

# Um Mapeamento Sistemático sobre Jogos Educacionais Digitais para o Ensino-Aprendizagem de Estrutura de Dados

Nikolas Oliver Sales Genesio<sup>1</sup>, Alessandra Marta de Oliveira<sup>1</sup>,  
Luciano Jerez Chaves<sup>1</sup>, Williamson Alison Freitas Silva<sup>2</sup>,  
Pedro Henrique Dias Valle<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciência da Computação  
Universidade Federal de Juiz de Fora – Juiz de Fora, MG – Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia de Software  
Universidade Federal do Pampa – Alegrete, RS – Brasil

<sup>3</sup>Departamento de Ciência da Computação  
Universidade de São Paulo – São Paulo, SP – Brasil

nikolas.genesio@estudante.ufjf.br, alessandreia.oliveira@ufjf.br,  
luciano.chaves@ufjf.br, williamsonsilva@unipampa.edu.br,  
pedrohenriquevalle@usp.br

**Abstract.** *The teaching of Data Structures (DS) is challenging due to its complexity and abstraction, resulting in high failure and dropout rates in the subject. In this regard, the Digital Educational Games (DEGs) have proved important for improving student engagement and motivation. Despite the benefits identified, there is still a lack of information on their specific use in teaching DS. Therefore, this work aims to fill this gap by conducting a Systematic Literature Mapping of the last 30 years. The results showed that there are few DEGs to support the teaching of DS and that their effectiveness is evaluated in various ways. However, issues of inclusion and accessibility are often neglected.*

**Resumo.** *O ensino de Estrutura de Dados (ED) é desafiador devido à sua complexidade e abstração, resultando em altos índices de reprovação e evasão na disciplina. Nesse sentido, os Jogos Educacionais Digitais (JEDs) têm se mostrado importantes para melhorar o engajamento e a motivação dos estudantes. Apesar dos benefícios identificados, ainda existe uma escassez de informações sobre o seu uso específico no ensino de ED. Diante disso, esse trabalho visa preencher essa lacuna, realizando um Mapeamento Sistemático da Literatura dos últimos 30 anos. Os resultados mostraram que existem poucos JEDs de apoio ao ensino de ED e que a eficácia é avaliada de diversas formas. Porém, questões abordando a inclusão e acessibilidade são frequentemente negligenciadas.*

## 1. Introdução

As disciplinas introdutórias de programação são importantes nos currículos de graduação na área de Computação, apresentando os conceitos necessários para resolver diversos dos problemas complexos que serão abordados em disciplinas avançadas [Bigolin et al. 2020, Medeiros et al. 2020]. Neste sentido, adquirir uma compreensão sólida sobre as estruturas de dados e seus algoritmos é visto como fundamental para qualquer estudante desta área [Rosa et al. 2020]. No entanto, o processo de ensino-aprendizagem desses conteúdos não

é uma tarefa trivial, principalmente em função da natureza abstrata das estruturas de dados, da complexidade de suas operações e também da dificuldade de distinguir conceitos de implementações [Souza et al. 2022, Silva e Seabra 2018]. Esses obstáculos, aliado à baixa motivação dos estudantes em aulas expositivas, resultam em elevados índices de retenção nessas disciplinas [Paschoal et al. 2020a, Rosa et al. 2021, Cerqueira et al. 2023].

Uma estratégia comumente empregada para mitigar estes desafios é por meio do uso de Jogos Educacionais Digitais (JEDs) como artefato de apoio ao processo de ensino-aprendizagem [Calderon et al. 2021, Genesio et al. 2024]. Em contraste com a abordagem de ensino tradicional, muitas vezes percebida como desinteressante e desmotivadora pelos estudantes, os JEDs apresentam a característica de imersão, aumentando o engajamento e a motivação dos jogadores, por meio de experiências interativas e divertidas, por um período maior de tempo [Valle et al. 2020, Ventura et al. 2019, Steinmetz et al. 2021, Sousa e Leite 2020]. Neste contexto, este trabalho apresenta um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) sobre os estudos primários relacionados ao uso de JEDs no apoio ao ensino-aprendizagem dos conteúdos de Estrutura de Dados (ED). O objetivo geral deste estudo é obter uma visão abrangente sobre o tema nos últimos trinta anos (1994–2024), de modo a responder as questões de pesquisa apresentadas na Subseção 4.1.

O restante deste documento está organizado como segue: a Seção 2 discorre sobre os desafios no ensino-aprendizagem de ED e os benefícios que podem ser alcançados com o uso de JEDs; a Seção 3 apresenta os trabalhos relacionados; a Seção 4 detalha o método de pesquisa adotado neste trabalho; a Seção 5 descreve e discute sobre os resultados encontrados; a Seção 6 apresenta as ameaças à validade deste estudo; e, por fim, a Seção 7 fornece as conclusões e as perspectivas de trabalhos futuros.

## 2. Fundamentação Teórica

As disciplinas de estrutura de dados são consideradas de extrema relevância no currículo dos cursos de graduação e pós-graduação em Computação [Moreira e Monteiro 2018]. Nessas disciplinas estuda-se a organização e o gerenciamento eficientes de dados para otimizar o desempenho de programas. Isso inclui estruturas como vetores e matrizes para acesso direto; listas ligadas para flexibilidade de inserção e remoção; pilhas e filas para gerenciamento de entrada e saída; árvores binárias e árvores balanceadas para busca eficiente; grafos para modelar as relações entre os elementos de um conjunto; tabelas *hash* para armazenamento e recuperação rápida; *heaps* para ordenação e filas de prioridade; e estruturas de conjuntos e mapas para manipulação de coleções. O ensino de todas estas estruturas é sempre aliado à análise de algoritmos para compreender e otimizar a complexidade de tempo e espaço nas operações básicas [Cormen et al. 2022].

Os principais desafios no ensino-aprendizagem de ED incluem a abstração e a complexidade dos conceitos [Paschoal et al. 2020b, Barbosa et al. 2023]. Estudantes frequentemente enfrentam dificuldades em pensar nos dados de forma não concreta (como conceitos de alto nível ao invés de valores específicos), o que dificulta a visualização de como diferentes estruturas de dados funcionam e quais são suas aplicações práticas. Além disso, a análise de complexidade exige uma compreensão profunda de como o desempenho dos algoritmos é afetado pelo tamanho dos dados, o que pode ser abstrato e contraintuitivo para estudantes em início de curso.

A recursividade e as técnicas de dividir e conquistar, essenciais para muitas es-

estruturas de dados, podem ser particularmente desafiadoras, pois exigem uma forma de pensar não linear e uma habilidade de rastrear múltiplas chamadas de função e seus estados. Outro desafio significativo é a implementação prática: os estudantes precisam não apenas entender os conceitos teóricos, mas também traduzir esses conceitos em código eficiente, o que requer habilidades de programação e depuração que podem ainda estar em desenvolvimento. Além disso, há a questão da motivação e relevância, em que os estudantes podem ter dificuldades em ver a aplicação prática e os benefícios de dominar estruturas de dados complexas, especialmente em estágios iniciais do curso.

