

Mapeamento Sistemático de jogos educativos voltados para o ensino de Sistemas Operacionais

Systematic mapping of educational games aimed at teaching Operating Systems

Vítor Hugo Santos de Camargo¹, Maurilio Martins Campano Junior^{1,2},
Felippe Fernandes da Silva¹, Linnyer Beatrys Ruiz Aylon¹

¹Universidade 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

²Centro Universitário UniCesumar
Engenharia de Software
Maringá - PR - Brazil

vitorhugo99001@gmail.com, maurilio.campanojr@gmail.com,
felippefernandes10@gmail.com, lbruiz@uem.br

Abstract. *Educational games offer a promising approach to make learning more practical, engaging, and interactive, facilitating the understanding of theoretical concepts and promoting skills such as critical thinking and problem-solving. Thus, this work presents a systematic mapping of educational games aimed at teaching operating systems, with 16 games being identified. All of them were tested with students in the classroom, and the predominant themes covered in the games include processes, scheduling, and concurrency.*

Keywords. *Educational games, Operating systems, Systematic mapping.*

Resumo. *Os jogos educativos oferecem uma abordagem promissora para tornar o aprendizado mais prático, envolvente e interativo, facilitando a compreensão de conceitos teóricos e promovendo habilidades como pensamento crítico e resolução de problemas. Assim, este trabalho apresenta um mapeamento sistemático dos jogos educativos voltados para o ensino de sistemas operacionais, sendo que 16 jogos foram encontrados, todos foram testados com alunos em sala de aula e nos conceitos abordados nos jogos, predominam temas como processos, escalonamento e concorrência.*

Palavras-chave. *Jogos educativos, Sistemas operacionais, Mapeamento sistemático.*

1. Introdução

Segundo Quirino et al. (2017), aprender é uma necessidade constante do aluno na prática acadêmica, assim os educadores estão sempre em busca de formas de aprimorar o modo como o conhecimento é transmitido.

Neste contexto, o uso de jogos educativos vem crescendo significativamente, oferecendo um aprendizado prático, envolvente e interativo, melhorando a compreensão de conceitos técnicos e promovendo o pensamento crítico e a resolução de problemas [Battistella e von Wangenheim 2016].

Na Ciência da Computação, áreas como Arquitetura e Organização de Computadores, interface humano-computador, redes de computadores e sistemas operacionais podem ser consideradas pouco exploradas em relação a outras disciplinas [Battistella e von Wangenheim 2016, Clementino et al. 2022].

Assim, este trabalho tem como objetivo apresentar um mapeamento sistemático da literatura voltada para o uso de jogos educativos no ensino de Sistemas Operacionais (SO), buscando elencar as principais características dos jogos existentes na área e como os mesmos estão sendo aplicados em sala de aula.

O restante deste trabalho está dividido de forma que a próxima Seção apresenta exemplos de simuladores voltados ao ensino de SO e conceitos de jogos educativos. A Seção 3 apresenta as especificações do mapeamento sistemático e a Seção 4 os resultados obtidos. Por fim, as conclusões e trabalhos futuros podem ser vistos na Seção 5.

2. Fundamentação teórica

A definição de um sistema operacional pode ser compreendido como uma máquina estendida, permitindo ao usuário usar e acessar as funcionalidades do *hardware* de um computador, além de gerenciar os recursos existentes do computador entre os processos que executam no mesmo [Tanenbaum e Bos 2015].

Conceitos associados a sistemas operacionais como gerenciamento de processos e de memória, comunicação entre processos e outros são de extrema importância na área uma vez que os mesmos são a base para Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos [Tanenbaum e Bos 2015, Kurose e Ross 2010].

O ensino desses conceitos frequentemente está associado a simuladores, uma vez que os processos existentes em um SO tem um dinamismo que pode ser representado tanto em simuladores e também em jogos educativos [Maia 2001]. O autor ressalta ainda que é essencial a associação de conceitos teóricos com atividades práticas realizadas em laboratórios. A Tabela 1 apresenta exemplos de simuladores voltados para o ensino de sistemas operacionais.

