

Um estudo de caso para a implementação de *Game Learning Analytics (GLA)* no desenvolvimento de jogos educacionais

Fabrizio Honda^{1,2}, Jeniffer Macena^{1,2}, José Carlos Duarte^{1,2}, Fernanda Pires¹,
Marcela Pessoa¹, Elaine H. T. Oliveira²

¹Escola Superior de Tecnologia – Universidade do Estado do Amazonas (EST/UEA)
ThinkTED Lab - Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologias Educacionais

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

{fabrizio.honda, jeniffer.souza, carlosduarte, elaine}@icomputacao.ufam.edu.br

{fpires, mspessoa}@uea.edu.br

Abstract. *The use of games for education has intensified. However, evaluating learning is still a challenge. Advances in the Game Learning Analytics (GLA) area can help in this context, which consists of stealthily capturing and analyzing data records (logs) from games. Such data and test results with players can help verify whether a game achieved its learning objectives. The work presents a case study carried out by Computer Science graduates, with a description of the GLA implementation process in two educational games and discussions about the perspectives of those involved, including students, teachers, and developers, highlighting the needs and benefits of each one. The importance of developers is also emphasized, and how the implementation of GLA can enrich their technical and pedagogical skills.*

Resumo. *O uso de jogos para a educação tem se intensificado, no entanto, avaliar a aprendizagem ainda é um desafio. Os avanços na área de Game Learning Analytics (GLA), que consiste em capturar e analisar registros de dados (logs) oriundos de jogos, de forma furtiva. Tais dados, aliados com resultados de testes com os jogadores, podem auxiliar a verificar se um jogo atingiu seus objetivos de aprendizagem. O trabalho apresenta um estudo de caso realizado por egressos de Licenciatura em Computação, com a descrição do processo de implementação de GLA em dois jogos educacionais e discussões sobre as perspectivas dos envolvidos, sendo estudantes, professores e desenvolvedores, destacando necessidades e benefícios de cada um. Enfatiza-se também a importância dos desenvolvedores e como a implementação de GLA pode enriquecer suas habilidades técnicas e pedagógicas.*

1. Introdução

A utilização de jogos para os contextos educacionais tem se intensificado nos últimos anos, hoje são considerados instrumentos valiosos para auxiliar no processo de aprendizagem [Macena et al. 2022]. As características lúdicas dos jogos, presentes nas mecânicas, narrativa, estética, música, podem proporcionar motivação, interação e engajamento aos estudantes, atributos indispensáveis para o processo de aprendizagem [Plass et al. 2015].

No entanto, avaliar a aprendizagem ainda é um desafio. Isto pois os testes são ferramentas importantes, porém não são suficientes para avaliar ou identificar aspectos relativos a evidências de aprendizagem. As avaliações são geralmente realizadas por meio de questionários, em sua maioria, *ad-hoc*, que avaliam aspectos como entretenimento e usabilidade [Melo et al. 2020b, Petri et al. 2019], deixando de lado atributos importantes sobre os efeitos que os jogos podem ter no processo de aprendizagem.

Nesse contexto surge a *Game Learning Analytics (GLA)* [Freire et al. 2016], que trata de capturar registros de dados (logs) dos jogadores a partir da interação com um jogo, sendo possível analisar e capturar dados sem a necessidade de interromper o jogador, de modo não invasivo, evitando interferir no desempenho ou causar desconforto. Esse processo pode fornecer informações a respeito da progressão do jogador, como: quantidade de tentativas em uma fase, tomadas de decisão, status (vitória/derrota/desistência), tempo de ação, etc. Assim, uma análise posterior dos dados através de uma ferramenta de visualização, como um *Dashboard*, aliada à avaliação dos próprios testadores podem auxiliar na verificação se o jogo facilitou ou promoveu a aprendizagem. Por exemplo, no estudo de Melo et al. [2020] foram realizadas análises para verificar se, em um jogo educacional, as dificuldades enfrentadas pelos jogadores são decorrentes de falhas no *level design* ou de suas próprias *gameplays*.