Ainda hoje é comum que professores utilizem exclusivamente de aulas expositivas para o ensino de ED [Feichas et al. 2021]. Dada a complexidade do conteúdo abordado, essa metodologia pode não ser a mais eficaz, impactando negativamente no desempenho acadêmico dos estudantes [Mendonça et al. 2021, Borges et al. 2021, Calderon et al. 2024]. Além disso, uma parcela considerável dos discentes percebe a aprendizagem de ED como desafiadora, contribuindo para os altos índices de retenção e evasão nessas disciplinas [Silva et al. 2021b].

Nos últimos anos, têm sido cada vez mais comum a adoção de Jogos Educacionais Digitais (JEDs) como estratégia instrucional em várias áreas do conhecimento. Nesse contexto, os JEDs são frequentemente abordados como um objeto de aprendizagem que promove ambientes atrativos e interativos com o objetivo de ensinar aos estudantes jogadores sobre um determinado assunto [Silva et al. 2021a, Petri et al. 2019]. Os JEDs oferecem diversas vantagens: engajamento e motivação aumentados através de experiências interativas e divertidas; aprendizado adaptativo que se ajusta ao ritmo e nível do estudante; retorno imediato que ajuda na correção rápida de erros; desenvolvimento de habilidades como pensamento crítico e resolução de problemas em contextos simulados; acessibilidade para diferentes estilos de aprendizagem; e suporte à colaboração e competição saudável entre pares.

Ademais, os JEDs também possibilitam a personalização do conteúdo, tornando o aprendizado mais relevante e eficaz para cada indivíduo [Valle 2016, Honda et al. 2020]. Por entender que os JEDs estão em sintonia com o estilo de aprendizagem das atuais gerações, alcançando excelentes resultados no que diz respeito ao envolvimento dos estudantes [Classe e Castro 2020], este trabalho visa mapear a literatura em busca de estudos sobre o uso de JEDs no apoio ao ensino-aprendizagem dos conteúdos de ED.

### 3. Trabalhos Relacionados

Algumas revisões e MSLs relacionados ao ensino de ED estão disponíveis na literatura. Dentre eles, quatro estudos são especialmente pertinentes a este trabalho, pois incluem discussões sobre o uso de JEDs no ensino-aprendizagem de ED.

Barbosa e Júnior (2013) realizaram um MSL para identificar e classificar as abordagens de apoio ao ensino de ED através de recursos computacionais. Os resultados indicam que a abordagem mais comum é o uso de ferramentas educacionais digitais, seguida pela utilização de JEDs. Os autores identificaram 22 tópicos de ED abordados nos estudos analisados. Notavelmente, tópicos como manipulação de vetores e métodos de ordenação foram amplamente explorados. Por outro lado, estruturas como tabela *hash* e lista circular foram pouco mencionadas. Os autores também identificaram uma deficiência em estudos que avaliem as diferentes abordagens.

Rojas-Salazar e Haahr (2020b) conduziram uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre jogos sérios voltados ao ensino de estruturas de dados e algoritmos recursivos. Os autores identificaram 17 jogos sérios que abordam 9 tópicos de ED e 6 algoritmos recursivos. Os resultados indicam que os jogos sérios têm potencial para auxiliar os estudantes na aquisição de habilidades complexas de aprendizado. No entanto, os autores ressaltaram a necessidade de melhorias na metodologia de avaliação desses jogos na área de ensino-aprendizagem.

Calderon *et al.* (2021) realizaram um MSL sobre as metodologias ativas mais utilizadas no ensino de programação em cursos de graduação no Brasil. Os resultados indicam que os JEDs são a metodologia mais comumente adotada pelos docentes, sendo que algoritmos e estrutura de dados são as disciplinas onde essas metodologias são mais frequentemente empregadas. Os autores observaram que as metodologias ativas proporcionam um ambiente adequado para a aprendizagem em equipe, estimulando a curiosidade e o envolvimento dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem.

Por fim, Feitosa (2023) apresenta uma RSL sobre as iniciativas voltadas ao ensino de ED no Brasil. Dentre elas, destacam-se a criação de JEDs, metodologias e ferramentas de suporte e análise que buscam auxiliar o ensino de ED em suas particularidades. No entanto, o autor observou que existem poucos objetos de aprendizagem que empregam, de fato, técnicas envolventes e motivadoras para os estudantes, configurando uma deficiência de iniciativas efetivas de apoio ao ensino-aprendizagem de ED nas instituições brasileiras de ensino superior.

Fica evidente que, apesar da existência de MSL e RSL voltados para o ensino de ED, estes estudos não se concentram especificamente em JEDs, sendo que parte deles ainda se restringem a estudos desenvolvidos no Brasil. O MSL aqui proposto se diferencia dos demais por sua especificidade no tema (JEDs para o ensino-aprendizagem de ED) e sua abrangência de busca (incluindo estudos nacionais e internacionais).

## 4. Método de Pesquisa

Este MSL observa as diretrizes propostas em Petersen *et al.* (2008), que inclui a definição das questões de pesquisa a serem respondidas (Subseção 4.1); a definição das estratégias de busca, incluindo a *string* de busca e a seleção das bases de dados (Subseção 4.2); a definição dos critérios de inclusão e exclusão para os estudos (Subseção 4.3); e os procedimentos de busca e análise dos trabalhos encontrados (Subseção 4.4).

### 4.1. Questões de Pesquisa

Este MSL visa responder as seguintes Questões de Pesquisa (QPs):

- QP1:** *Quais tópicos de ED são abordados nos JEDs?*
- QP2:** *Quais são os elementos de projeto dos JEDs que contribuem significativamente para o envolvimento e motivação dos estudantes de ED?*
- QP3:** *Quais são as tecnologias comumente utilizadas no desenvolvimento dos JEDs?*
- QP4:** *Como é avaliado o impacto dos JEDs no ensino-aprendizagem de ED?*
- QP5:** *Qual é o impacto causado pelos JEDs no ensino-aprendizagem de ED?*
- QP6:** *Como os JEDs abordam questões de inclusão e acessibilidade?*

## 4.2. Estratégia de Busca

A seguinte *string* de busca foi definida para agrupar os termos que se relacionam com este MSL: ((“*serious game*” OR “*educational game*” OR “*learning game*” OR “*game based learning*” OR “*simulation game*”) AND (“*data structure*”) AND (“*educat\**” OR “*course*” OR “*teach\**” OR “*learn\**”)).

As bases de dados selecionadas foram a *Biblioteca Digital da Sociedade Brasileira de Computação (SBC OpenLib – SOL)*<sup>1</sup> e a *Scopus*<sup>2</sup>. Para expandir a cobertura de busca e identificar estudos relevantes, o método *snowballing* foi aplicado de duas formas: a busca na lista de referências (*backward snowballing*) e a busca nas citações (*forward snowballing*) [Machado et al. 2020]. O uso de uma estratégia híbrida, que combina a pesquisa na base de dados *Scopus* com uma pesquisa paralela utilizando *snowballing*, tende a proporcionar um equilíbrio adequado entre a qualidade dos resultados e o esforço necessário para a revisão [Mourão et al. 2020].

