

Identificação da curva de aprendizagem de estudantes através de registros de dados oriundos de jogos educacionais

Fabrizio Honda Franzoia, Elaine Harada Teixeira de Oliveira

1

{fhf.lic17@uea.edu.br, elaine@icomp.ufam.edu.br}

1. Apresentação/Justificativa

Em cursos de computação, observam-se altas taxas de evasão e reprovação. Um estudo realizado em 15 países diferentes com 51 instituições e 161 cursos de programação, revelou que 32,3% dos estudantes não é aprovado em CS1 (*Computer Science 1*, referente a disciplinas introdutórias de computação) [Watson 2014]. Já outra pesquisa com 161 universidades/faculdades apontou uma diminuição na taxa de reprovação, antes de 33%, para 28%; contudo, introduzir estudantes nestes cursos ainda é um desafio para a Educação em Computação [Bennedsen and Caspersen 2019].

Essas taxas podem ser consequência de dificuldades dos estudantes quanto a métodos tradicionais de aprendizagem, didática dos professores, entre outros. Ademais, em se tratando de cursos de computação, as disciplinas apresentam conteúdos que são de aprendizagem complexa e demandam certo grau de abstração [Honda et al. 2022b]. Por exemplo, Linguagens Formais e Autômatos, Teoria da Computação e Teoria dos Grafos, contém teorias, provas de teoremas, complexidade computacional e algoritmos robustos em suas ementas [Binsfeld et al. 2009, Figueiredo and Figueiredo 2011], necessários para a compreensão de tópicos mais avançados e que não são de simples entendimento.

Uma das formas para tentar facilitar no entendimento desses conteúdos é a utilização de softwares para construção e visualização das estruturas computacionais, como o *JFlap*¹ para autômatos, *Language Emulator*² para linguagens regulares, *Graphviz*³ para grafos, dentre outros. No entanto, a ausência de elementos motivacionais pode não ser desafiador o suficiente para o usuário [Morais et al. 2012, Silva et al. 2010]. Uma alternativa que vem se intensificando é a utilização de jogos nos processos educacionais, cuja presença de elementos lúdicos como mecânicas, estética visual, narrativa, desafios, etc., pode promover motivação e engajamento, tornando a aprendizagem mais atraente e dinâmica [Plass et al. 2015, Savi and Ulbricht 2008]. Além disso, por conta da neuroplasticidade do cérebro – capacidade de criar novas conexões a partir das entradas recebidas, a interação com esses elementos pode facilitar o processo de aprendizagem [Pires et al. 2018].

Dessa forma, muitos pesquisadores propõem jogos educacionais para a aprendizagem de conteúdos de computação [Silva et al. 2018, Melo et al. 2019, Macena et al. 2022a]. No entanto, a ludificação de um tema complexo de computação para a criação de um jogo educacional não é trivial [Honda et al. 2020, Honda et al. 2022b] e faltam evidências sobre seu real impacto na aprendizagem.

¹<https://www.jflap.org/>

²<https://homepages.dcc.ufmg.br/lfvieira/ftc.html>

³<https://graphviz.org/>

Também é possível observar na Literatura, uma carência no que se refere à avaliação de jogos educacionais, cuja maioria é realizada de forma *ad-hoc* [Petri et al. 2019, Melo et al. 2020b]. Ademais, apesar da utilização de modelos que avaliam a percepção do estudante em jogos educacionais para a computação através de heurísticas, é insuficiente para inferir que a sua aprendizagem foi eficiente pois nem todas as variáveis necessárias são exploradas nestas avaliações [Melo et al. 2020a].

