

# Jogos educativos para Estruturas de Dados: Um Mapeamento Sistemático

*Educational games for Data Structures: A Systematic Mapping*

João Paulo Ferreira Julio<sup>1</sup>, Maurilio Martins Campano Junior<sup>1,2</sup>,  
Linnyer Beatrys Ruiz Aylon<sup>1</sup>, Karine Oliveira Fonseca<sup>3</sup>,  
Leonardo Ramos Emmendorfer<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Maringá (UEM)  
Departamento de Informática (DIN)  
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PCC)  
Grupo de Pesquisa Manna Team - Jogos  
Maringá - PR - Brazil

<sup>2</sup>Centro Universitário UniCesumar  
Engenharia de Software  
Maringá - PR - Brazil

<sup>3</sup>Universidade Federal do Rio Grande - FURG  
Centro de ciências computacionais - C3  
Programa de Pós Graduação em Engenharia de Computação - PPGCOMP  
Grupo de pesquisa em computação flexível - CompFlex  
Rio Grande - RS - Brazil

jopferreira84@gmail.com, maurilio.campanojr@gmail.com,  
lbruiz@uem.br, karine.fonseca@ifrs.edu.br,  
leonardo.emmendorfer@gmail.com

**Abstract.** *Currently, entertainment games are considered the primary form of entertainment among both young people and adults. The popularity and fondness for games favor their use in academic settings, where an educational game, in addition to entertaining, aims to present a learning object. In technology-related courses, subjects such as algorithms and programming have a high number of educational games, while other subjects have few examples of games. Thus, this work aims to present a systematic mapping focused on the Data Structures discipline. The paper analyzes the concepts addressed by the games, their genres, and how game testing is being conducted. Results indicate 16 games found, covering different concepts, themes, and evaluations.*

**Keywords.** *Educational games, Data structures, Systematic mapping.*

**Resumo.** *Atualmente, jogos de entretenimento são considerados a principal forma de lazer entre jovens e adultos. A popularidade e o gosto por jogos favorece o uso dos mesmos no âmbito acadêmico, no qual um jogo educativo além de divertir visa apresentar um objeto de aprendizagem. Em cursos da área da tecnologia, disciplinas como algoritmos e programação tem uma alta quantidade de jogos educativos, enquanto outras matérias apresentam poucos exemplos. Assim, este trabalho tem como objetivo apresentar um mapeamento sistemático voltado a disciplina de Estrutura de Dados. O trabalho analisa os*

*conceitos que os jogos abordam, seus gêneros e como estão sendo realizados os testes nos mesmos. Resultados apontam 16 jogos encontrados, abordando conceitos, temas e avaliações distintas.*

**Palavras-chave.** *Jogos educativos, Estruturas de dados, Mapeamento sistemático.*

## 1. Introdução

Os avanços tecnológicos nas últimas décadas tornaram a Ciência da Computação uma área inter e multidisciplinar, facilitando e otimizando o trabalho de outras áreas do conhecimento [Chakraborty 2018]. Até mesmo os jogos eletrônicos têm sido utilizados no ensino, aumentando a motivação dos alunos de diversas faixas etárias [Martinez et al. 2022].

Dados do Sioux (2023) na Pesquisa Game Brasil apontam que 70.1% dos usuários jogam jogos eletrônicos e que 75.3% consideram os jogos a sua principal forma de entretenimento.

Esses mesmos jogos de entretenimento têm se mostrado efetivos no treinamento de cirurgões e oficinas de matemática utilizando cubo mágico [Costa 2009].

Os jogos podem ainda auxiliar no desenvolvimento de habilidades como gerenciamento de tempo, liderança e cooperação, além de que o aprendizado por meio de jogos ser mais prazeroso e encantador [Grübel e Bez 2006].

Os jogos educativos por sua vez seguem a premissa de divertir, no entanto com um contexto educacional inserido no jogo, prendendo a atenção em um ambiente lúdico de aprendizagem [Betz 1995].

Quando falamos de jogos educativos na Ciência da Computação, matérias como Estrutura de Dados tem um alto grau de complexidade, uma vez que a quantidade de conteúdos da disciplina é alta e estes envolvem conceitos abstratos [de Souza et al. 2011]. Assim conhecer diversos jogos para esta área pode favorecer o aprendizado de diversas formas e metodologias.

Portanto, este trabalho tem como objetivo apresentar um mapeamento sistemático sobre jogos educativos voltados ao ensino de Estruturas de Dados, visando assim conhecer e entender as características específicas dos jogos voltados para esta área.

As Seções 2 e 3 definem respectivamente, a fundamentação teórica e os trabalhos relacionados à este, bem como a metodologia utilizada no desenvolvimento deste trabalho. A Seção 4 por sua vez apresenta os resultados e discussões e por fim a Seção 5 apresenta as conclusões e trabalhos futuros.