## 4.3. Critérios de Inclusão e Exclusão

O seguinte Critério de Inclusão (CI) foi definido para este MSL:

**CI1:** *O estudo apresenta um JED para o ensino-aprendizagem de ED.*

Os seguintes Critérios de Exclusão (CE) foram definidos para este MSL:

**CE1:** *O estudo não é primário;*

**CE2:** *O estudo não está disponível;*

**CE3:** *O estudo descreve apenas os aspectos de implementação do JED;*

**CE4:** *O estudo não está escrito em português ou inglês;*

**CE5:** *O estudo não está direcionado ao contexto de ED;*

**CE6:** *O estudo é curto;*

**CE7:** *O estudo é duplicado.*

## 4.4. Procedimentos e Análise dos Estudos

O processo de busca foi realizado em quatro etapas, conforme ilustrado na Figura 1. Inicialmente foi feita uma avaliação de todos os estudos primários recuperados para identificar os que eram relevantes para responder às QPs, resultando em 78 estudos. Na segunda etapa, os títulos e resumos dos 78 estudos candidatos foram analisados, aplicando-se o CI e os CEs. Como resultado, foi identificado um subconjunto de 26 estudos primários. Na terceira etapa, a leitura detalhada desses 26 estudos resultou na exclusão de 10 deles que não atendiam aos critérios. Finalmente, na quarta etapa, as técnicas de *snowballing* foram aplicadas aos 16 estudos selecionados, adicionando outros 5 estudos à lista. Portanto, um total de 21 estudos foram selecionados, todos listados na Tabela 1.

## 5. Resultados e Discussões

Nesta seção são apresentadas as respostas às questões de pesquisa (Subseção 5.1) e as discussões sobre os resultados encontrados neste MSL (Subseção 5.2).

<sup>1</sup><https://sol.sbc.org.br>

<sup>2</sup><https://www.scopus.com>

**Tabela 1. Lista de estudos primários analisados neste MSL.**

<b>ID</b>	<b>Título</b>	<b>Referência</b>
E1	<i>Using a Serious Video Game to Support the Learning of Tree Traversals</i>	[Jiménez-Hernández et al. 2021]
E2	<i>Abstracting Learning Methods for Stack and Queue Data Structures in Video Games</i>	[Park e Ahmed 2017]
E3	<i>Play and learn DS: Interactive and gameful learning of data structure</i>	[Kaur e Geetha 2015]
E4	<i>Using a game-like module to reinforce student understanding of recursion</i>	[Zhang et al. 2014]
E5	<i>Learning Binary Search Trees through Serious Games based on Analogies</i>	[Rojas-Salazar e Haahr 2020a]
E6	<i>A Mobile Game to Teach AVL Trees</i>	[Šuníková et al. 2018]
E7	<i>Digital game based learning of stack data structure using question prompts</i>	[Ramle et al. 2019]
E8	<i>Active learning through game play in a data structures course</i>	[Dicheva e Hodge 2018]
E9	<i>La Petite Fee Cosmo: Learning data structures through game-based learning</i>	[Kannappan et al. 2019]
E10	<i>Visualize and Learn Sorting Algorithms in Data Structure Subject in a Game-based Learning</i>	[Lim et al. 2022]
E11	<i>A Game-Based Approach for Teaching Algorithms and Data Structures using Visualizations</i>	[Su et al. 2021]
E12	<i>Reinforcing student understanding of linked list operations in a game</i>	[Zhang et al. 2015]
E13	<i>SORTIA 2.0: Um jogo de ordenação para o ensino de estrutura de dados</i>	[Battistella et al. 2016]
E14	<i>Jogo educativo no ensino de estrutura de dados: aliando Educação 5.0, gamificação e storytelling</i>	[Barbosa et al. 2023]
E15	<i>Design and development of a gaming application for learning recursive programming</i>	[Fourkanul Islam et al. 2021]
E16	<i>Gamification to engage and motivate students to achieve computer science learning goals</i>	[Butler e Ahmed 2016]
E17	<i>Binary apple tree: A game approach to tree traversal algorithms</i>	[Karapinar et al. 2012]
E18	<i>Experimental evaluation of teaching recursion in a video game</i>	[Chaffin et al. 2009]
E19	<i>Deg4trees: Um jogo educacional digital de apoio ao ensino de estruturas de dados</i>	[Barbosa et al. 2015]
E20	<i>Realization of conceptual knowledge through educational game</i>	[Ismail et al. 2013]
E21	<i>Experimental evaluation of teaching recursion with HTML5 game</i>	[Vasić et al. 2014]

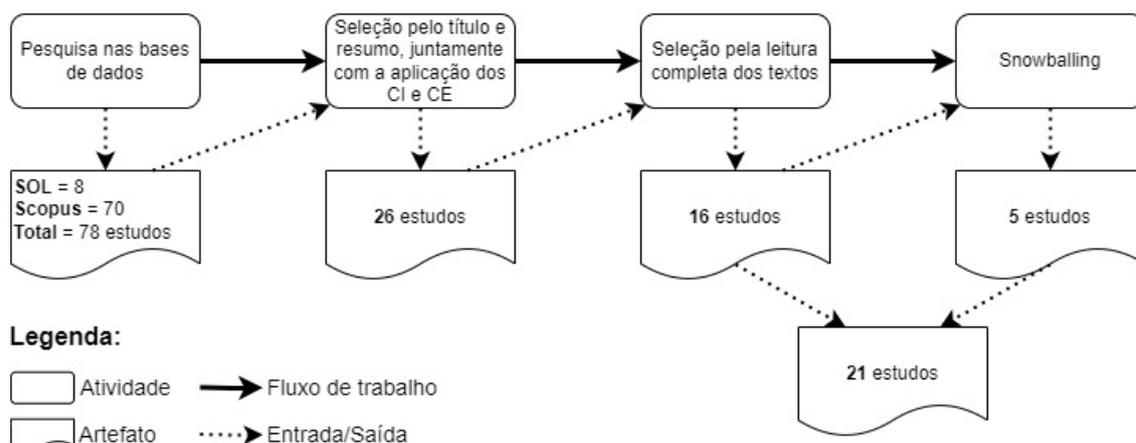


Figura 1. Processo de busca em quatro etapas para este MSL.

### 5.1. Respostas às Questões de Pesquisa

**QP1:** *Quais tópicos de ED são abordados nos JEDs?*

A Tabela 2 apresenta os conteúdos de ED abordados nos 21 estudos deste MSL. É possível observar que os conteúdos de árvore e pilha são os que mais possuem JEDs direcionados para o seu aprendizado. A árvore é uma estrutura de dados hierárquica composta por nós, onde cada nó possui um valor e zero ou mais nós filhos, com um nó raiz no topo e nós folhas sem filhos, representando relações de pai-filho de forma acíclica [Alencar et al. 2020]. Os JEDs desenvolvidos em E1, E3, E5, E6, E14, E17 e E19 buscam mitigar as dificuldades no processo de ensino-aprendizagem de árvores. Por sua vez, a pilha é uma estrutura de dados onde o último elemento a entrar é o primeiro elemento a sair (*Last-In, First-Out – LIFO*) [Agner et al. 2021]. Os JEDs desenvolvidos em E2, E3, E7, E8, E11, E14 e E20 objetivam auxiliar no ensino-aprendizagem de pilhas.