Tabela 1. Simuladores voltados para ensino de Sistemas Operacionais

Simulador	Referência	Simulador	Referência
OS Simulator	[Gadelha et al. 2010]	NACHOS	[Christopher et al. 1993]
RCOS.java	[Jones e Newman 2001]	TBC-SOWeb	[Reis e Costa 2009]
WxProc	[Rocha et al. 2004]	SSOG	[Kioki et al. 2008]
SimulateOS	[Freitas et al. 2023]	SWSO	[Oliveira e dos Santos Souza]
SOIS	[Cruz et al. 2008]	IO Simulator	[Medeiros et al. 2011]
SOSIM	[Maia 2001]	WebJuvia	[Silva et al. 2021]

Cada simulador apresenta características específicas voltadas ao ensino de SO, sendo que entre os conceitos mais abordados nestes simuladores são: gerenciamento de memória, gerenciamento e escalonamento de processos.

Já conceitos como interrupções, gerenciamento de entrada e saída, sistema de arquivos, sincronização e comunicação de processos, memória virtual, *threads*, escalonamento e gerenciamento de disco estão entre os menos abordados nos simuladores descritos.

2.1. Jogos educativos

Os jogos educativos digitais podem potencializar a formação de conceitos, conteúdos e habilidades embutidas no jogo, além disso fornecem um conteúdo imaginário a ser explorado, além de serem motivadores por promoverem desafios, fantasia e a curiosidade [Falkembach et al. 2006].

Costa e Brasil (2009) definem como características de um jogo educativo a presença de uma estrutura similar a um objeto de conhecimento, perceptível ao jogador e que a aprendizagem desta estrutura seja indispensável para que o sucesso seja atingido no jogo. Além disso, os autores ressaltam que tudo no jogo educativo deve estar voltado para a diversão e entretenimento.

Na Ciência da Computação os jogos educativos tem sido amplamente utilizados nas mais diversas áreas [Battistella e von Wangenheim 2016, Clementino et al. 2022], no entanto algumas áreas tendem a apresentar mais exemplos de jogos, como por exemplo os voltados ao ensino de algoritmos e lógica de programação e para a engenharia de *software*.

3. Metodologia

Com base na metodologia descrita em Kitchenham e Brereton (2013) este artigo apresenta um mapeamento sistemático sobre jogos educativos voltados para o ensino de Sistemas Operacionais.

O trabalho tem como objetivo conhecer as práticas educativas que utilizam jogos no ensino de sistemas operacionais, a eficácia do seu uso, que tipos de jogos, além de outras características relevantes para o processo de ensino-aprendizagem. Assim, as seguintes questões de pesquisa foram definidas:

- Q1: Quais conceitos de sistemas operacionais o jogos abordam?
- Q2: Os jogos foram testados com estudantes? Quais os resultados?
- Q3: Quais os gêneros dos jogos?
- Q4: Quais as plataformas dos jogos?
- Q5: Como os jogos foram incorporados no ensino de Sistemas Operacionais?
- Q6: Os jogos foram utilizados para ensinar novos conceitos ou para consolidar conceitos em sistemas operacionais?
- Q7: Quais jogos educativos estão atualmente disponíveis?
- Q8: Em quais linguagens de programação os jogos são desenvolvidos?

A partir das questões definidas, a *string* de busca foi construída visando encontrar trabalhos relevantes, sendo que a string pode ser definida como: “S1 AND S2 AND S3 AND S4”, na qual cada termo “S” da *string* pode ser definido como:

- **S1:** *serious game OR teaching game OR learning game OR educative game OR educational game OR game-based;*
- **S2:** *operating system OR operating systems;*
- **S3:** *course OR concepts OR curriculum OR subject OR area of OR fundamentals OR algorithms OR module;*
- **S4:** *race condition OR threads OR process scheduling OR semaphores OR deadlock OR mutex OR bus OR system calls OR inter-process communication OR busy waiting OR strict alternation OR mutual exclusion OR memory management OR paging OR critical region OR lock variables OR monitor OR concurrent OR parallel.*

Uma vez elaborada as questões de pesquisa e a *string* de busca, os critérios de inclusão e exclusão foram definidos, visando filtrar/selecionar os artigos relevantes para o estudo. Tais critérios podem ser vistos nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Critérios de inclusão definidos

	Critério de inclusão
CI1	O artigo deve satisfazer a <i>string</i> de busca
CI2	O trabalho deve ter sido publicado há menos de 10 anos
CI3	O trabalho deve ter sua versão completa para <i>download</i> de forma gratuita
CI4	O trabalho deve estar escrito em língua portuguesa ou inglês