## 2. Fundamentação teórica e trabalhos relacionados

Esta Seção apresenta os conceitos básicos de estruturas de dados, bem como de simuladores e ferramentas voltadas ao ensino de Estruturas de Dados encontrados na literatura, além de tratar sobre os jogos educativos em si.

### 2.1. Conceitos de estruturas de dados

As estruturas de dados são conceitos fundamentais em ciência da computação, abrangendo vários tipos de estruturas, como listas lineares, árvores, grafos e tipos de

dados mais complexos, incluindo listas encadeadas e duplamente encadeadas entre outros [Walker e Morrisett 2000, Sano et al. 2023].

Essas estruturas são essenciais para organizar e armazenar dados de forma eficiente e desempenham um papel crucial no *design* de algoritmos e na resolução de problemas [Pardalos e Rajasekaran 1999], permitindo que os dados sejam incluídos, excluídos e manipulados mantendo uma estrutura padrão [Cormen et al. 2012].

O estudo das estruturas de dados é uma disciplina acadêmica rigorosa, abrangendo princípios como algoritmos, programação, arquitetura de sistemas, *design* e resolução de problemas [Oda et al. 2021].

Na educação em ciência da computação, a determinação empírica de conceitos centrais e áreas de competência tem sido um foco, levando à identificação de conceitos centrais de conteúdo, como algoritmos, sistemas e processos, combinados com conceitos centrais de processo, incluindo análise, classificação, resolução de problemas e formulação [Zendler et al. 2013, Zendler et al. 2014].

Além disso, o desenvolvimento de modelos de competência na educação desta área envolve a identificação de conceitos de ciência da computação, tanto orientados para processo quanto para conteúdo, para aprimorar a compreensão dos alunos [Zendler et al. 2016].

A importância das estruturas de dados é evidente no *design* e implementação de cursos de ciência da computação, enfatizando modelos estruturais de dados e as habilidades envolvidas na aquisição e transformação de dados para análise [Bressoud e Thomas 2019].

Para o estudo destes conteúdos, o uso de ferramentas e simuladores podem auxiliar o aprendizado, assim a próxima Seção descreve simuladores e ferramentas voltadas ao ensino de Estruturas de Dados.

## **2.2. Simuladores e ferramentas para ensino de estruturas de dados**

As simulações têm sido reconhecidas como oferecendo um grande potencial para aprimorar o ensino de conceitos científicos, permitindo que os alunos modifiquem regras e variáveis, questionem e testem hipóteses e se envolvam em atividades que visualizem escolhas e seus efeitos [Blake e Scanlon 2007].

No contexto da educação em ciência da computação e programação, as simulações têm sido usadas para introduzir o pensamento computacional e a ciência da computação na educação básica e secundária, com foco na aquisição gradual e desenvolvimento de habilidades de programação ao longo de muitos anos [Webb et al. 2017, Heintz et al. 2016].

Além disso, o uso de simulações computacionais como ferramentas de aprendizagem tem sido estudado, diferenciando entre simulações desenvolvidas para iniciantes e aquelas desenvolvidas como ferramentas de pesquisa para especialistas, subsequentemente incorporadas em cursos de graduação e pós-graduação em ciências e engenharia [Magana et al. 2012].

Ahmed e Sutton (2017) apresentam as diferenças entre simuladores, jogos educativos e gamificação. Os autores ressaltam que em uma simulação o foco é imitar os

elementos da realidade, enquanto que os jogos educativos visam transmitir conhecimento apresentando elementos de jogos de entretenimento.

Alguns exemplos de simuladores voltados ao ensino de Estruturas de Dados encontrados na literatura são: Simulador Integrado para Estrutura de Dados (SIED) [de Souza et al. 2012], DebugandoED [Borges 2023], Analisador Simplificado e Controle de Animação de Algoritmos (ASCAA) [Oliveira et al. 2016], *Visual TaHs* [Moreno et al. 2019], *OPT+Graph* [Dien e Asnar 2018], *Moodle* [Al-Towirgi et al. 2018] e *TuPy Online* [de Jesus Goulart et al. 2019]. A Tabela 1 apresenta um resumo sobre os conteúdos abordados nos simuladores encontrados.

**Tabela 1. Conteúdos abordados nos simuladores de Estruturas de Dados**

	ASCAA	DebugandoED	MOODLE	OPT+Graph	SIED	Tupy Online	Visual TaHs
Ponteiro		X					
Vetores		X			X		
Matrizes		X			X		
Pilha	X	X		X	X	X	
Fila	X	X			X	X	
Lista		X	X		X	X	
Hash	X				X		X
Árvores	X				X	X	
Grafos	X			X	X	X	
Ordenação	X				X		

Percebe-se pela Tabela 1 que conteúdos como Pilha, Fila, Listas e Grafos são os mais abordados nos simuladores encontrados.

Em suma, as simulações têm sido amplamente utilizadas na educação em ciência da computação para aprimorar o ensino de conceitos científicos e desenvolver habilidades metacognitivas.