Tabela 2. Tópicos de ED abordados nos JEDs.

Tópicos	ID
Árvore	E1, E3, E5 E6, E14, E17, E19
Pilha	E2, E3, E7, E8, E11, E14, E20
Fila	E2, E3, E11, E14
Lista	E9, E11, E12, E14
Recursividade	E4, E15, E18, E21
Ordenação	E10, E13, E16
Matriz	E11
Vetor	E3

Ademais, os tópicos de fila, lista e recursividade são abordados por uma diversidade de JEDs. A estrutura de dados fila segue o princípio (*First-In, First-Out – FIFO*), isto é, o primeiro elemento a entrar é o primeiro a sair [Moreira e Monteiro 2018]. Os estudos E2, E3, E11 e E14 focam no ensino dessa estrutura. As listas, por sua vez, são estruturas de dados que mantêm uma sequência linear entre os elementos [Gomes e Araujo 2021]. Os estudos E3, E9, E11 e E12 são voltados ao seu ensino.

Por último, a recursividade consiste em reduzir sucessivamente um problema até que ele se torne suficientemente simples para ser resolvido, sendo um dos tópicos mais desafiadores para os estudantes [Filho e Coutinho 2021]. Nesse sentido, os JEDs desenvolvidos nos estudos E4, E15, E18 e E21 visam auxiliar os estudantes a dominar o conceito de recursão.

Os demais estudos apresentam tópicos adicionais, tais como ordenação, vetor e matriz. É importante destacar que alguns estudos englobam múltiplos tópicos de ensino em ED, como o E3, que aborda conceitos de árvore, pilha, fila e vetor; enquanto o E11 trata de pilha, fila, lista e matriz.

**QP2:** *Quais são os elementos de projeto dos JEDs que contribuem significativamente para o envolvimento e motivação dos estudantes de ED?*

Foram identificados vários elementos específicos de projeto que ajudaram a aumentar o engajamento e a motivação dos estudantes na compreensão dos conceitos de ED. Dentre esses elementos, os níveis de dificuldade dos JEDs foram os mais citados, mencionados em sete estudos: E6, E9, E11, E12, E15, E16 e E20. Os níveis de dificuldade são projetados para progredir do mais simples ao mais complexo [Araújo e Seabra Junior 2021]. Além disso, cada nível representa um objetivo intermediário e, ao alcançá-lo, os estudantes experimentam uma sensação de realização, o que os motiva a continuar e superar o próximo nível [Dutra et al. 2022a, Bueno et al. 2022]. A análise de estudos com múltiplos níveis revelou que os estudantes demonstram maior concentração e atenção durante a interação com os JEDs, resultando em uma compreensão mais profunda e significativa dos conceitos ensinados.

Adicionalmente, o enredo do JED foi citado em cinco estudos: E4, E5, E8, E14 e E19. Este é outro fator que contribuiu para o engajamento dos estudantes. O enredo do JED engaja o usuário ao proporcionar a imersão em um universo definido pela narrativa do JED [Macena et al. 2019]. Nesse sentido, notou-se que os estudantes se envolveram mais quando o JED possuía um enredo, tornando a aprendizagem mais significativa.

Por último, tanto o cenário quanto a mecânica do jogo foram elementos identificados como influentes na motivação dos estudantes. O cenário, que foi mencionado em quatro estudos (E1, E16, E18 e E20), simboliza a sequência de eventos e é crucial para a imersão do jogador [Alves et al. 2020a]. Por outro lado, a mecânica, citada em três estudos (E7, E9 e E18), é responsável pelas interações do JED e se alinha com a narrativa estabelecida [Macena et al. 2022]. Outros elementos (como animações, realismo, metáforas, sons e desafios), também têm contribuição para o engajamento dos estudantes, auxiliando na compreensão dos conceitos de ED.

**QP3:** *Quais são as tecnologias comumente utilizadas no desenvolvimento dos JEDs?*

Diferentes ferramentas e linguagens de programação foram empregadas no desenvolvimento de JEDs para o ensino-aprendizagem de ED, como ilustrado na Tabela 3. A ferramenta mais utilizada nesse contexto foi a *Unity*<sup>3</sup>, mencionada em sete estudos: E1, E2, E5, E8, E9, E10 e E16. A *Unity* é o motor de jogos gratuito mais utilizado atualmente, alinhando-se com as descobertas da pesquisa atual, que também a classifica como a mais empregada [Gazis e Katsiri 2023]. Além disso, a *Unity* também disponibiliza um

---

<sup>3</sup><https://unity.com/>

amplo conjunto de bibliotecas e suporta a exportação de jogos para diversas plataformas [Nascimento et al. 2020]. Foi observado que a utilização da ferramenta *Unity* facilitou a criação das mecânicas dos jogos e dos cenários interativos, além de simplificar a implementação dos elementos visuais e sonoros.

**Tabela 3. Tecnologias utilizadas no desenvolvimento dos JEDs.**

Tecnologia	ID
Unity	E1, E2, E5, E8, E9, E10, E16
GameMaker	E4, E12, E17
HTML5	E13, E21
JavaScript	E13, E21
Adobe	E7
Android Development Tools	E3
Flutter	E14
PHP	E13
XNA Game Studio	E18

O *GameMaker*<sup>4</sup> também foi empregado para facilitar o desenvolvimento de JEDs, mencionado em três estudos: E4, E12 e E17. O *GameMaker* oferece uma programação intuitiva, permitindo que o desenvolvedor crie jogos sem a necessidade de dominar qualquer linguagem de programação [Saccol et al. 2019]. Adicionalmente, os jogos também podem ser exportados para diversas plataformas [Scherer et al. 2020].

Por fim, diferentes linguagens de programação, como HTML5, JavaScript e PHP, foram empregadas e combinadas no desenvolvimento tanto da mecânica quanto do projeto dos jogos. Além disso, o software *Adobe* foi utilizado na parte gráfica, sendo útil para a edição e criação das imagens dos JEDs durante a fase de prototipação. Vale destacar que alguns estudos, como E6, E11, E15, E19 e E20, não especificaram qual ferramenta ou linguagem de programação foi utilizada no desenvolvimento do JED.

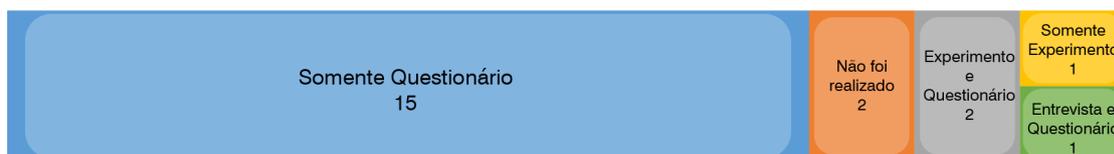
#### **QP4: Como é avaliado o impacto dos JEDs no ensino-aprendizagem de ED?**

Para avaliar a eficácia e o impacto dos JEDs no ensino-aprendizagem de ED, múltiplos métodos foram utilizados para coletar informações, analisar futuras melhorias e avaliar dimensões como usabilidade, satisfação, relevância, aprendizado e imersão [Lima et al. 2020b]. A Figura 2 ilustra a proporção entre os diferentes métodos de avaliação adotados pelos estudos.