Tabela 3. Critérios de exclusão definidos

	Critério de exclusão
CE1	O artigo não satisfaz a <i>string</i> de busca
CE2	O trabalho foi publicado há mais de 10 anos
CE3	O trabalho não possui versão completa disponível para <i>download</i>
CE4	Trabalho não possui acesso gratuito
CE5	Trabalho escrito em línguas diferente de inglês e português

Como fontes de busca foram utilizados o *Google Scholar*, a *IEEEExplore*, Scielo e Periódicos Capes. Vale destacar que a busca ocorreu utilizando somente a *string* em inglês, uma vez que artigos em português também possuem o *abstract* contendo palavras chaves sobre o trabalho.

Outro ponto importante a ressaltar é que a *string* precisou associar termos específicos de sistemas operacionais, uma vez que a busca por termos como “jogo educativo sistemas operacionais” pode retornar artigos sobre jogos educativos de outras áreas que comentam que o jogo é para o sistema operacional X ou Y, fazendo com que a quantidade de resultados seja muito alta.

4. Resultados e discussões

Definidos os pontos relevantes do mapeamento, a busca foi realizada durante o mês de outubro e novembro de 2023 e os resultados podem ser vistos na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados das busca e filtragens das etapas 1, 2 e 3

Base de dados	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
Google Scholar	373	31	14
IEEEExplore	5	2	1
Scielo	0	0	0
Periódico Capes	3	1	0
Total	381	34	15

A partir dos resultados iniciais da busca (etapa 1), a segunda etapa visou selecionar os artigos por meio do título e resumo. Já na terceira etapa, os artigos foram analisados de forma completa, gerando assim 15 artigos relevantes.

Utilizando a técnica de *snowballing*, novas buscas foram realizadas, sendo que um artigo foi encontrado e adicionado aos já existentes, totalizando assim 16 trabalhos resultantes. Estes jogos podem ser vistos na Tabela 5 abaixo.

Tabela 5. Jogos educativos para Sistemas Operacionais

Nome do Jogo	Referência
<i>Operating System Little Pet</i>	[She et al. 2013]
<i>World of Operating System (WoUSO)</i>	[Rughiniş 2013]
<i>Space Shooter</i>	[Zhang et al. 2020]
<i>OpenTTD</i>	[Murphie e Hansen 2018]
<i>Mobile Virtual Reality Game-based learning</i>	[AbdelAziz et al. 2020]
<i>Mutual Exclusion Social Game</i>	[Popović et al. 2018]
<i>Parallel</i>	[Zhu et al. 2019]
Sem nome	[DeLozier e Shey 2023]
<i>Parallel Islands</i>	[Cameron 2023]
Protótipo sobre memória virtual	[Souza 2014]
<i>Arena deadlock</i>	[de Jesus Santos et al. 2020]
<i>Threadman</i>	[Luccas 2019]
Escalonando	[Luccas 2019]
<i>Race condition</i>	[Luccas 2019]
<i>Temple of Treasures</i>	[Weanquoi et al. 2021]
<i>Speed Schedule</i>	[Figueiredo et al. 2020]

A Figura 1 apresenta as telas dos jogos *Parallel* [Zhu et al. 2019] e *Parallel Islands* [Cameron 2023], enquanto que a Figura 2 descreve os jogos *Speed Schedule* [Figueiredo et al. 2020] e *Mutual Exclusion Social Game* [Popović et al. 2018].

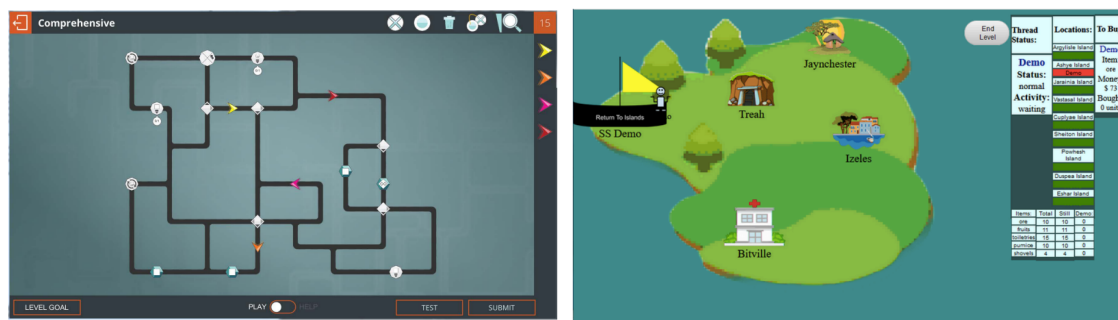


Figura 1. Figuras dos jogos *Parallel* [Zhu et al. 2019] e *Parallel Islands* [Cameron 2023]

A seguir, são apresentados os resultados específicos de cada uma das 8 questões de pesquisa definidas.