### 2.3. Jogos educativos

Os jogos educativos tornaram-se uma componente essencial da educação em ciência da computação, representando uma ferramenta de grande valor para aprimorar a eficácia educacional e incentivar a motivação dos alunos [Papastergiou 2009, Kodirova e Mamurova 2023].

Os jogos têm sido reconhecidos como uma ferramenta para enriquecer a educação em ciência da computação, ao facilitar condições que fomentam a aprendizagem, tais como a motivação dos alunos, a aprendizagem ativa, a adaptabilidade, a colaboração e a simulação [Johnson et al. 2016]

Com os altos índices de evasão em cursos na área da Computação [Fukao et al. 2023], o uso de jogos educativos nas atividades de ensino podem motivar os alunos, engajando-os e facilitando o processo de ensinoaprendizagem.

Além disso, o *design* e a avaliação de jogos educacionais na área da ciência da computação têm proporcionado melhores percepções para criar experiências de aprendizagem eficazes [Horn et al. 2016].

A predisposição dos professores de ciência da computação para desenvolver e utilizar jogos educativos no processo educacional tem sido objeto de investigação, ressaltando o potencial de integração de jogos no currículo [Gurevych et al. 2020].

A abordagem “jogos primeiro” para ensinar programação introdutória foi identificada como um método convincente para atrair estudantes para a ciência da computação, aproveitando o elevado interesse em jogos para envolver os alunos [Leutenegger e Edgington 2007].

Costa (2009) ressalta que jogos educativos tem características similares aos jogos de entretenimento, no entanto este tipo de jogo tem o foco na mudança da estrutura cognitiva do aluno, que adquire conhecimento ao jogar.

Quando falamos na área da Computação, Battistella e von Wangenheim (2016) apresentam 107 exemplos de jogos educativos voltados ao ensino das disciplinas da área, no entanto poucos jogos tratam especificamente de estruturas de dados.

Já em jogos educativos não digitais, predominam áreas como algoritmos, lógica de programação e engenharia de *software* [Clementino et al. 2022]. Este tipo de jogo proporciona uma experiência positiva aos jogadores em termos de interação social, diversão e relevância [Petri et al. 2018].

O trabalho de Barbosa et al. (2023) apresenta um jogo no estilo *storytelling* na qual o personagem deve realizar cursos específicos de cada estrutura de dados (pilha, fila e lista). O jogo oferece desafios associados a cada estrutura e com níveis de dificuldades diferentes. Os resultados da avaliação do jogo em sala de aula indicam que o jogo tem boa qualidade para finalidade educativa.

Em síntese, os jogos educativos emergiram como uma ferramenta para aprimorar a educação em ciência da computação, promover o engajamento dos alunos e facilitar experiências de aprendizagem eficazes. A pesquisa e o desenvolvimento de jogos educacionais têm fornecido percepções sobre seu impacto no desempenho acadêmico, na motivação dos alunos e na eficácia geral da educação em ciência da computação.

### 3. Metodologia

O mapeamento sistemático apresentado neste trabalho segue a ideia descrita em Kitchenham e Charters (2007), na qual a sequência de passos descritos são a definição das questões de pesquisa, das bases de dados, a criação da *string* de busca, dos critérios de inclusão e exclusão, seguido da realização da busca e filtragem dos resultados. As questões de pesquisa definidas neste trabalho são apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2. Questões de pesquisa**

Número da questão	Questão
1	Quais os assuntos presentes nos jogos educativos de Estruturas de Dados
2	Para quais plataformas os jogos foram desenvolvidos?
3	Quais linguagens de programação foram utilizadas nos jogos?
4	Os jogos foram testados com alunos? Qual metodologia usada? Quantos alunos estavam envolvidos?
5	Quais as principais dificuldades envolvidas na utilização dos jogos?
6	Quais as melhorias apresentadas com o uso dos jogos educativos no ensino de Estruturas de Dados?

A *string* de busca utilizada envolveu o uso de conectivos lógicos (*and* e *or*) de acordo com o funcionamento de cada uma das bases, no entanto a *string* padrão utilizada pode ser descrita como: (“ensino” *OR* “aprendizagem”) *AND* (“estruturas de dados”) *AND* (“jogo”), sendo que estes mesmos termos também foram utilizados na *string* em inglês.

Os critérios de inclusão definidos foram que os trabalhos deveriam ser escritos entre 2018 e 2023, escritos em português ou inglês, tratando do desenvolvimento ou uso de jogos educativos para Estrutura de Dados e com o trabalho disponível de forma gratuita para *download*.

Os trabalhos eram excluídos caso não atendam os critérios de: texto escrito antes de 2018, em língua diferente de inglês ou português, que não trate de um jogo educativo para Estrutura de Dados e que o trabalho não esteja disponível de forma gratuita. Os resultados do mapeamento são apresentados na próxima Seção.