O método de avaliação mais utilizado foi o questionário, mencionado em 15 estudos: E1, E2, E3, E7, E8, E10, E11, E12, E14, E15, E16, E18, E19, E20 e E21. O questionário é um instrumento confiável para medir as percepções e a experiência de jogo dos participantes [Tondorf et al. 2023]. Nos estudos analisados, essa abordagem permitiu uma compreensão mais profunda das percepções dos jogadores durante a experiência de jogo, coletando informações que ajudaram os desenvolvedores a avaliar o grau de concordância dos usuários com as afirmações apresentadas. Além disso, foi observado que questionários diferentes foram aplicados para cada JED, adaptados especificamente ao

<sup>4</sup><https://gamemaker.io/>

contexto do respectivo JED. Essa abordagem permitiu que as avaliações abordassem os aspectos e objetivos únicos de cada JED, garantindo que o *feedback* fosse relevante.



**Figura 2. Métodos de avaliação dos JEDs.**

O segundo método de avaliação mais utilizado foi a combinação de experimentos com questionários, mencionada em dois estudos: E6 e E13. Essa combinação permite uma avaliação tanto qualitativa quanto quantitativa do JED, além de uma verificação mais ampla da eficácia do aprendizado [Frosi e Jaques 2020, Lima e Ferreira 2021]. Nos estudos analisados, essa abordagem possibilitou uma avaliação abrangente, fornecendo detalhes sobre diferentes aspectos do JED. Além disso, é importante destacar que os estudos E5 e E9, não apresentaram avaliação dos JEDs. Isso gera preocupação, pois as respostas dessas avaliações são essenciais para validar o jogo e para identificar aspectos que precisam ser ajustados [Dutra et al. 2022b].

Finalmente, o estudo E17 adotou como método de avaliação exclusivamente o experimento, enquanto o estudo E4 adotou uma abordagem combinada de entrevista e questionário. O experimento é empregado para uma análise qualitativa do jogo, enquanto a combinação de entrevista e questionário é utilizada para obter um retorno mais abrangente dos jogadores, auxiliando na compreensão de suas necessidades, preferências, motivações e atitudes [Cruz et al. 2023, Carneiro et al. 2019].

**QP5: Qual é o impacto causado pelos JEDs no ensino-aprendizagem de ED?**

Com exceção dos estudos E5 e E9, que não avaliaram seus JEDs, os autores indicaram uma receptividade positiva em relação ao aprendizado de ED através dos JEDs. Os relatos indicam que os estudantes demonstraram, de maneira geral, maior motivação no processo de aprendizagem, e que houve um aumento significativo no conhecimento e na compreensão dos conceitos de ED após a prática do jogo. Ademais, esse impacto positivo na aprendizagem também resultou em um engajamento mais ativo por parte dos discentes no processo educacional. Dessa forma, pode-se observar que o uso de JEDs facilita o processo de ensino-aprendizagem de ED, alcançando níveis mais altos de atenção, relevância, confiança e satisfação quando comparada ao método de ensino tradicional.

Alguns estudos avaliaram o conhecimento de ED dos participantes antes e depois do uso do JED, utilizando um pré-teste e um pós-teste. Esses testes foram aplicados para determinar o impacto causado pelo JED no aprendizado. Nos estudos E8, E18 e E21, foi observado que os estudantes alcançaram ganhos de aprendizagem estatisticamente significativos, reforçando a importância dos JEDs para o ensino-aprendizagem de ED.

**QP6: Como os JEDs abordam questões de inclusão e acessibilidade?**

Ao analisar todos os estudos, observou-se que nenhum deles abordou questões de inclusão e acessibilidade no desenvolvimento de JEDs para o ensino-aprendizagem de ED. Isso é preocupante, dada a importância de considerar aspectos de acessibilidade ao desenvolver jogos, especialmente considerando que estudantes com deficiên-

cia intelectual, motora e visual estão presentes na diversidade do ambiente acadêmico [Belarmino et al. 2021, Alves et al. 2020b]. Portanto, é crucial considerar as pessoas com deficiência durante o processo de desenvolvimento de JEDs [Lima et al. 2020a].

É importante destacar que apenas o estudo E6 abordou questões de acessibilidade como trabalhos futuros. Esse estudo planeja a inclusão de uma opção para ajustar o tamanho da fonte e o contraste no jogo, permitindo que usuários com dispositivos de tela pequena ou com deficiência visual leve possam desfrutar do jogo. No entanto, isso ainda é pouco quando comparado com a amplitude e a importância da acessibilidade.

## 5.2. Discussão Sobre os Resultados

Os resultados indicam uma escassez de JEDs direcionados ao ensino-aprendizagem de ED, evidenciada pelo número reduzido de estudos primários encontrados neste MSL. A análise também indica que, entre os JEDs existentes, a maior parte se concentra no ensino de poucos tópicos de ED (principalmente árvores e pilhas). Para amenizar as dificuldades e tornar o processo de aprendizagem mais eficaz, alguns elementos de jogabilidade são incorporados aos JEDs. Esses elementos incluem diversos níveis de dificuldade para estimular os estudantes, e um enredo envolvente para aumentar o engajamento dos mesmos, o que tem um impacto direto na compreensão dos conceitos de ED.

Adicionalmente, tanto o cenário quanto a mecânica do jogo são elementos que também contribuem para uma experiência de aprendizagem mais dinâmica e envolvente. Esses elementos, quando bem integrados, transformam o ensino-aprendizagem de ED em uma atividade mais acessível e estimulante para os estudantes. Para auxiliar no desenvolvimento desses JEDs e integrar seus elementos, algumas ferramentas têm sido amplamente utilizadas, como a *Unity* e *GameMaker*, que permitem aos desenvolvedores criar JEDs com uma variedade de elementos interativos.

No contexto educacional, especialmente no ensino-aprendizagem de ED, o uso de JEDs tem mostrado resultados promissores. As informações coletadas até então indicam que os JEDs têm um efeito positivo na compreensão dos conceitos de ED pelos estudantes. Por meio do uso de JEDs, os estudantes conseguem entender melhor esses conceitos, o que resulta em um aumento significativo na sua compreensão e, conseqüentemente, seu entendimento. Para avaliar a eficácia dos JEDs, foram adotadas múltiplas abordagens de avaliação. No entanto, uma preocupação que surgiu foi que alguns estudos não avaliaram a eficácia e o impacto de seus JEDs no ensino-aprendizagem de ED após o desenvolvimento. Isso destaca a necessidade de avaliações pós-desenvolvimento para garantir que os JEDs sejam realmente eficazes como ferramentas de ensino.

Por fim, uma outra preocupação decorrente dos resultados foi a falta de abordagem de questões de inclusão e acessibilidade nos JEDs voltados para o ensino-aprendizagem de ED. Essa lacuna é significativa, pois a inclusão e a acessibilidade são aspectos fundamentais para garantir que todos os estudantes, independentemente de suas habilidades ou limitações, possam se beneficiar dessas ferramentas educacionais. Conforme reportado no MSL conduzido por Andrade *et al.* (2021), percebe-se que poucos projetistas de jogos consideram os aspectos de acessibilidade, independentemente do contexto — seja para diversão, terapias ou aprendizado. Portanto, é evidente a necessidade de promover maior inclusão nos JEDs para o ensino-aprendizagem de ED.