Considerando o crescente entusiasmo pela área de *GLA*, como aponta a revisão da Literatura de Alonso-Fernández et al. [2019] e a pesquisa de Daoudi [2022], este estudo visa apresentar a perspectiva do designer de jogos educacionais com *GLA*. Pois a implementação de *GLA* fornece aos desenvolvedores um conjunto diversificado de conhecimentos e habilidades, incluindo compreensão técnica, habilidades de design instrucional e análise de dados, competências essas altamente valorizadas no desenvolvimento de jogos e tecnologias educacionais.

Sendo assim, este trabalho apresenta um estudo de caso para descrever a aplicação de técnicas de *GLA* em jogos educacionais e destacar a relevância dessa abordagem para a educação, tanto na perspectiva acadêmica de estudantes que atuam como desenvolvedores quanto aos benefícios que esta abordagem pode trazer para o processo de aprendizagem.

2. *Game Learning Analytics* e trabalhos relacionados

Os jogos educacionais têm se mostrado ferramentas importantes na comunidade acadêmica, como alternativas lúdicas que podem abordar determinado conteúdo e auxiliar no processo de aprendizagem [Plass et al. 2015]. Embora se discutam os processos de criação de jogos, alguns elementos tornam-se a base para que apontem seus benefícios para professores e estudantes. Ao utilizar *Game Learning Analytics (GLA)*, é possível justificar fatores relacionados tanto a aspectos do jogo quanto a parte educacional.

Para Freire et al. [2016], algumas aplicações do *GLA* apontam características essenciais que permitem a análise de desempenho de um público, fornecendo, por exemplo, feedbacks de erros, personalização da estrutura do jogo, análises para retenção de estudantes em uma disciplina e contribuir no ajuste de design do *serious games*. Os dados coletados podem levar a compreensão de erros de *game design*, identificação de motivação e engajamento e geração de evidências de aprendizagem [Freire et al. 2016]. Além disso, tem seu diferencial em relação a outras avaliações, pois é possível analisar o progresso do jogador com os dados capturados em tempo real sem precisar interferir no

desempenho ou causando qualquer desconforto perceptível [Melo et al. 2020a]. Alguns estudos no âmbito de *GLA* foram listados e descritos a seguir.

Visando contribuir no que diz respeito à padronização de dados em *Learning Analytics*, o trabalho de Serrano-Laguna et al. [2017]: i) investiga como jogos sérios estão rastreando interações dos jogadores e as possíveis métricas a serem extraídas; ii) propõe um modelo que auxilia na aplicação de *Learning Analytics* em jogos sérios e; iii) implementam-no com as especificações do *Experience API (xAPI)*, resultando no *Serious Games xAPI Profile*, um perfil que visa alinhar-se a casos comuns no que tange jogos sérios, que foi aplicado em um estudo de caso. Os autores relatam que o modelo de interação e o *Serious Games xAPI Profile* podem contribuir com princípios básicos e em novas possibilidades para análises de jogos sérios.

O trabalho de Farias [2019] apresenta a utilização do *GLA* no contexto do *serious game* “ZooVS”, que explora o estilo de cartas para auxiliar o aprendiz a exercitar conteúdos de zoologia. O autor destaca que foram elaboradas estratégias de memorização, categorização e ordenação dos valores contidos nas cartas. Para verificar a efetividade do jogo considerou-se dados como: sexo, idade, pontuação e domínio como principais parâmetros de análise. Para desenvolvimento, foi selecionado o *framework* LibGDX e API Rest para monitorar as métricas em tempo real. Além disso, utilizou-se do *gdx-gameanalytics*, que é uma biblioteca baseada na linguagem de programação Java, multi-plataforma que tem suporte para os sistemas Android, Linux, IOS, dentre outros.