Um campo de estudos vem ganhando destaque diante desse cenário: *Game Learning Analytics (GLA)*. Consiste na combinação entre os objetivos de *Learning Analytics* com as tecnologias de *Game Analytics*, resultando na investigação dos dados (*logs*) dos jogadores. Por serem capturados de forma furtiva, evitam que o *flow* do jogador seja interrompido e provém uma fonte robusta de informações sobre seu percurso dentro do jogo [Freire et al. 2016, Melo et al. 2020a]. Tais informações podem ajudar a identificar curvas de aprendizagem dos jogadores e, aliadas com os resultados dos testes heurísticos, fornecem diagnósticos dos processos de aprendizagem que podem auxiliar o docente a elaborar estratégias educacionais.

O objetivo deste projeto, portanto, é a identificação e análise dessas curvas de aprendizagem através da captura de dados com *GLA* e os diagnósticos gerados ao cruzá-los com os testes (pré e pós-teste, avaliação de experiência do jogador, entre outros). Diante disso, a seguinte questão de pesquisa foi definida: *Como os registros de dados capturados em jogos educacionais de computação podem ser utilizados para identificar curvas de aprendizagem dos jogadores?*

Visando responder a questão de pesquisa, será conduzido um experimento com turmas de graduação, em que os estudantes utilizarão dois jogos educacionais com conteúdos de computação para gerar *logs*. O sistema implementado para capturar esses dados é o *GLBoard* [Melo et al. 2022], que pode armazenar dados referentes ao jogo, jogador e suas ações/interações, em formato *.JSON*. A ferramenta também possibilita ao desenvolvedor visualizar esses dados através da *API* ou via *Dashboard*.

2. Objetivos

Para responder a questão de pesquisa, esta proposta de projeto de dissertação de mestrado propõe os seguintes objetivos:

Objetivo geral

Identificar e analisar curvas de aprendizagem de estudantes em jogos educacionais com temas de computação através da captura de dados utilizando técnicas de *Game Learning Analytics*.

Objetivos específicos

- Refinar um jogo educacional de Autômatos Finitos Determinísticos e implementar um sistema de captura de dados;
- Adicionar mais fases em um jogo educacional de grafos com o sistema de captura já implementado;
- Acrescentar mais variáveis a serem capturadas nos jogos através dos *logs*;
- Realizar uma avaliação prévia com os estudantes sobre os conteúdos que estão presentes nos jogos (pré-teste);

- Aplicar os jogos educacionais em turmas de computação para capturar dados dos estudantes;
- Aplicar o modelo *MEEGA+* para coletar dados sobre a percepção de aprendizagem dos estudantes quanto aos jogos;
- Aplicar o pós-teste, com os mesmos conteúdos apresentados no pré-teste;
- Utilizar o mecanismo de *Dashboard* do sistema para visualizar, em gráficos, todos os dados capturados;
- Cruzar os dados capturados com os de avaliações anteriores de percepção de aprendizagem e de pré/pós-teste;
- Analisar as curvas de aprendizagem geradas a partir dos diagnósticos do cruzamento.

3. Metodologia

Para alcançar os objetivos propostos do projeto, a metodologia utilizada nesta proposta de dissertação é o *Design-Based Research (DBR)*, uma forma de investigação que objetiva auxiliar na resolução de problemas educacionais através do vínculo entre teoria e prática. Proposto por volta de 1992 por Ann L. Brown e Allan Collins, o *DBR* caracteriza-se de ciclos iterativos de design, análises e implementação, que se inicia após a definição dos requisitos e teorias levantadas (Figura 1) [Gagnon and Barber 2018, Reimann 2011, Fraefel 2014].