A busca foi realizada durante os meses de outubro e novembro de 2023, utilizando como base de dados para este mapeamento sistemático o *IEEEExplore*, o *Science Direct* e o *Google Scholar*. Os resultados e discussões são apresentados na próxima Seção.

#### 4. Resultados e discussões

A partir das strings definidas, os resultados das buscas nas fontes selecionadas e a quantidade de trabalhos selecionados nas etapas de filtragem dos resultados são apresentados na Tabela 3 abaixo.

**Tabela 3. Resultados das busca e filtragens das etapas 1, 2 e 3**

Base de dados	Resultados iniciais	Etapa 1	Etapa 2
<i>Google Scholar</i>	117	31	14
<i>IEEEExplore</i>	71	2	2
<i>Science Direct</i>	66	0	0
<b>Total</b>	254	33	16

A partir dos resultados iniciais definidos na Tabela 3, a primeira etapa visou selecionar os artigos com base no título e resumo do trabalho enquanto que a segunda etapa avaliou o trabalho por completo.

Dentre os 254 trabalhos analisados, 16 artigos foram selecionados por satisfazerem os critérios definidos na busca realizada. Os jogos encontrados são apresentados na Tabela 4 abaixo.

Com relação à questão 1, os conteúdos abordados nos jogos encontrados podem ser visualizados na Figura 1.

Percebe-se que conceitos como pilha, fila, lista e árvores são os mais encontrados. Estes tópicos diferem do apresentado em Barbosa e Júnior (2013), que apresentou como conceitos mais abordados os métodos de ordenação como *HeapSort* e *QuickSort*.

No entanto, quando comparamos os conteúdos abordados nos simuladores encontrados neste trabalho, percebemos um padrão de conteúdo, com pilha, fila e lista aparecendo tanto nos simuladores quanto nos jogos educativos.

Este fato pode estar associado a complexidade dos conteúdos e ao nível de abstração necessário para seu entendimento, fazendo com que simuladores e jogos auxiliem no aprendizado.

Já a segunda questão que trata sobre as plataformas nas quais os jogos educativos são desenvolvidos, cinco trabalhos (E03, E07, E12, E13 e E14) são jogos para dispositivos

**Tabela 4. Jogos educativos para Estruturas de Dados**

Identificação	Nome do Jogo	Referência
E01	Não mencionado	[Ramle et al. 2019]
E02	Não mencionado	[Rajeev e Sharma 2020]
E03	<i>AVL Trees</i>	[Šuníková et al. 2018]
E04	Não mencionado	[Lim et al. 2022]
E05	<i>BlockList</i>	[Rao et al. 2022]
E06	<i>Klondike Solitaire</i>	[Tabuti et al. 2020]
E07	<i>Moor Games</i>	[Olanrewaju et al. 2018]
E08	<i>La Petite Fee Cosmo</i>	[Kannappan et al. 2019]
E09	<i>The Stack Game</i>	[Dicheva e Hodge 2018]
E10	<i>DeCode</i>	[Su et al. 2021]
E11	<i>DS-Hacker</i>	[Rojas-Salazar et al. 2020]
E12	<i>Sort it out</i>	[Glatz 2023]
E13	<i>Operação Lovelace</i>	[Macena et al. 2020]
E14	<i>Doce Sort</i>	[Alencar et al. 2020]
E15	<i>ProgramSE</i>	[Silva et al. 2021]
E16	Não mencionado	[Stigall e Sharma 2018]

móveis, quatro jogos são voltados única e exclusivamente para computadores (E05, E08, E11 e E16).

Somente dois trabalhos, E10 e E15 são voltados para versões *Web* e um único jogo (E04) pode ser utilizado tanto em versão para dispositivos móveis ou computador.

Além desses, um único jogo (E06) é no formato de jogo desplugado (tabuleiro, cartas, etc) e três jogos não especificaram seus formatos (E01, E02 e E09). A distribuição da plataforma dos jogos encontrados pode ser visualizada na Figura 2.

As linguagens de programação utilizadas nos jogos encontrados (questão 3), predominou a linguagem C#, utilizada em conjunto com o motor de jogos *Unity* com seis jogos (E04, E05, E08, E09, E11 e E14) seguido de *Python* com dois jogos, E02 e E16.

Três estudos (E03, E10 e E13) não especificaram a linguagem de programação utilizada no desenvolvimento do jogo. Além destas, um jogo (E01) foi desenvolvido utilizando o *Adobe Flash*, um jogo utilizou o *Java* (E07) e um jogo (E12) utilizou *Dart* em conjunto com o *Flutter* e um jogo utilizou-se de ferramentas como o *Construct 3* e *Sweet Home 3D* (E15).

A quarta questão era voltada a analisar como o jogo é testado com os alunos e qual metodologia é usada para avaliar o jogo e quantos alunos participam da avaliação. Sobre esta questão, a Tabela 5 resume os resultados de cada um dos estudos.