Por sua vez, o trabalho de Spinelli [2020] apresenta um *Serious Game* intitulado “Olha Recife: O Jogo”, que utiliza *Game Learning Analytics*, desenvolvido em Unity e com a coleta de dados pelo *Firebase*, um conjunto de serviços da *Google* para desenvolvimento de aplicativos web/mobile. O objetivo do jogo é auxiliar na aprendizagem de características históricas da cidade de Recife através de uma mecânica de *infinity runner*, em que o jogador deve coletar moedas para liberar as fases posteriores. Ao esbarrar com um obstáculo, pode responder a perguntas referentes a cidade de Recife, dando continuidade à corrida caso acerte ou reiniciando, caso contrário. Projetado para um público de 16 a 30 anos, os autores realizaram a coleta de dados e puderam analisar o perfil dos jogadores, o desempenho educacional por idade e sexo, efetividade e desempenho do jogo.

Todos os trabalhos apresentados tratam da utilização de jogos educacionais e o *GLA* como ferramentas para aprimorar a educação. No entanto, este estudo diferencia-se principalmente pela sua perspectiva, pois se concentra na perspectiva dos estudantes que atuam como desenvolvedores de jogos educacionais, isso envolve entender como eles aplicam essas técnicas, desenvolvem habilidades técnicas e adquirem conhecimento prático no desenvolvimento.

3. Estudo de caso: implementação do GLA em Jogos Educacionais

O processo de implementação do *GLA* nos jogos começa desde a ideação e elaboração do jogo educacional. Essa fase não é trivial [Honda et al. 2023] e requer uma série de etapas minuciosas. O processo de *game design educacional* utilizado foi o de Pires [2021], de caráter iterativo-incremental, que se inicia com a identificação de um problema de aprendizagem, resultando no tema, conteúdo e público-alvo. Em seguida, etapas de pesquisa, imaginação, reflexão/discussão, criação, brincadeira/teste, compartilhar/brincar, reflexão e compartilhamento de aprendizagem formal.

Previamente à implementação de *GLA* nos jogos, é fundamental a etapa de modelagem educacional, que consiste em definir quais dados serão relevantes para serem capturados em jogos educacionais. A modelagem de dados tem sua representação por nomenclaturas diversificadas, mas se tratando especialmente da aprendizagem, a sequência didática torna-se um aspecto importante para criar materiais que sigam um processo de aprendizagem. No entanto, não é o único parâmetro que pode ser considerado no levantamento de variáveis a serem analisadas em um jogo educacional.

Nesta pesquisa foram consideradas dimensões que visam mensurar tanto a jogabilidade quanto a sincronização dos conteúdos a serem ludificados para o aprendiz. Essas características podem tratar da perspectiva do jogador e os impactos cognitivos que podem surgir, sejam eles evidentes, fáceis de identificar, ou mais complexos de serem analisados, tornando-se mais desafiador. Este aspecto pode variar de acordo com o jogo, sendo mais complicado de estabelecer um padrão no *design* de aprendizagem, por isso é interessante relacionar quesitos voltados a *gameplay*, perfil do jogador e objetivos educacionais.

Desse modo, na modelagem utilizada na implementação do *GLA* nos jogos apresentados, foram destacados e priorizados os seguintes fatores: i) aderência de testes de jogos; ii) elaboração e mapeamento de variáveis a partir da *gameplay*; e iii) definição dos itens que irão compor o percurso dos jogadores e progresso. Neste último ponto, observa-se que variações entre os objetos e características de cada jogo, já que podem possuir desafios, narrativas e metas diferentes, mas que podem ser categorizados como o “caminho do jogador”.