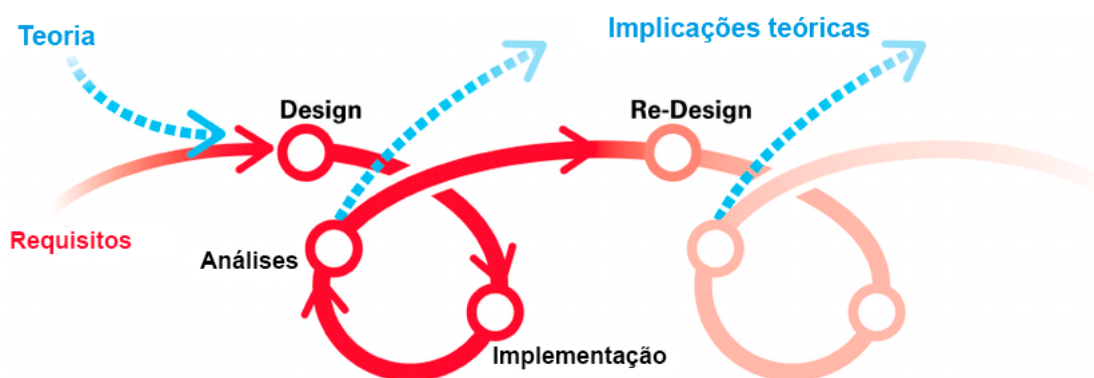


Figura 1. Etapas do Design-based research (DBR). Adaptada de Fraefel (2014).

Dessa forma, as etapas do projeto consistem em **i) design:** levantamento bibliográfico sobre o estado da arte de *Game Learning Analytics*, implementação/refinamento dos jogos educacionais e inserção do sistema de captura de dados (*GLBoard*), compondo as teorias e requisitos necessários para prosseguir com a; **ii) implementação:** aplicações de pré-teste em turmas de disciplinas de Teoria dos Grafos e Linguagens Formais e Autômatos, dos jogos educacionais para geração dos registros de dados, e de testes, utilizando o modelo *MEEGA+* [Petri et al. 2019] para coletar dados sobre percepção de aprendizagem e usabilidade, e a mesma avaliação com os conteúdos na aplicação anterior (pós-teste). **iii) análises:** visualização dos dados no *Dashboard* do *GLBoard*, identificação das curvas de aprendizagem e geração dos diagnósticos de cruzamento entre os dados capturados e os resultados dos testes. Esse processo resulta em implicações teóricas para auxiliar o docente a elaborar estratégias de aprendizagem, podendo observar as curvas de aprendizagem da turma, conteúdos que os estudantes apresentaram mais

dificuldade, padrões de comportamento, entre outros. Caso seja necessário, o ciclo pode reiniciar, começando por um *re-design*.

4. Contextualização bibliográfica

Esta seção apresenta a fundamentação teórica do projeto, com discussões acerca de conteúdos complexos de computação e o panorama da Literatura sobre jogos para aprendizagem e *Game Learning Analytics*, bem como os trabalhos relacionados.

4.1. A complexidade de conteúdos de computação

Com a evolução da sociedade e das tecnologias de informação e comunicação, a computação tornou-se uma área emergente que permeia todas as atividades humanas [França et al. 2014]. Dessa forma, um dos objetivos dos cursos superiores de computação é a formação de profissionais capacitados para manipular as mais diversas tecnologias no mercado e, no caso da Licenciatura em computação, também disseminar os conceitos de computação em sala de aula [Brasil 2016]. No entanto, é possível observar estudos que apontam taxas significativas de evasão e reprovação nesses cursos, a nível nacional e internacional [Watson 2014, Palmeira and Santos 2014].

Dentre os motivos que culminam esses índices em cursos superiores de computação, um dos principais diz respeito a matriz curricular, que possui disciplinas cujos conteúdos são de alta complexidade e exigem uma certa capacidade de abstração [Honda et al. 2022b]. Isso acaba gerando dificuldade nos estudantes em compreender as estruturas computacionais que, por sua vez, são necessárias para temas mais avançados. A visualização e construção dessas estruturas é fundamental para que o estudante consiga compreendê-las, dessa forma, existem softwares que auxiliam nesse processo: o *JFLAP*, desenvolvido em Java, abrange conteúdos como autômatos, gramática, expressões regulares, máquinas de Turing, dentre outros; o *Graphviz*, possibilita a construção e visualização de grafos via script em linguagem *DOT*. Tais ferramentas podem ser utilizadas em disciplinas para auxiliar na compreensão dos conteúdos e praticar as estruturas, contudo, a ausência de elementos lúdicos pode não ser desafiador o suficiente para alguns estudantes.