4.1. Q1: Quais conceitos de sistemas operacionais o jogos abordam?

Entre os 16 jogos encontrados, 20 conceitos diferentes associados a sistemas operacionais são abordados. Esses conceitos podem ser vistos na Figura 3.

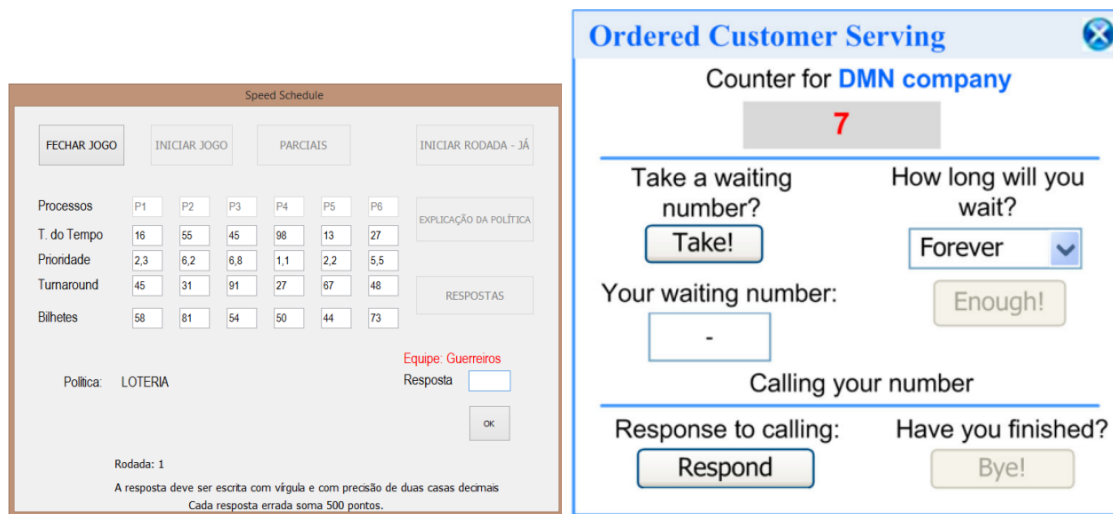


Figura 2. Figuras dos jogos *Speed Schedule* [Figueiredo et al. 2020] e *Mutual Exclusion Social Game* [Popović et al. 2018]

Vale ressaltar que em um mesmo jogo pode apresentar mais de um conteúdo ao mesmo tempo. Visando comparar os conceitos abordados em jogos educativos com os abordados nos simuladores, a Figura 3 apresenta ainda os conceitos dos simuladores descritos na Seção 2.