Após a etapa de modelagem, a implementação do *GLA* é efetivamente realizada, ou seja, é realizado a codificação para que os dados definidos sejam capturados. A *Unity* foi a *game engine* utilizada, por ser uma ferramenta robusta para a criação de jogos e possui suporte *online*. Para a captura de dados, identificou-se que alguns trabalhos utilizam o *Firebase* do *Google*, entretanto, no âmbito deste trabalho foi utilizado o *GLBoard* [Melo et al. 2022].

GLBoard é um modelo de captura de dados de amplo aspecto, proposto por Melo et al. [2022], que se divide em quatro módulos: *package*, *API*, banco de dados e *Dashboard*. Por meio do *package* disponível na *Unity*, o desenvolvedor pode implementar as estruturas no código através da linguagem de programação *C#*. Após a implementação, i) os dados são enviados em formato *JSON* para a *API* que ii) os envia para o banco de dados para armazená-los e para o iii) *Dashboard*, que também é por onde as contas e jogos são cadastrados. A cada envio para a *API*, os dados podem tanto ser visualizados por ela em *JSON* ou em gráficos pelo *Dashboard*.

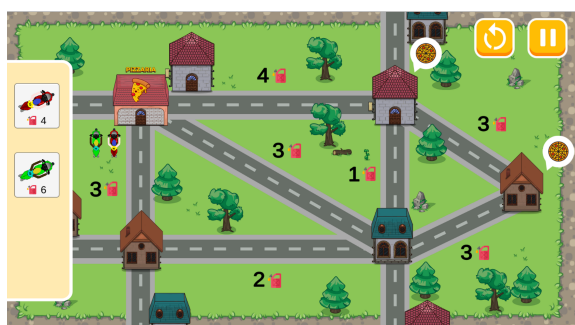
Pela estrutura de dados do *GLBoard*, o desenvolvedor consegue capturar tanto informações do jogador (data de aniversário, gênero, id, nome) quanto de sua *gameplay* (fases, sessões, performance, dentre outros). Como o modelo foi pensado para ser genérico, pode ser aplicado a qualquer jogo. Ou seja, as variáveis podem ter significados diferentes de acordo com a modelagem educacional que foi proposta. Por exemplo, “performance” pode significar quantidade de estrelas obtidas, pontuação do jogador, número de *checkpoints* alcançados, dentre outros. Já em relação ao *path player*, há ainda mais liberdade para o desenvolvedor, que pode capturar quaisquer dados que julgue relevante do percurso do jogador. Em um jogo de plataforma, por exemplo, onde o jogador pulou,

em que momento, quantos corações de vida, etc.

3.1. Jogos Educacionais com GLA

Para este estudo, foram utilizados dois jogos que passaram pelo processo de implementação do GLA: “Cadê minha pizza?”[Honda et al. 2022] e “Hello Food”[Macena et al. 2022], jogos idealizados e desenvolvidos por estudantes durante o período que cursaram graduação em Licenciatura em Computação, nas disciplinas de Design Instrucional e Oficina de Desenvolvimento de Software Educacional, da Universidade do Estado do Amazonas.

O “Cadê minha Pizza?” é um jogo cujo objetivo é realizar entregas de pizzas pela cidade, através do gerenciamento de entregadores, que possuem um custo de gasolina. O intuito é utilizar as rotas mais curtas e conseguir realizar todas as entregas, praticando implicitamente o conteúdo de caminho mínimo. Neste caso, para avaliar se o jogador realizou corretamente o percurso, as seguintes variáveis são capturadas: entregador que selecionou ou não, residência escolhida, *feedback* da ação e tempo. A Figura 1 ilustra uma das fases do jogo e alguns dados que são coletados.



```
{
  "phase_id": "2",
  "sections": [
    {
      "conclusion": "VITORIA",
      "dateTimeFinish": "03/09/2023 22:59:55",
      "dateTimeStart": "03/09/2023 22:59:12",
      "path_player": [
        "[Nenhum entregador] -> House 4 [22:59:38]",
        "Motoboy 2 -> House 5 (Não adjacente) [22:59:40]",
        "Motoboy 1 -> House 2 (Sucesso) [22:59:44]",
        "Motoboy 2 -> House 3 (Sucesso) [22:59:45]",
        "Motoboy 1 -> House 4 (Sem gasolina) [22:59:47]",
        "Motoboy 2 -> House 4 (Sucesso) [22:59:53]"
      ],
      "performance": 3,
    }
  ],
  "status": "FINALIZADA",
}
```