4.2. Jogos para os processos de aprendizagem

Para Huizinga [2014], os jogos estão presentes desde os primórdios da sociedade e vão além de atividades puramente físicas ou biológicas. Jogar é inerente ao ser humano e caracteriza-se como uma atividade voluntária, cuja essência é o elemento da diversão. Sua evolução acompanhou a sociedade e as tecnologias e, o que antes era um cenário onde poucas pessoas jogavam e em grandes computadores [Rogers 2014], agora é um mercado que movimenta mais do que as indústrias de cinema e música juntas [Popular 2022], com um público de mais de 3 bilhões de *gamers* por todo o globo [Newzoo 2022], equivalente a mais de 1/3 da população mundial.

Por proporcionarem motivação e engajamento, os jogos podem auxiliar no processo de aprendizagem, o que levou a produção de inúmeros jogos educacionais [Silva et al. 2018]. A concepção destes objetos considera não somente o aspecto de diversão, mas também os aspectos cognitivos [Pires et al. 2018] e precisa estar alinhada com as teorias de aprendizagem. A computação é um dos temas que são abordados nesses jogos educacionais, cuja aplicação pode ser realizada de forma transversal, visando o

desenvolvimento de um conteúdo curricular em disciplina de educação básica como é o caso do “Cadê minha pizza?” [Honda et al. 2022a], ou com objetivos explícitos de praticar um conteúdo de computação como algoritmos e estruturas de dados, presente em “Hello Food” [Macena et al. 2022b]. Tais jogos podem proporcionar diversão por meio dos elementos de jogos, podendo ser uma alternativa às ferramentas visuais.

4.3. O uso de *Game Learning Analytics*

O estado da arte no que tange os jogos educacionais apresenta muitas propostas, contudo, é possível identificar uma carência quanto à avaliação desses objetos. Seja pela ausência de informar como o jogo foi avaliado, pela utilização de questionários *ad-hoc* na maioria das avaliações ou por considerar somente a percepção de aprendizagem dos estudantes e usabilidade do objeto [Melo et al. 2020b, Petri et al. 2019], esses fatores dificultam medir o verdadeiro potencial de aprendizagem de um jogo educacional.

Nesse contexto, as técnicas de *Game Learning Analytics* [Freire et al. 2016] (*GLA*) vem ganhando espaço, pois possibilitam a captura de registros de dados (*logs*) durante a *gameplay*. Esses dados podem fornecer informações relevantes sobre o progresso do jogador, como número de tentativas em uma fase, tomadas de decisão, quantidade de vitórias e derrotas, tempo no jogo, dentre outros. E por serem capturados de forma furtiva, impedem que o *flow* seja interrompido e mantém o jogador imerso [Melo et al. 2020a].

Dentre os trabalhos que utilizam de *GLA*, o trabalho de Alencar et al. [2020] realiza uma captura furtiva dos registros de dados através de um algoritmo implementado no jogo educacional “Tricô Numérico” e apresenta uma análise exploratória. O experimento contou com 56 participantes, que geraram mais de 23 mil registros, sendo possível identificar inconsistências no level design do jogo e padrões de comportamento. Já o trabalho de Melo et al. [2020], teve como objetivo avaliar o level design do jogo educacional “Robô Euroi” e, para isso, utilizou uma estrutura própria e flexível de *GLA*. A análise dos registros gerados por 71 jogadores que participaram do experimento apontaram uma boa aceitação do jogo e potencial para manter o jogador engajado.

