heurísticas a serem aplicadas neste âmbito com o objetivo de revisar os procedimentos em ambientes virtuais. Destaca-se que foi possível aproveitar a afirmação de que “o sistema apresenta *feedback* imediato para as ações do usuário (reconhecimento por rastreamento) sem requerer tempo adicional”, pois é necessário mostrar ao jogador como o ambiente reage conforme ele toma decisões, no tempo certo, fazendo com que o mesmo não se sinta incomodado e descontente.

A partir do que foi apresentado é relevante também contextualizar a questão da área de aplicação: *serious games*.

### C. Serious game

Animo Math [16] é um *serious game* voltado às crianças de cinco aos sete anos. Seu objetivo é reforçar a atenção dos jovens estudantes na matéria de matemática, sendo que eles escolhem o avatar que mais lhes representa. Assim, é possível escolher animais no estilo cartoon, com presença de cores e música, possibilitando uma experiência agradável aos jogadores.

O jogo Anime Math apresenta uma técnica de inteligência artificial na qual são monitorados a quantidade de acertos e erros das crianças para que, por meio do cálculo dessa taxa, o jogo possa adaptar à dificuldade das operações ao nível de habilidade das crianças, sendo que também o cenário do jogo é trocado para condizer com o tema. Quanto mais erros o jogador comete, mais escuro fica o cenário.

Já *Sustain city* [17] é uma série de *serious game* para o ambiente de realidade virtual, tendo sido desenvolvido com o objetivo de mostrar aos alunos de ensino médio a importância de ter a presença de cientistas, engenheiros ou matemáticos quando se fala sobre projetar e gerenciar uma cidade sustentável. No jogo *Stability* desta franquia (Figura 1) o aluno visualiza a estrutura de pontes, avalia sua infraestrutura e explora meios de poder fortalecer suas condições com o objetivo de prolongar sua existência.



Figura 1. Interface do jogo Stability [17, p. 63]

Já X-Dengue foi desenvolvido, utilizando a combinação de cenário 2D, realidade virtual, aumentada, e o mundo real, com o objetivo de educar sobre os perigos do vírus da dengue, as doenças que o mesmo pode trazer (vírus zika, chicungunha e febre amarela), bem como maneiras de combater o mosquito e cuidados a serem tomados. Desenvolvido por [18], o jogo retrata a história de “Pedrinho”, um garoto que opta por entender e combater o mosquito *Aedes Aegypty* após seu amigo ser afetado por um dos vírus transmitidos pelo inseto (Figura 2).



Figura 2. Interfaces do X-Dengue [18, p. 5]

### III. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento da presente pesquisa envolveu uma série de etapas.

#### A. Primeira etapa

Esta englobou uma ampla revisão bibliográfica a respeito dos seguintes elementos: engenharia cognitiva [4], [11], [13], [14-15]; *serious games* [2-3], [16] e sistemas especialistas [6-7-8-9-10-11-12].

#### B. Segunda etapa

Com base na investigação a respeito das heurísticas foi montado um conjunto de diretrizes pertinentes à engenharia cognitiva em *serious games* (Quadro 1). Desta forma, as heurísticas elaboradas possibilitam aos usuários pensar a respeito dos *serious games* e verificar em que medida são ou não atendidas por estes; constituído um elemento fundamental para um sistema de inferência trabalhar.

QUADRO 1: RELAÇÃO DAS HEURÍSTICAS POR ÁREA

Heurísticas	Área
Ao perceber que o jogador não está conseguindo progredir, ou jogo oferece dicas ao jogador ou adapta a dificuldade dos desafios às habilidades do praticante (adaptatividade)	Tarefa
As tarefas designadas ao jogador, dentro do jogo, são de alta complexidade	Tarefa
O jogo apresenta tarefas repetitivas, acarretando em tédio	Tarefa
O jogo dá dicas para o jogador quando identifica que ele não consegue progredir com as tarefas	Tarefa
O jogador recebe prêmios ao realizar tarefa	Premiação
O jogador pode perder conquistas caso falhe nos desafios	Premiação
O sistema apresenta feedback imediato para as ações do usuário (reconhecimento por rastreamento) sem requerer tempo adicional.	Jogabilidade
Os termos apresentados condizem com o vocabulário do jogador	Jogabilidade
A área de interação entre o jogador e o ambiente (interface) o deixa confortável	Jogabilidade
O jogo em questão apresenta formas para que o jogador perca a noção do tempo externo enquanto participa da experiência	Jogabilidade
O jogo apresenta comandos complexos durante a experiência	Jogabilidade

O jogador pode alterar os comandos caso desejar	Jogabilidade
O jogo exige que o jogador memorize certas coisas (comandos, valores, seqüências, formas de resolução) com certa frequência	Jogabilidade
O jogador pode salvar o progresso alcançado	Jogabilidade
O jogo é composto por um enredo atrativo	Jogabilidade
O jogo possui tutorial	Jogabilidade
O tutorial é cativante e possibilita aprender os comandos básicos para iniciar a experiência	Jogabilidade