Figura 1. Segunda fase do jogo e exemplo de dados capturados

Neste exemplo, os dados foram modificados manualmente para simular possíveis tomadas de decisão na segunda fase do jogo. Após a análise, é possível observar que, se a performance foi igual a 3, ou seja, o jogador obteve a maior quantidade de estrelas e a sessão prolongou-se por 43 segundos. Apesar de ter utilizado o caminho mínimo na solução e vencido a fase, é possível observar algumas ressalvas: i) tentativa de fazer uma entrega sem selecionar o entregador; ii) não havia conexão (arestas) entre duas residências (vértices) ao qual se tentou fazer uma entrega e; iii) não havia gasolina suficiente para a entrega. Isso poderia ser um indicativo de que, apesar da fase ter sido concluída, possivelmente a mecânica do jogo não tenha ficado clara o suficiente para o jogador.

O “Hello Food”, é um jogo de simulação e *puzzle* que consiste na prática de conceitos de programação enquanto o jogador resolve desafios apresentados em um restaurante e segue algoritmos para preparar pratos culinários. A implementação está parcial,

ou seja, nem todas as fases realizam a captura, no entanto, já é possível visualizar os dados que são capturados. Por exemplo, na fase 1, as variáveis capturadas são: quantidades de fases, fase jogada, status (“perdeu” ou “venceu”), tempo de jogo, performance (estrelas) e caminho do jogador. Cada fase do jogo possui dois níveis, como apresentado na Figura 2, cuja primeira parte é apresentado o conteúdo de vetores, contextualizado pela alocação de clientes com suas respectivas mesas, valor indicado em seus *tickets*.

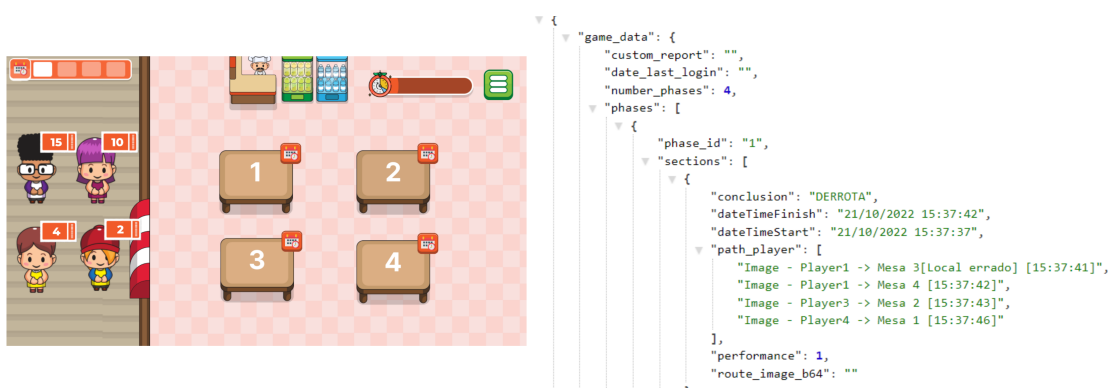


Figura 2. Primeira fase do jogo e exemplo de dados capturados

Ao analisar as possíveis inferências dos dados capturados neste nível, observa-se que o jogador clicou no personagem com valor 15 e, em seguida, na mesa 3, o que representa uma escolha incorreta, além de outros cliques que o levaram a perder na fase. No entanto, apesar de ser possível realizar mais tentativas, no terceiro movimento, o jogador obteve sucesso ao alocar valores, o que foi representado por uma estrela quando clicou no personagem com valor 4 na mesa correta (número 2). Por ser uma implementação parcial, vale ressaltar que seriam necessários mais dados para poder analisar o aprendizado do jogador em relação ao assunto de vetores, como foi proposto no jogo.