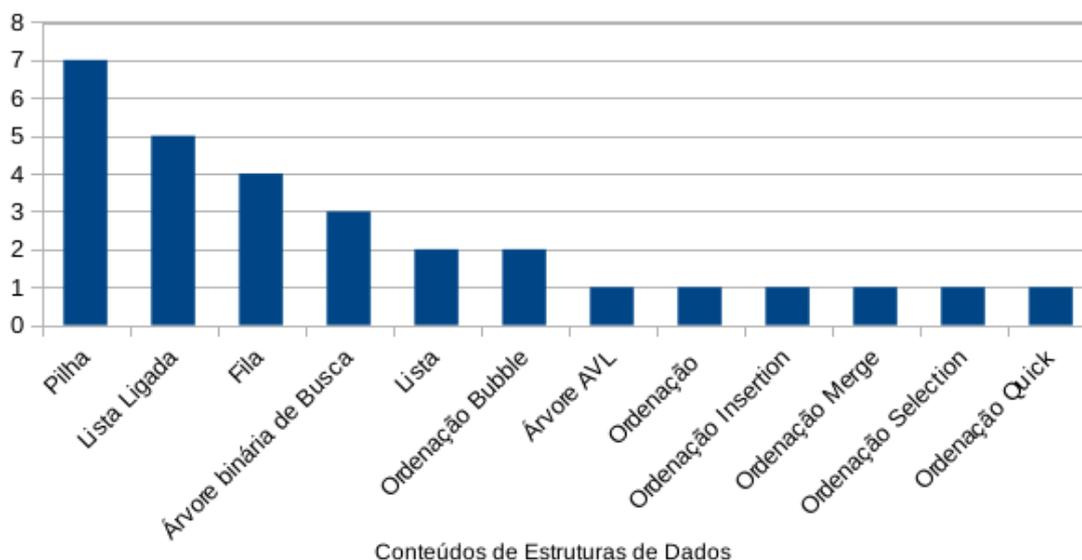


Figura 1. Conteúdos abordados nos trabalhos encontrados

Tabela 5. Questão 4 - Os jogos foram testados com alunos? Qual metodologia usada? Quantos alunos estavam envolvidos?

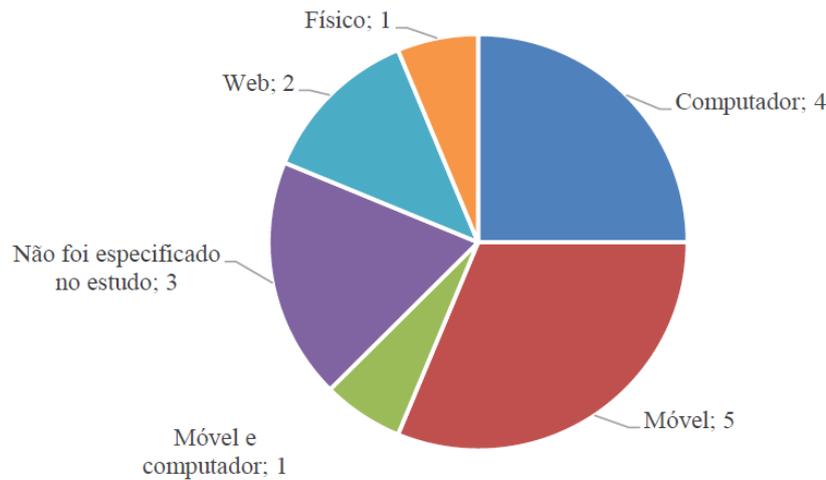
	Como foi realizado o teste?
E01	Questionário pré e pós jogo sobre conceitos e questionário próprio sobre usabilidade do jogo (não informado a quantidade de alunos)
E02	57 alunos responderam questionários baseados no SMQH, teste <i>t student</i> e teste ANOVA
E03	5 alunos participaram da experiência, porém somente 3 responderam ao questionário próprio após jogarem
E04	Dois grupos com 5 alunos cada, um jogou e outro não. Os alunos responderam questionário sobre a percepção deles ao usar o jogo
E05	Questionário próprio avaliado com 15 alunos
E06	Análise das notas durante o ano letivo (187 alunos), entrevista e avaliação qualitativa própria
E07	Questionário próprio ao finalizar o jogo (não especificaram a quantidade de alunos)
E08	Jogo não foi aplicado na prática
E09	Teste antes e depois de aplicar o jogo em duas turmas (29 alunos) e avaliação qualitativa
E10	Questionário próprio aplicado a 30 alunos e pesquisa qualitativa
E11	Desenvolvimento do jogo não foi finalizado, portanto não foi testado na prática
E12	15 alunos responderam um questionário baseado no modelo MEEGA+
E13	15 alunos responderam um questionário baseado no modelo MEEGA+ e no SAM
E14	Jogo não foi aplicado na prática
E15	32 alunos responderam um questionário baseado no modelo MEEGA+
E16	18 alunos responderam a um questionário próprio para avaliar a percepção do jogo

Pode-se perceber que a maioria dos jogos são avaliados com base em questionários próprios elaborados pelos autores, sendo que somente quatro estudos (E02, E12, E13 e E15) utilizaram-se de metodologias avaliativas voltadas para jogos educativos, como o *MEEGA+* e *SAM* (*Suitability Assesment of Materials*).