## 6. Ameaças à Validade

Durante o planejamento e a execução deste MSL, identificaram-se possíveis ameaças à validade, as quais são discutidas para orientar a interpretação deste estudo. Essas ameaças foram definidas com base nas diretrizes propostas em Wohlin *et al.* (2012).

Quanto à *validade interna*, o fator humano pode ter influenciado a pesquisa, impactando os resultados durante a condução e análise dos estudos. Para minimizar essa ameaça, todas as etapas do MSL foram realizadas em duplas, visando eliminar vieses durante a condução e extração de dados.

Em relação à *validade externa*, apenas duas bases de dados foram utilizadas, o que pode restringir a quantidade de estudos identificados. No entanto, para mitigar essa ameaça, o método *snowballing* foi aplicado para expandir a cobertura de busca e identificar estudos relevantes.

Por fim, com o intuito de minimizar a ameaça à *validade de construção*, relacionada ao processo de seleção de estudos, as palavras usadas para construir a *string* de busca foram selecionadas para cobrir o maior número possível de JEDs para o ensino-aprendizagem de ED. Além disso, a *string* de busca foi criada, calibrada e validada várias vezes para assegurar sua eficácia.

## 7. Conclusão e Trabalhos Futuros

O presente trabalho teve como objetivo mapear, de forma sistemática, os estudos primários que utilizam JEDs como ferramentas de apoio no processo de ensino-aprendizagem de ED. Inicialmente, observou-se a escassez de JEDs neste sentido, o que sugere uma janela de oportunidade para o desenvolvimento de novos recursos que possam auxiliar no ensino-aprendizagem de ED.

Ademais, esta pesquisa revelou que uma variedade de tópicos de ensino de ED são abordados por meio dos JEDs, com o apoio de várias ferramentas e linguagens que facilitam o desenvolvimento desses JEDs. Foi observado também que houve uma aceitação positiva em relação ao aprendizado de ED, com os estudantes demonstrando um aumento na motivação durante esse processo de aprendizagem. Por fim, os JEDs não abordaram aspectos de acessibilidade, fornecendo uma base para que os desenvolvedores de JEDs tornem esses recursos acessíveis para diferentes contextos.

Para trabalhos futuros, sugere-se que as informações coletadas sejam utilizadas para o desenvolvimento contínuo de novos JEDs que se concentrem especificamente nos conceitos relacionados à ED. Além disso, é altamente recomendável que a comunidade explore áreas do ensino-aprendizagem de ED que ainda não foram abordadas pelos JEDs apresentados. Com base nessa exploração, a comunidade pode propor e desenvolver novos JEDs que preencham essas lacunas identificadas.

## Referências

Agner, L. T. W., Thomen, M. A. F., Utzig, G. M., e Soares, I. W. (2021). Educasso em algoritmos e estruturas de dados no contexto do ensino baseado em jogos digitais. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, (30):85–92.

- Alencar, L., Pessoa, M., e Pires, F. (2020). Um jogo educacional para exercitar propriedades de árvores binárias de busca. Em *Anais dos Workshops do IX Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, páginas 226–231. SBC.
- Alves, A. F., dos Santos Machado, L., e Felipe, C. F. B. (2020a). Arminogame: Um jogo colaborativo com realidade aumentada para ensino de bioquímica estrutural. Em *Anais do V Congresso sobre Tecnologias na Educação*, páginas 482–491. SBC.
- Alves, A. G., Chaves, J. E., e Cordeiro, A. M. (2020b). Interface tangível com material dourado em jogo digital de aprendizagem de matemática. Em *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, páginas 612–621. SBC.
- Andrade, L. H. F. B., Da Costa, R. M. E. M., e Werneck, V. M. B. (2021). Acessibilidade em jogos: Um mapeamento sistemático. Em *Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, páginas 840–848. SBC.
- Araújo, G. S. e Seabra Junior, M. O. (2021). Elementos fundamentais para o design de jogos digitais com o foco no treino de competências e habilidades de estudantes com transtorno do espectro autista: uma revisão sistemática. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, 102:120–147.
- Barbosa, H. S., da Silva, F. F., Junior, M. M. C., e Aylon, L. B. R. (2023). Jogo educativo no ensino de estrutura de dados: aliando educação 5.0, gamificação e storytelling. Em *Anais Estendidos do XXII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, páginas 792–803. SBC.
- Barbosa, W., Nunes, I., Inocêncio, A. C., de Oliveira, T., e Júnior, P. P. (2015). Deg4trees: Um jogo educacional digital de apoio ao ensino de estruturas de dados. Em *Anais do XXIII Workshop sobre Educação em Computação*, páginas 150–160. SBC.
- Barbosa, W. A. e Júnior, P. A. P. (2013). Um mapeamento sistemático sobre ferramentas de apoio ao ensino de algoritmo e estruturas de dados. Em *Anais do XXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, página 406.
- Battistella, P. E., Petri, G., von Wangenheim, C. G., von Wangenheim, A., e Martina, J. E. (2016). Sortia 2.0: Um jogo de ordenação para o ensino de estrutura de dados. Em *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, páginas 558–565. SBC.
- Belarmino, G. D., Beda, J. S., Ferreira, P. N., e Goya, D. (2021). Critérios de acessibilidade para jogos educacionais digitais que visam o desenho universal. Em *Anais do XXXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, páginas 667–678. SBC.
- Bigolin, N. M., Silveira, S. R., Bertolini, C., de Almeida, I. C., Geller, M., Parreira, F. J., da Cunha, G. B., e Macedo, R. T. (2020). Metodologias ativas de aprendizagem: um relato de experiência nas disciplinas de programação e estrutura de dados. *Research, Society and Development*, 9(1):e74911648.
- Borges, L. F., Martinez, A. C., e Ribeiro, T. P. (2021). O ensino de estrutura de dados auxiliado por uma plataforma didática na web. Em *Anais Estendidos do XVII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, páginas 37–40. SBC.
- Bueno, E. D., Beder, D. M., e Otsuka, J. L. (2022). Recomendações de design para promover o engajamento em jogos digitais educacionais: um mapeamento sistemático da