Com exceção dos dados genéricos, as variáveis capturadas em cada jogo são diferentes, de acordo com a sua modelagem educacional específica. Isso reforça a importância dessa etapa, pois os dados capturados refletem na interação que o jogador teve com o jogo. Por exemplo, no “Cadê minha Pizza?”, é possível identificar o grafo que o jogador “gerou” após interagir com os elementos, verificando se suas tomadas de decisões foram adequadas, considerando o caminho mínimo, ou não. Já em “Hello Food”, a ordem que o jogador tentou organizar os clientes nas mesas pode revelar se ele compreendeu que a alocação do vetor é crescente, que os valores dos *tickets* correspondem aos elementos do vetor, dentre outros.

4. Resultados e discussões

Vários benefícios da utilização de GLA são encontrados na literatura [Melo et al. 2020a, Alonso-Fernández et al. 2019, Rodrigues et al. 2013], por exemplo, a personalização da experiência do aprendizado, traçar perfis dos jogadores, identificar as dificuldades de aprendizagem, prever o desempenho do estudante. No entanto, é fácil observar que esses benefícios, em sua maioria, são direcionados principalmente para dois principais perfis. Sendo os Jogadores, ou seja, os estudantes que interagem e jogam os jogos educacionais, eles se beneficiam, por exemplo, da personalização do aprendizado e do *feedback* proporcionado pelo GLA, o que pode melhorar sua jornada e experiência de aprendizagem.

O outro perfil são os Professores, este são os moderadores da aprendizagem. São eles que fazem uso dos dados coletados pelo GLA e podem utilizar as informações obtidas para identificar as necessidades dos estudantes, adaptar suas abordagens em sala de aula e oferecer melhor suporte ao aprendizado da turma. No entanto, existe um terceiro perfil que muitas vezes é pouco destacado nos estudos sobre GLA, que são os designers (ou desenvolvedores) dos jogos. Na maioria dos casos, esses designers não são os próprios professores. Eles desempenham um papel crucial e central no processo de implementação das técnicas de GLA. Em se tratando de benefícios para a aprendizagem, eles são beneficiados tanto quanto os jogadores/estudantes e professores, além de terem uma consolidação do conhecimento adquirido mais rapidamente que os outros perfis, pois a implementação do GLA oferece um processo de aprendizagem prático, proporcionando a oportunidade de por conceitos teóricos em soluções práticas.

Portanto, o objetivo deste estudo de caso é destacar os benefícios pedagógicos e técnicos que a implementação da abordagem do *GLA* pode proporcionar aos envolvidos no processo de desenvolvimento do jogo. A implementação do *GLA* é um processo multidisciplinar, que envolve aspectos técnicos, como programação, análise de dados, modelagem de sistemas, engenharia de requisitos, entre outros, além dos aspectos educacionais e pedagógicos que ajudam os envolvidos a melhorar suas habilidades de comunicação e colaboração interdisciplinar.

Como se pode observar na descrição deste estudo de caso (Seção 3), o processo de implementação dos jogos “Cadê minha pizza?” e “Hello Food” proporcionou aos envolvidos, que estavam na graduação, o desenvolvimento e aprimoramento de habilidades técnicas, como a programação, e o uso de ferramentas como a Unity e o GLBoard. Além disso, estimulou os envolvidos a aprender a modelar e analisar dados educacionais, sendo esta uma atividade além das habilidades necessárias em um desenvolvedor de software, pois é essencial a interdisciplinaridade entre o computacional com o pedagógico. Isso também envolve conhecimentos em design instrucional, como a criação de *feedback* educacional significativo e a adaptação do jogo para atender às necessidades dos estudantes.