Com relação as dificuldades encontradas com o uso de jogos educativos para Estruturas de Dados, podemos destacar problemas com a interação do usuário com o jogo (tamanho de botões), lentidão, poucos níveis de dificuldade, poucos conteúdos associados ao jogo, jogos com poucos *feedbacks*, jogos não desafiadores, jogos com enredos que não eram chamativos e que se tornavam monótonos.

Nenhum dos estudos relatou dificuldades associadas na questão do uso do jogo pelo professor, por exemplo, se a aplicação do jogo foi questionada por coordenadores ou supervisão pedagógica ou se o uso do jogo comprometeu o cronograma das aulas do professor.

A última questão tratou sobre as melhorias observadas com o uso dos jogos



**Figura 2. Plataforma para as quais os jogos educativos de Estruturas de Dados são desenvolvidos**

educativos, entre os jogos que foram aplicados na prática, os alunos classificaram a experiência de forma positiva, sendo que alguns trabalhos também relataram que o uso de jogos diminui a evasão e melhora as médias dos alunos, além de melhorar a motivação em aprender novos conceitos.

Além disso, a usabilidade e as características dos jogos, como desafios, *feedback*, narrativa, níveis de dificuldade e outros itens também foram avaliados em um âmbito geral de forma positiva, reafirmando a relevância do uso deste tipo de jogo em ambiente acadêmico.

## 5. Conclusões e trabalhos futuros

O mapeamento sistemático proposto neste trabalho apresentou 16 jogos educativos voltados para o ensino de Estrutura de Dados. Os resultados apontam os conceitos iniciais de pilha, fila, lista e árvores como os mais abordados nos jogos, além da avaliação do jogo utilizando metodologias próprias.

A partir das lacunas em conceitos como ordenação por exemplo, novos jogos podem ser desenvolvidos visando complementar o estudo destes tópicos.

Além disso, nenhum dos trabalhos encontrados avalia o impacto da aplicação dos jogos no lado do professor, somente avaliando os alunos, sendo este também um trabalho futuro a ser desenvolvido.

Os jogos educativos desempenham função de destaque no contexto da educação em ciência da computação, apresentando-se como uma abordagem interativa e cativante para a compreensão de conceitos complexos. Por meio da utilização de jogos, os educadores têm a possibilidade de proporcionar aos alunos uma experiência imersiva e prática de estruturas de dados.

Por fim, além de oferecer uma abordagem envolvente para o aprendizado, os jogos educativos direcionados à ciência da computação também contribuem para o desenvolvimento de habilidades essenciais, como resolução de problemas, pensamento crítico e colaboração, na qual os alunos são encorajados a explorar, experimentar e

aprender com seus erros em um ambiente interativo e seguro, proporcionando dessa maneira um aumento da motivação, melhorando o aprendizado e ao mesmo tempo proporcionando diversão e entretenimento.

Além disso, os jogos educativos podem ser adaptados para atender às diferentes habilidades e estilos de aprendizagem dos estudantes, configurando-se como uma ferramenta versátil para envolvê-los em atividades práticas que reforçam a compreensão dos conceitos teóricos.

O uso dos jogos como ferramentas de auxílio ao ensino pode proporcionar um aumento da motivação dos alunos, melhorando o aprendizado e ao mesmo tempo proporcionando diversão e entretenimento.

### **Agradecimentos**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Bolsista do CNPq - Brasil (311685/2017-0) e da Fundação Araucária (17.633.124-0).

### **Referências**

- Ahmed, A. e Sutton, M. J. (2017). Gamification, serious games, simulations, and immersive learning environments in knowledge management initiatives. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, 14(2/3):78–83.
- Al-Towirgi, R., Daghestani, L., e Ibrahim, L. (2018). Increasing students engagement in data structure course using gamification. *International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning Increasing*, 8(4):193–211.
- Alencar, L., Pessoa, M., e Pires, F. (2020). Um jogo educacional para exercitar propriedades de árvores binárias de busca. In *Anais dos Workshops do IX Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, pages 226–231. SBC.
- Barbosa, H., Silva, F., Junior, M. C., e Aylon, L. (2023). Jogo educativo no ensino de estrutura de dados: aliando educação 5.0, gamificação e storytelling. In *Anais Estendidos do XXII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 792–803, Porto Alegre, RS, Brasil. 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. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 24, page 406.
- Battistella, P. e von Wangenheim, C. G. (2016). Games for teaching computing in higher education—a systematic review. *IEEE Technology and Engineering Education*, 9(1):8–30.
- Betz, J. A. (1995). Computer games: Increase learning in an interactive multidisciplinary environment. *Journal of Educational Technology Systems*, 24(2):195–205.
- Blake, C. e Scanlon, E. (2007). Reconsidering simulations in science education at a distance: features of effective use. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(6):491–502.