- literatura. *Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, páginas 415–426.
- Butler, S. e Ahmed, D. T. (2016). Gamification to engage and motivate students to achieve computer science learning goals. Em *2016 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)*, páginas 237–240. IEEE.
- Calderon, I., Silva, W., e Feitosa, E. (2021). Um mapeamento sistemático da literatura sobre o uso de metodologias ativas durante o ensino de programação no brasil. *Anais do XXXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, páginas 1152–1161.
- Calderon, I., Silva, W., e Feitosa, E. (2024). Active learning methodologies for teaching programming in undergraduate courses: A systematic mapping study. *Informatics in Education*, 23(2):279–322.
- Carneiro, N., Darin, T., e Viana, W. (2019). Uso de entrevistas na avaliação de jogos baseados em localização: Lições e desafios. Em *Anais do I Workshop sobre Interação e Pesquisa de Usuários no Desenvolvimento de Jogos*, páginas 59–68. SBC.
- Cerqueira, T. O., Silva, A. P. S., e de Jesus Araujo, L. G. (2023). Codebo unplugged: Um jogo desplugado para o ensino de pilha. Em *Anais Estendidos do III Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*, páginas 04–05. SBC.
- Chaffin, A., Doran, K., Hicks, D., e Barnes, T. (2009). Experimental evaluation of teaching recursion in a video game. Em *Proceedings of the 2009 ACM SIGGRAPH Symposium on Video Games*, páginas 79–86.
- Classe, T. M. e Castro, R. M. (2020). Ludificando os fundamentos de computação através de aprendizagem ativa. Em *Anais do XXVIII Workshop sobre Educação em Computação*, páginas 116–120. SBC.
- Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., e Stein, C. (2022). *Introduction to Algorithms*. The MIT Press, 4ª edição.
- Cruz, A. K. B. S., de Aquino Junior, M. A., Neto, G. d. O. C., Neto, C. d. S. S., Teixeira, M. M., da Cruz, P. T. M. B., Barbosa, K. B., e Brito, C. P. L. (2023). Aplicação de jogos educativos baseados em realidade aumentada como estratégia de auxílio na alfabetização de crianças com síndrome de down. Em *Anais do XXXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, páginas 509–520. SBC.
- Dicheva, D. e Hodge, A. (2018). Active learning through game play in a data structures course. Em *Proceedings of the 49th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, páginas 834–839.
- Dutra, T. C., Ferreira, A., Gasparini, I., e Maschio, E. (2022a). Jogo digital educacional para desenvolvimento do pensamento computacional para crianças com deficiência intelectual. Em *Anais do II Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*, páginas 251–260. SBC.
- Dutra, T. C., Gasparini, I., e Maschio, E. (2022b). Implementação e avaliação de um jogo digital educacional para desenvolvimento do pensamento computacional em crianças neurotípicas e com deficiência intelectual. Em *Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, páginas 440–452. SBC.

- Feichas, F. A., Seabra, R. D., e de Souza, A. D. (2021). Gamificação no ensino superior em ciência da computação: Uma revisão sistemática da literatura. *RENOTE*, 19(1):443–452.
- Feitosa, A. C. (2023). Iniciativas para o ensino de estruturas de dados em universidades brasileiras: uma revisão sistemática da literatura. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal Rural do Semi-Árido.
- Filho, F. R. S. e Coutinho, E. F. (2021). Uma análise qualitativa sobre as disciplinas de fundamentos de programação e estrutura de dados com grounded theory. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 19(1):554–563.
- Fourkanul Islam, M., Bin Zaman, S., Nazrul Islam, M., e Islam, A. (2021). Design and development of a gaming application for learning recursive programming. Em *Proceedings of International Joint Conference on Advances in Computational Intelligence: IJCACI 2020*, páginas 285–296. Springer.
- Frosi, F. O. e Jaques, P. A. (2020). Jogos digitais para o ensino de programação: uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no brasil entre 2015 e 2019. *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital-SBGames, Recife/PE, Brasil*, páginas 653–652.
- Gazis, A. e Katsiri, E. (2023). Serious games in digital gaming: A comprehensive review of applications, game engines and advancements. *arXiv preprint arXiv:2311.03384*.
- Genesio, N., Oliveira, A., Oliveira, E., e Valle, P. (2024). Panorama de estudos sobre jogos educacionais digitais em educação em computação. Em *Anais do XXXII Workshop sobre Educação em Computação*, páginas 737–749, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Gomes, L. S. e Araujo, L. G. J. (2021). Codebô: Um puzzle game educacional sobre estrutura de dados. Em *Anais Estendidos do I Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*, páginas 37–38. SBC.
- Honda, F., Pires, F., Pessoa, M., e de Oliveira, E. H. T. (2020). Lições aprendidas em computação através da criação de um jogo educacional: entre automatismos e design de aprendizagem. Em *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, páginas 1753–1762. SBC.
- Ismail, M., Ghafar, N. A., e Diah, N. M. (2013). Realization of conceptual knowledge through educational game. Em *Annual International Conference on Computer Games, Multimedia & Allied Technology*, páginas 22–26.
- Jiménez-Hernández, E. M., Jiménez-Murillo, J. A., Segura-Castruita, M. A., e González-Leal, I. (2021). Using a serious video game to support the learning of tree traversals. Em *2021 9th International Conference in Software Engineering Research and Innovation (CONISOFT)*, páginas 238–244.
- Kannappan, V. T., Fernando, O. N. N., Chattopadhyay, A., Tan, X., Hong, J. Y. J., Seah, H. S., e Lye, H. E. (2019). La petite fee cosmo: Learning data structures through game-based learning. Em *2019 International Conference on Cyberworlds (CW)*, páginas 207–210. IEEE.
- Karapinar, Z., Senturk, A., Zavrak, S., Kara, R., e Erdogmus, P. (2012). Binary apple tree: A game approach to tree traversal algorithms. Em *2012 International Conference on*

- Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*, páginas 1–3. IEEE.
- Kaur, N. e Geetha, G. (2015). Play and learn ds: interactive and gameful learning of data structure. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 7(1):44–56.
- Lim, W. H., Cai, Y., Yao, D., e Cao, Q. (2022). Visualize and learn sorting algorithms in data structure subject in a game-based learning. Em *2022 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)*, páginas 384–388. IEEE.
- Lima, G. B. S., dos Santos, M. R., Junior, A. d. O. C., e da Silva Jr, J. M. (2020a). Acano: Um jogo eletrônico de rpg com acessibilidade em libras. Em *Anais Workshops do IX Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, páginas 155–162. SBC.
- Lima, J. G. L. e Ferreira, A. B. (2021). Um estudo sobre a influência do jogo black stories na prática e aprendizagem de levantamento de requisitos de software. Em *Anais da IX Escola Regional de Computação do Ceará, Maranhão e Piauí*, páginas 91–98. SBC.
- Lima, T., Barradas Filho, A., Barros, A. K., Viana, D., Junior, J. B. B., e Rivero, L. (2020b). Avaliando um jogo educacional para o ensino de inteligência artificial-qual metodologia para avaliação escolher? Em *Anais do XXVIII Workshop sobre Educação em Computação*, páginas 66–70. SBC.
- Macena, J., Melo, G., Lais, R., Pires, F., e Pessoa, M. (2019). Gramágica: um jogo educativo para praticar classificaç ao silábica através do pensamento computacional. *SBGames, Rio de Janeiro. Anais [...]*.
- Macena, J., Pires, F., e Melo, R. (2022). Hello food: uma jornada de aprendizagem lúdica em algoritmos, programação e pensamento computacional. Em *Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, páginas 561–572. SBC.
- Machado, M. d. O. C., de Alcantara Gimenez, P. J., e Siqueira, S. W. M. (2020). Raising the dimensions and variables for searching as a learning process: a systematic mapping of the literature. *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, páginas 1393–1402.
- Medeiros, R., Falcão, T., e Ramalho, G. (2020). Ensino e aprendizagem de introdução à programação no ensino superior brasileiro: Revisão sistemática da literatura. Em *Anais do XXVIII Workshop sobre Educação em Computação*, páginas 186–190. SBC.
- Mendonça, E., Carvalho, L. S., dos Santos, A. L. M., Oliveira, E. H., Oliveira, D. B., e Pereira, F. D. (2021). Vivência acadêmica e desempenho acadêmico de ingressantes em cursos de computação. Em *Anais do xxix workshop sobre educação em computação*, páginas 458–467. SBC.
- Moreira, J. A. e Monteiro, W. M. (2018). O uso da computação desplugada em um contexto de gamificação para o ensino de estrutura de dados. *RENOTE*, 16(2):546–555.
- Mourão, E., Pimentel, J. F., Murta, L., Kalinowski, M., Mendes, E., e Wohlin, C. (2020). On the performance of hybrid search strategies for systematic literature reviews in software engineering. *Information and software technology*, 123:106294.