#### C. Terceira etapa

Pautou-se na modelagem do sistema, sendo que o diagramas de seqüência encontra-se abaixo (Figura 3):

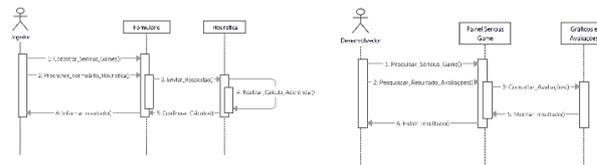


Figura 3. Diagramas de seqüência

#### D. Quarta etapa

Pautou-se na construção do sistema especialista. Como este foi desenvolvido para a plataforma Web, se utilizou a linguagem de marcação HTML5 para criação das páginas, CSS3 para estilização das mesmas, com alguns conceitos de ES6 tanto na construção da API quanto na construção do *front-end* (camada de visualização). Neste sentido, se levou em consideração quais navegadores dão suporte à tecnologia usada. Além das tecnologias apontadas anteriormente também se fez uso de JavaScript para poder atribuir funcionalidades às páginas e atuação do motor de inferência (como o *expert* da área resolveria tal problema). Isso implicou ainda no uso da plataforma Node.js para relacionamento com o banco de dados MySQL, o qual foi escolhido pelo suporte e facilidade que este possui para trabalhar com o Node.js e o framework Express.js para poder escolher quais páginas são montadas na tela do usuário e para a autenticação. Com este modelo, a API alimenta as páginas e também as fornece, na hora certa, para o cliente-usuário de forma dinâmica e, como resultado, se obteve o SE-ECSG (Sistema Especialista – Engenharia Cognitiva *Serious Games*).

Assim que o jogador termina de preencher o formulário e seleciona a opção de envio para análise, o genéri realiza os cálculos de inferência e encaminha um relatório ao desenvolvedor com o objetivo de sugerir possíveis melhorias em alguns aspectos do jogo em questão. Além disso é apresentada uma resposta em formato de texto e um gráfico com a relação das respostas enviadas pelo jogador (agrupadas pelos temas abordados), sendo que o fluxo do sistema se encontra detalhado na próxima seção.

### IV. RESULTADOS

O resultado da investigação pode ser demonstrado por meio do funcionamento do SE-ECSG, que será trabalhado por meio de uma breve história.

Paulo, um jovem de 18 anos com o ensino médio recém concluído, demonstra interesse por estudar por meio de games e sonha em ser um desenvolvedor nesta área. Ao fazer buscas sobre este assunto se depara com os conceitos de *Serious Game* e especificamente com a proposta do SE-ECSG (Sistema Especialista - Engenharia Cognitiva *Serious Game*). Com a intenção de melhor entender a

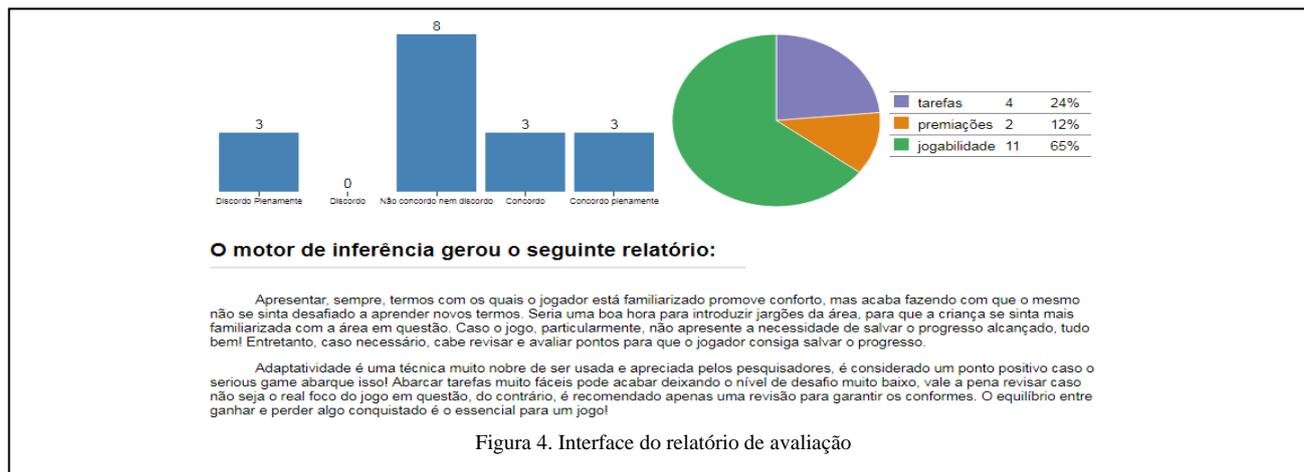


Figura 4. Interface do relatório de avaliação

proposta do sistema e contribuir com um Game que havia conhecido recentemente, o Animo Math [16], decidiu jogar e relatar sua experiência. O Animo Math é um game lúdico para crianças que usa contas de adição e subtração, assumindo uma postura compatível com o público alvo do game, Paulo jogou e coletou suas impressões. Em seguida acessou o SE-ECSG, registrou o Animo Math, e preencheu o formulário de heurísticas. A equipe do Animo Math recebeu o formulário emitido pelo SE-ECSG (Figura 4) e, com base nele, será capaz de tomar decisões para melhorar o jogo em questão.)