Dessa forma, além de possibilitar a detecção de inconsistências no *level design*, a utilização de *GLA* em jogos educacionais pode auxiliar na identificação das curvas de aprendizagem do estudante e a verificar se as mesmas estão alinhadas com a percepção de aprendizagem, obtida através dos testes heurísticos. Ademais, com aplicação de pré e pós-teste, pode-se analisar o impacto do jogo em determinado conteúdo. Com todas essas variáveis, é possível auxiliar o docente a compreender o nível de conhecimento da turma e elaborar estratégias de aprendizagem. O objetivo deste projeto é, portanto, identificar curvas de aprendizagem dos estudantes em jogos educacionais de computação através da captura dos registros de dados, utilizando o software *GLBoard* [Melo et al. 2022].

5. Cronograma

Atividade	2023					2024					2025				
	1º Semestre					2º Semestre					3º Semestre				
Obtenção de créditos obrigatórios e optativos do PPGI	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
Levantamento bibliográfico	x	x	x	x	x										
Aprimoramento dos jogos educacionais e adição do sistema de captura de dados						x	x	x	x						
Realização do Exame de Qualificação										x					
Aplicação de pré-teste com turmas de disciplinas de Teoria dos Grafos e Linguagens Formais e Autômatos								x							
Disponibilização de jogos ao grupo de estudantes de graduação para geração de <i>logs</i> durante a gameplay								x	x						
Aplicação do modelo de avaliação <i>MEEGA+</i> e do pós-teste									x	x					
Análises e identificação das curvas de aprendizagem a partir dos dados capturados											x	x	x		
Análises do cruzamento das curvas de aprendizagem e os resultados dos testes												x	x		
Escrita de dissertação													x	x	x
Defesa de dissertação															x

Referências

- Alencar, L., Melo, R., Pires, F., and Pessoa, M. (2020). Uma proposta de análise de dados exploratória para um jogo educacional de matemática. *XIX Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital (SBGames 2020)*.
- Bennedsen, J. and Caspersen, M. E. (2019). Failure rates in introductory programming: 12 years later. *ACM inroads*, 10(2):30–36.
- Binsfeld, R. L., Watanabe, R., Silva, R. C., and Carelli, I. M. (2009). Alunos como designers: relato de experiência para aprendizagem de linguagens formais e autômatos. In *VIII Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment*. sn.
- Brasil (2016). Resolução nº 5, de 16 de novembro de 2016.
- Figueiredo, R. T. and Figueiredo, C. (2011). Wargrafos—jogo para auxílio na aprendizagem da disciplina de teoria dos grafos. *X Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital (SBGames 2011)*.
- Fraefel, U. (2014). Professionalization of pre-service teachers through university-school partnerships. In *Conference Proceedings of WERA Focal Meeting, Edinburgh*.
- França, R., Ferreira, V., de Almeida, L., and do Amaral, H. (2014). A disseminação do pensamento computacional na educação básica: lições aprendidas com experiências de licenciandos em computação. In *Anais do XXII Workshop sobre Educação em Computação*, pages 219–228. SBC.