- Nascimento, J. W. C., Barreto, G. V., Lima, E., Oliveira, A. M. D., Araújo, M., e Viana, F. R. (2020). Acessibilidade comunicacional em um objeto de aprendizagem matemática para estudantes surdos. Em *Anais do XXVI Workshop de Informática na Escola*, páginas 449–458. SBC.
- Park, B. e Ahmed, D. T. (2017). Abstracting learning methods for stack and queue data structures in video games. Em *2017 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)*, páginas 1051–1054.
- Paschoal, L., Valle, P., Melo, S., e Santos, V. (2020a). Informática na educação em computação: uma visão geral sobre as contribuições de pesquisadores brasileiros. Em *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, páginas 1623–1632, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Paschoal, L. N., Valle, P. H. D., e Melo, S. M. (2020b). Um estudo terciário sobre o ensino de computação no brasil. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 18(1).
- Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., e Mattsson, M. (2008). Systematic mapping studies in software engineering. Em *12th international conference on evaluation and assessment in software engineering (EASE)*. BCS Learning & Development.
- 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.
- Ramle, R., Nathan, S. S., Berahim, M., et al. (2019). Digital game based learning of stack data structure using question prompts. *International Association of Online Engineering*, 13(7):90–102.
- Rojas-Salazar, A. e Haahr, M. (2020a). Learning binary search trees through serious games based on analogies. Em *Proceedings of the 15th International Conference on the Foundations of Digital Games*, páginas 1–6.
- Rojas-Salazar, A. e Haahr, M. (2020b). Theoretical foundations and evaluations of serious games for learning data structures and recursion: a review. Em *Serious Games: Joint International Conference, JCSG 2020, Stoke-on-Trent, UK, November 19–20, 2020, Proceedings 6*, páginas 135–149. Springer.
- Rosa, A., de Jesus, A., Igarashi, G. V., e Pereira, V. S. (2020). Iron Ears: primeiras impressões de um jogo educativo para ensino de estrutura de dados lineares. Em *Anais do XXVIII Workshop sobre Educação em Computação*, páginas 31–35. SBC.
- Rosa, Y. d. S., Reiser, R. H. S., da Costa Cavalheiro, S. A., Foss, L., Du Bois, A. R., Mazzini, A. R., e de Brum Piana, C. F. (2021). Aventura espacial: proposta de atividade para o desenvolvimento do pensamento computacional. Em *Anais do XXVII Workshop de Informática na Escola*, páginas 148–159. SBC.
- Saccol, A., Castanho, C., Silva, E., Spies, E., e Alves, V. (2019). Gurias digitais: Inclusão de meninas na área de ti. Em *Anais do XIII Women in Information Technology*, páginas 194–198. SBC.
- Scherer, D., Batista, D. V., e de Cantalice Mendes, A. (2020). Análise da evolução de engines de jogos. Em *Anais do V Congresso sobre Tecnologias na Educação*, páginas 425–434. SBC.

- Silva, D., Melo, R., Pires, F., e Pessoa, M. (2021a). Avaliação de objetos digitais de aprendizagem: como os licenciados em computação analisam jogos educacionais? *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 19(2):111–121.
- Silva, G. e Seabra, R. D. (2018). Rea-aed: Recurso educacional aberto para o ensino de algoritmos e estruturas de dados. Em *Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, páginas 1–7. SBC.
- Silva, R. A., Aragão, B. B., Ferreira, M. F. P., Santos, I. S., e Andrade, R. M. C. (2021b). Evasão em computação na ufc sob a perspectiva dos alunos. Em *Anais do XXIX Workshop sobre Educação em Computação*, páginas 338–347. SBC.
- Sousa, R. R. e Leite, F. T. (2020). Usando gamificação no ensino de programação introdutória. *Brazilian Journal of Development*, 6(6):33338–33356.
- Souza, B., Veras, N., Olivindo, M., Mendes, E., Rocha, L., e Viana, W. (2022). Ensino invertido de estrutura de dados no contexto do ensino remoto emergencial. Em *Anais do II Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*, páginas 77–87. SBC.
- Steinmetz, G., Schroeder, G. L., Francisco, R., e Barbosa, J. L. V. (2021). Gamificando o ensino de programação de computadores: um mapeamento sistemático. Em *Anais do XXXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, páginas 1286–1296. SBC.
- Su, S., Zhang, E., Denny, P., e Giacaman, N. (2021). A game-based approach for teaching algorithms and data structures using visualizations. Em *Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, páginas 1128–1134.
- Šuníková, D., Kubincová, Z., e Byrtus, M. (2018). A mobile game to teach avl trees. Em *2018 16th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*, páginas 541–544. IEEE.
- Tondorf, D. F., da Silva Hounsell, M., Pereira, V. A., e Obelheiro, R. R. (2023). Como medir diversão? um estudo com jogos sérios para crianças. Em *Anais Estendidos do XXII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, páginas 591–601. SBC.
- Valle, P. H. D. (2016). *Jogos educacionais: uma contribuição para o ensino de teste de software*. PhD thesis, Universidade de São Paulo.
- Valle, P. H. D., Vilela, R. F., e Hernandez, E. C. M. (2020). Does gamification improve the training of software testers? a preliminary study from the industry perspective. Em *Proceedings of the XIX Brazilian Symposium on Software Quality*, páginas 1–10.
- Vasić, D., Brajković, E., e Volaric, T. (2014). Experimental evaluation of teaching recursion with html5 game. DOI: [https://doi.org/10.13140/2.1.1669\(248\):1](https://doi.org/10.13140/2.1.1669(248):1).
- Ventura, L. M., Bianchini, L. G. B., Mazzafera, B. L., Kirnew, L. C. P., Zani, F. F., e da Costa, N. M. L. (2019). Identificação de jogos digitais e lógica de programação. *Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas*, 20(3):279–285.
- Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M. C., Regnell, B., e Wesslén, A. (2012). *Experimentation in software engineering*. Springer Science & Business Media.
- Zhang, J., Atay, M., Caldwell, E. R., e Jones, E. J. (2015). Reinforcing student understanding of linked list operations in a game. Em *2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, páginas 1–7. IEEE.

Zhang, J., Atay, M., Smith, E., Caldwell, E. R., e Jones, E. J. (2014). Using a game-like module to reinforce student understanding of recursion. Em *2014 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) Proceedings*, páginas 1–7. IEEE.