- Borges, L. F. (2023). Gamificando a plataforma de ensino de estruturas de dados debugandoed.
- Bressoud, T. C. e Thomas, G. (2019). A novel course in data systems with minimal prerequisites. In *Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, pages 15–21.
- Chakraborty, T. (2018). Role of interdisciplinarity in computer sciences: quantification, impact and life trajectory. In *Scientometrics*, volume 114, pages 1011–1029. Springer.
- Clementino, E. G., da Silva, T. R., da Silva Aranha, E. H., e dos Santos, F. G. (2022). Jogos não digitais para ensino de computação—um mapeamento sistemático. In *Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 540–550. SBC.
- Cormen, T., Leiserson, C., Rivest, R., e Stein, C. (2012). Algoritmos-teoria e prática (3a. edição). *Editora Campus*.
- Costa, L. D. (2009). O que os jogos de entretenimento têm que os jogos educativos não têm. In *VIII Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment*, pages 8–10.
- de Jesus Goulart, J. L., Oliveira, F., Pinto, P., Roberto, G. F., e Sathler, V. (2019). Tupy online: Uma ferramenta para visualização de algoritmos. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, volume 8, page 337.
- de Souza, C., Medeiros, T., de Sousa, T., Gadelha, R., Silva, E., de Azevedo, R., e Costa, E. (2012). Um ambiente integrado de simulação para auxiliar o processo de ensino/aprendizagem da disciplina de estrutura de dados. *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)*, 1(1).
- de Souza, C. C., Medeiros, T. R., de Sousa, T. D. N., Gadelha, R. N. S., Silva, E. L., de Azevedo, R. R., e de Barros Costa, E. (2011). Um ambiente integrado de simulação para auxiliar o processo de ensino/aprendizagem da disciplina de estrutura de dados. *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 22:526–529.
- Dicheva, D. e Hodge, A. (2018). Active learning through game play in a data structures course. In *Proceedings of the 49th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, pages 834–839.
- Dien, H. E. e Asnar, Y. D. W. (2018). Opt+ graph: Detection of graph data structure on program visualization tool to support learning. In *2018 5th International Conference on Data and Software Engineering (ICoDSE)*, pages 1–6. IEEE.
- Fukao, A. T., Colanzi, T. E., Martimiano, L. A., e Feltrim, V. D. (2023). Estudo sobre evasão nos cursos de computação da universidade estadual de maringá. In *Anais do III Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*, pages 86–96. SBC.
- Glatz, I. (2023). Desenvolvimento de um jogo para auxílio no ensino de estruturas de dados.
- Grübel, J. M. e Bez, M. R. (2006). Jogos educativos. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 4(2).
- Gurevych, R. S., Klochko, O. V., Klochko, V. I., Kovtoniuk, M. M., e Opushko, N. R. (2020). Computer science teachers' readiness to develop and use computer didactic

- games in educational process. *Information technologies and learning tools*, 75(1):122–137.
- Heintz, F., Mannila, L., e Färnqvist, T. (2016). A review of models for introducing computational thinking, computer science and computing in k-12 education. In *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pages 1–9.
- Horn, B., Clark, C., Strom, O., Chao, H., Stahl, A. J., Hartevelt, C., e Smith, G. (2016). Design insights into the creation and evaluation of a computer science educational game. In *Proceedings of the 47th ACM Technical Symposium on Computing Science Education*, pages 576–581.
- Johnson, C., McGill, M., Bouchard, D., Bradshaw, M. K., Bucheli, V. A., Merkle, L. D., Scott, M. J., Sweedyk, Z., Velázquez-Iturbide, J. À., Xiao, Z., et al. (2016). Game development for computer science education. In *Proceedings of the 2016 iticse working group reports*, pages 23–44.
- 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. In *2019 International Conference on Cyberworlds (CW)*, pages 207–210. IEEE.
- Kitchenham, B., Charters, S., et al. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering.
- Kodirova, E. V. e Mamurova, F. I. (2023). Modern methods of teaching information technologies at the lesson of computer science. *Innovative Society: Problems, Analysis and Development Prospects (Spain)*, pages 169–172.
- Leutenegger, S. e Edgington, J. (2007). A games first approach to teaching introductory programming. In *Proceedings of the 38th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*, SIGCSE '07, page 115–118, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- 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. In *2022 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)*, pages 384–388. IEEE.
- Macena, J., Pires, F., e Pessoa, M. (2020). Operação lovelace: uma abordagem lúdica para introdução de aprendizagem em algoritmos. *SBC–Proceedings of SBGames*.
- Magana, A. J., Brophy, S. P., e Bodner, G. M. (2012). Instructors' intended learning outcomes for using computational simulations as learning tools. *Journal of Engineering Education*, 101(2):220–243.
- Martinez, L., Gimenes, M., e Lambert, E. (2022). Entertainment video games for academic learning: A systematic review. *Journal of Educational Computing Research*, 60(5):1083–1109.
- Moreno, F. C., de Barbosa, C. R. S. C., e Manfio, E. R. (2019). Visual tahs: software para auxiliar o ensino de tabelas hash na disciplina de estrutura de dados. In *Anais do XLVI Seminário Integrado de Software e Hardware*, pages 33–44. SBC.