#### V. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Foi realizado um estudo sobre a engenharia cognitiva, responsável por tratar de aspectos de psicologia cognitiva em ambientes computacionais, bem como maneiras de implementar isso em jogos desenvolvidos com o objetivos ligados à educação em geral. Os parâmetros estudados possibilitaram desenvolver (e testar) a ferramenta especialista SE-ECSG. Este foi estruturado em JSON de maneira flexível para abarcar posteriormente novas heurísticas. Se obteve um sistema capaz de avaliar *serious games* sob a ótica da engenharia cognitiva a partir de um conjunto de dezessete heurísticas classificadas em Escala Likert (abarcando os temas de tarefas, premiações e jogabilidade).

Em trabalhos futuros se buscará acrescentar mais heurísticas para avaliação de *serious games* com o objetivo de analisar um jogo por outras abordagens e, até mesmo, gerar relatórios com maior gama de informações. Assim, em vez de tratar apenas de assuntos de engenharia cognitiva, pode-se desenvolver um conjunto de heurísticas para avaliar, por exemplo, aspectos de mensuração da aprendizagem e sua adequação ao cenário proposto.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte e a infraestrutura, fornecidos pelo MackPesquisa e Laboratório JAS3.

#### REFERÊNCIAS

- [1] J. Huizinga, *Homo Ludens*. São Paulo: Editora Perspectiva, 2000.
- [2] R. Carvalho e L. Ishitani, "Fatores motivacionais para desenvolvimento de mobile serious games com foco no público da terceira idade: uma revisão de literatura," *ETD - Educação Temática Digital*, 15(1), pp. 16-32.
- [3] C. Franzwa et al., "Serious Game Design: Motivating Students through a Balance of Fun and Learning," 5<sup>th</sup> International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES), Poole, 2013, pp. 1-7.
- [4] F. Ritter, E. Baxter, D. Gordon, e E. F. Churchill, *Foundations for Designing User-Centered Systems*, London: Springer-Verlag, 2014.
- [5] F. Karray et al., "Human-Computer Interaction: Overview on State of the Art," *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*, v. 1, n. 1, 2008, pp. 137-159.
- [6] D. S. Maylawati, W. Darmalaksana e M. A. Ramdhani, "Systematic Design of Expert System Using Unified Modelling Language," *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 288 012047, 2018.
- [7] P. Grogono et al., "A Review of Expert Systems Evaluation Techniques," *AAAI Technical Report*, AAAI Report WS-93-05, 1993.
- [8] D. Kurniawan et al., "An Expert System for Diagnosing Dysgraphia," 2<sup>nd</sup> International Conferences on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE), 2017.
- [9] V. Volkova et al., "An Expert System for Evaluation of Human Mental Resources: Holistic and Developmental Approach," *Intelligent Systems Conference*, 2017.
- [10] H. Ferreira, "TTOOL: Modelo para planejamento pedagógico e instrumentalização de professores no processo de ensino-aprendizagem e avaliação em educação online," Tese, UPM, 2016.
- [11] F. Karray et al., "Human-Computer Interaction: Overview on State of the Art," *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*, vol. 1, n. 1, pp. 137-159, 2008.
- [12] R. Mendonça, "Imersão e emoção em jogos digitais: uma abordagem a partir de sistemas especialistas, lógica fuzzy e mapas auto-organizáveis," *Dissertação*, UPM, 2012.
- [13] H. Korhonen e E. Koivisto, *Playability Heuristics for Mobile Games*. New York, NY: ACM, 2006.
- [14] M. Federoff, "Heuristics and usability guidelines for the creation and evaluation of fun in video games," *Thesis (M.S.)*, Indiana University, 2002.
- [15] A. Proença et al., "Systematic Review on Cognitive Engineering Applied to Critical Systems for Proposition of Evaluation Heuristics for Virtual Reality," *IEEE Latin America Transactions*, v. 15, n. 10, pp. 2024-2029, 2017.
- [16] A. Sukstrienwong, "Animo Math: the Role-Playing Game in Mathematical Learning for Children," *TEM Journal*, Volume 7, Issue 1, pp. 147-154, 2018.
- [17] Y. Tang et al., "Sustain City – A Cyberinfrastructure-Enabled Game System for Science and Engineering Design," *Journal of Computational Science Education*, v. 3, issue 1, 2012.
- [18] T. Lima et al., "Playing against dengue Design and development of a serious game to help tackling dengue," *IEEE 5<sup>th</sup> International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, 2017.