Ser parte integrante da implementação do jogo com GLA, já é por si só um processo de aprendizagem, pois oferece além de experiência enriquecedora que contribui para o crescimento profissional dos envolvidos, promove uma aprendizagem mais significativa e eficaz por permitir a aplicação prática do conhecimento teórico.

5. Considerações finais

Este trabalho apresentou um estudo de caso que visa descrever o processo de implementação de Game Learning Analytics (GLA) em dois jogos educacionais: o “Cadê minha pizza?” e o “Hello Food”. O objetivo do estudo é destacar a relevância de GLA para a educação, tanto na perspectiva acadêmica de estudantes que atuam como desenvolvedores, quanto aos benefícios que esta abordagem pode trazer para o processo de aprendizagem. Discutiu-se a importância de considerar as diferentes perspectivas dos envolvidos no uso do GLA, incluindo estudantes, professores e desenvolvedores, e que cada um tem suas próprias necessidades e benefícios relacionados a GLA.

Destaca-se que os designers/desenvolvedores desempenham um papel crucial na implementação do GLA e como essa experiência pode enriquecer suas habilidades técnicas e pedagógicas. Ressalta-se que o GLA representa uma abordagem inovadora

para aprimorar a educação por meio de jogos educacionais, e sua implementação oferece oportunidades significativas de aprendizado e crescimento para todos os envolvidos.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM – por meio do projeto POS-GRAD e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) através do processo 308513/2020-7.

Referências

- Alonso-Fernández, C., Calvo-Morata, A., Freire, M., Martínez-Ortiz, I., and Fernández-Manjón, B. (2019). Applications of data science to game learning analytics data: A systematic literature review. *Computers & Education*, 141:103612.
- Daoudi, I. (2022). Learning analytics for enhancing the usability of serious games in formal education: A systematic literature review and research agenda. *Education and Information Technologies*, 27(8):11237–11266.
- Farias, L. L. d. (2019). Utilização de game learning analytics para verificação do aprendizado em jogo sério voltado ao ensino de zoologia. B.S. thesis, Brasil.
- 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.
- Honda, F., Pires, F., Pessoa, M., and Maia, J. (2022). Cadê minha pizza? um jogo para exercitar matemática e pensamento computacional através de grafos. In *Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 876–885. SBC.
- Honda, F., Pires, F., Pessoa, M., and Oliveira, E. H. (2023). Automigos: learning design para ludificação de autômatos finitos determinísticos. In *Anais do XXXI Workshop sobre Educação em Computação*, pages 545–556. SBC.
- Macena, J., Pires, F., Pessoa, M., and Melo, R. (2022). Hello food: um jogo para praticar conceitos de algoritmos para iniciantes na computação. In *Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 1066–1075. SBC.
- 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). Gboard: 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.

- 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. et al. (2021). Thinkted lab, um caso de aprendizagem criativa em computação no nível superior.
- Plass, J. L., Homer, B. D., and Kinzer, C. K. (2015). Foundations of game-based learning. *Educational psychologist*, 50(4):258–283.
- Rodrigues, R. L., De Medeiros, F. P., and Gomes, A. S. (2013). Modelo de regressão linear aplicado à previsão de desempenho de estudantes em ambiente de aprendizagem. In *Brazilian symposium on computers in education (simpósio brasileiro de informática na educação-sbie)*, volume 24, page 607.
- Serrano-Laguna, Á., Martínez-Ortiz, I., Haag, J., Regan, D., Johnson, A., and Fernández-Manjón, B. (2017). Applying standards to systematize learning analytics in serious games. *Computer Standards & Interfaces*, 50:116–123.
- Spinelli, C. R. d. N. (2020). A utilização de game learning analytics em um serious game voltado ao turismo. B.S. thesis, Brasil.