- Freire, M., Serrano-Laguna, Á., Manero, B., Martínez-Ortiz, I., Moreno-Ger, P., and Fernández-Manjón, B. (2016). Game learning analytics: learning analytics for serious games. In *Learning, design, and technology*, pages 1–29. Springer Nature Switzerland AG.
- Gagnon, J. C. and Barber, B. R. (2018). The sage encyclopedia of educational research, measurement, and evaluation. In *The SAGE encyclopedia of educational research, measurement and evaluation*, page 668. Sage.
- Honda, F., Pires, F., Pessoa, M., and de Oliveira, E. H. T. (2020). Lições aprendidas em computação através da criação de um jogo educacional: entre automatos e design de aprendizagem. In *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 1753–1762. SBC.
- Honda, F., Pires, F., Pessoa, M., and Junior, J. (2022a). Cadê minha pizza? um jogo para exercitar matemática e pensamento computacional através de grafos. *XXI Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital (SBGames 2022)*.
- Honda, F., Pires, F., Pessoa, M., and Melo, R. (2022b). Aplicando learning design na ludificação de percurso em grafos: uma jornada de aprendizagem. In *Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 609–620. SBC.
- Huizinga, J. (2014). *Homo ludens: A study of the play-element in culture*. Routledge.
- Macena, J., Pires, F., and Melo, R. (2022a). Hello food: uma jornada de aprendizagem lúdica em algoritmos, programação e pensamento computacional. In *Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 561–572. SBC.
- Macena, J., Pires, F., and Pessoa, M. (2022b). Hello food: um jogo para praticar conceitos de algoritmos para iniciantes na computação. *XXI Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital (SBGames 2022)*.
- Melo, D., Melo, R., Bernardo, J. R. S., Pessoa, M., Rodríguez, L. C., and Pires, F. (2020a). Uma estratégia de game learning analytics para avaliar level design em um jogo educacional. In *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 622–631. SBC.
- Melo, D., Pires, F., Melo, R., and Pessoa, M. (2022). Glboard: um sistema para auxiliar na captura e análise de dados em jogos educacionais. *XXI Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital (SBGames 2022)*.
- Melo, R., Pires, F., Lima, P., Pessoa, M., and de Oliveira, D. B. F. (2020b). Metodologias para a criação de jogos educacionais: um mapeamento sistemático da literatura. In *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 572–581. SBC.
- Melo, R., Silva, D., and Pires, F. (2019). Stardust: um serious game para a aprendizagem implícita de grafos. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, volume 8, page 1237.
- Morais, D. C. S. d., Alencar, A. D., and de Souza, R. (2012). Jogo baseado em m-learning e aprendizado tangencial para auxílio ao ensino de teoria da computação. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 1.

- Newzoo (2022). Global games market report. <https://app2top.ru/wp-content/uploads/2022/07/2022NewzooFreeGlobalGamesMarketReport.pdf>.
- Palmeira, L. B. and Santos, M. P. (2014). Evasão no bacharelado em ciência da computação da universidade de Brasília: análise e mineração de dados.
- Petri, G., von Wangenheim, C. G., and 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., Melo, R., Machado, J., Silva, M. S., Francoia, F., and de Freitas, R. (2018). Ecologic: um jogo de estratégia para o desenvolvimento do pensamento computacional e da consciência ambiental. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, volume 7, page 629.
- Plass, J. L., Homer, B. D., and Kinzer, C. K. (2015). Foundations of game-based learning. *Educational psychologist*, 50(4):258–283.
- Popular, D. (2022). Mercado de games: a maior indústria do entretenimento cresce a cada ano. K2. - Assessoria e Comunicação Digital. <https://bit.ly/3f0Glup>.
- Reimann, P. (2011). Design-based research. In *Methodological choice and design*, pages 37–50. Springer.
- Rogers, S. (2014). *Level Up! The guide to great video game design*. John Wiley & Sons.
- Savi, R. and Ulbricht, V. R. (2008). Jogos digitais educacionais: benefícios e desafios. *Renote*, 6(1).
- Silva, R. C., Binsfeld, R. L., Carelli, I. M., and Watanabe, R. (2010). Automata de-fense 2.0: reedição de um jogo educacional para apoio em linguagens formais e autômatos. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 1.
- Silva, T. R., Cordeiro da, J. R., dos Santos, R. S. F., dos Santos, F. G., da Silva Aranha, E. H., and Silva, F. G. (2018). Uma análise do cenário nacional do uso de jogos para o ensino e aprendizagem de computação. *XVII SBGames. Foz do Iguaçu*, page 10.
- Watson, Christopher e Li, F. W. (2014). Failure rates in introductory programming revisited. In *Proceedings of the 2014 conference on Innovation & technology in computer science education*, pages 39–44.