- Oda, M., Noborimoto, Y., e Horita, T. (2021). International trends in k-12 computer science curricula through comparative analysis: Implications for the primary curricula. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 4(4):n4.
- Olanrewaju, O., Adegbile, A., Ogunbade, A., Dada, T., Adewale, F., e Aguda, O. (2018). Education game for teaching stack and link-list as an aspect of data structure and algorithm. *International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS)*, 16(7).
- Oliveira, L., de Souza, Y. S. P., Froner, D., e Martins, A. (2016). Desenvolvimento de um aplicativo móvel educacional voltado ao ensino de estrutura de dados. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 27, page 559.
- Papastergiou, M. (2009). Digital game-based learning in high school computer science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. *Computers & education*, 52(1):1–12.
- Pardalos, P. M. e Rajasekaran, S. (1999). *Data Structures and Algorithms*. John Wiley Sons, Ltd.
- Petri, G., Calderón, A., von Wangenheim, C. G., Borgatto, A. F., e Ruiz, M. (2018). Benefícios dos jogos não-digitais no ensino de computação. In *Anais do XXVI Workshop sobre Educação em Computação*. SBC.
- Rajeev, S. e Sharma, S. (2020). Evaluation of game-theme based instructional modules for data structure concepts. *International journal of computers and their applications*, 27(1).
- Ramle, R., Rosli, D., Nathan, S. S., e Berahim, M. (2019). Digital game based learning of stack data structure using question prompts.
- Rao, A. E., Chimalakonda, S., e Agrahari, V. (2022). Blocklist: A game to teach basic linked lists operations to novice programmers. In *Proceedings of the 15th Annual ACM India Compute Conference*, pages 35–40.
- Rojas-Salazar, A., Ramírez-Alfaro, P., e Haahr, M. (2020). Learning binary search trees through serious games. In *First International Computer Programming Education Conference (ICPEC 2020)*. Schloss Dagstuhl-Leibniz-Zentrum für Informatik.
- Sano, J., Yamamoto, N., e Ueda, K. (2023). Type checking data structures more complex than trees. *Journal of information processing*, 31:112–130.
- Silva, R. R., Rivero, L., e dos Santos, R. P. (2021). Programse: Um jogo para aprendizagem de conceitos de lógica de programação. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 29:301–330.
- Sioux, G. (2023). Pesquisa game brasil: edição gratuita. Blend New Research - ESPM. 10ª edição Disponível em: <https://www.pesquisagamebrasil.com.br/pt/> - Acesso em janeiro de 2024.
- Stigall, J. e Sharma, S. (2018). Usability and learning effectiveness of game-themed instructional (gti) module for teaching stacks and queues. In *SoutheastCon 2018*, pages 1–6. IEEE.

- Su, S., Zhang, E., Denny, P., e Giacaman, N. (2021). A game-based approach for teaching algorithms and data structures using visualizations. In *Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, pages 1128–1134.
- Šuníková, D., Kubincová, Z., e Byrtus, M. (2018). A mobile game to teach avl trees. In *2018 16th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*, pages 541–544. IEEE.
- Tabuti, L. M., da Rocha, R. L. d. A., e Nakamura, R. (2020). Proposal of method for converting a physical card game to digital for logical reasoning competencies on the data structure subject. In *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pages 1–9. IEEE.
- Walker, D. e Morrisett, G. (2000). Alias types for recursive data structures. In *International Workshop on Types in Compilation*, pages 177–206. Springer.
- Webb, M., Davis, N., Bell, T., Katz, Y. J., Reynolds, N., Chambers, D. P., e Sysło, M. M. (2017). Computer science in k-12 school curricula of the 21st century: Why, what and when? *Education and Information Technologies*, 22:445–468.
- Zendler, A., Klaudt, D., e Seitz, C. (2014). Empirical determination of competence areas to computer science education. *Journal of Educational Computing Research*, 51(1):71–89.
- Zendler, A., Klaudt, D., Spannagel, C., e Reuter, T. (2013). Semantic categorization of content and process concepts relevant to computer science education. *International Journal of Research Studies in Computing*, 2(1):3–10.
- Zendler, A., Seitz, C., e Klaudt, D. (2016). Process-based development of competence models to computer science education. *Journal of Educational Computing Research*, 54(4):563–592.