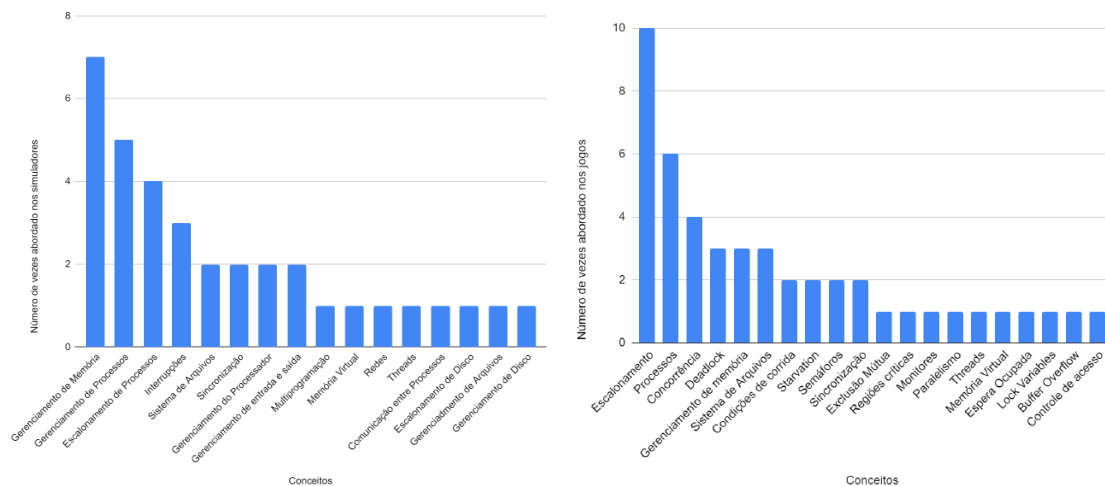


Figura 3. Conceitos de Sistemas Operacionais abordados nos simuladores e nos jogos educativos encontrados

Comparando os gêneros dos jogos e simuladores, percebe-se que conceitos sobre gerenciamento de processos são destaque tanto em jogos e simuladores. O dinamismo e a interatividade associada ao conceito favorece o uso de jogos e simuladores no processo de ensino.

Além disso, estes são conceitos iniciais e importantes em relação à matéria, assim diferentes abordagens podem ser utilizadas visando uma melhor compreensão dos alunos.

4.2. Q2: Os jogos foram testados com estudantes? Quais os resultados?

Entre os 16 jogos encontrados, todos foram testados com alunos, sendo recorrente métodos como: questionários pré e pós teste [She et al. 2013], [Zhu et al. 2019], [Cameron 2023], [Zhang et al. 2020], [Weanquoi et al. 2021], questionário baseado em metodologias específicas de avaliação de jogos [Luccas 2019], [de Jesus Santos et al. 2020], [Souza 2014], [AbdelAziz et al. 2020], observação dos jogadores [Figueiredo et al. 2020], [Rughiniş 2013], uso de grupos de controle [Popović et al. 2018], questionários sobre os conceitos explorados [Murphie e Hansen 2018], além de validar as soluções propostas pelos alunos com soluções previamente conhecidas [DeLozier e Shey 2023].

Com relação a quantidade de alunos envolvidos nos testes, o jogo que foi testado com mais alunos foi o *Operating System Little Pet* [She et al. 2013], na qual participaram do teste 141 alunos. Por outro lado o jogo *Parallel Islands* [Cameron 2023] apresentou os resultados do teste com apenas 8 alunos.

4.3. Q3: Quais os gêneros dos jogos?

Os gêneros dos jogos encontrados podem ser vistos na Figura 4 abaixo, na qual à esquerda são apresentados os gêneros individuais dos jogos, ressaltando que um jogo pode se encaixar em mais de um gênero. Já à direita são apresentados a distribuição dos gêneros encontrados.

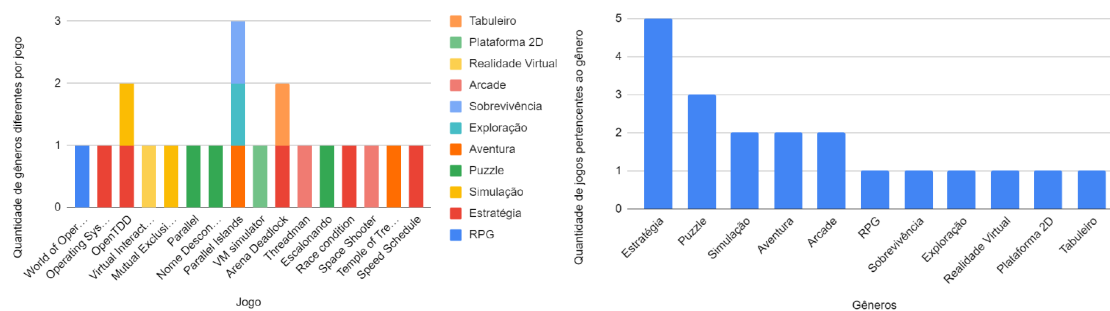


Figura 4. Gêneros envolvidos em cada um dos jogos encontrados e distribuição dos gêneros encontrados

Percebe-se pela Figura 4 a predominância de jogos de estratégia e *puzzle*. Isto pode ser observado uma vez que este estilo de jogo se baseia na resolução de problemas e no pensamento crítico, competências essenciais em diversas disciplinas associadas à Computação.

4.4. Q4: Quais as plataformas dos jogos?

A ampla maioria dos jogos encontrados (14) foram desenvolvidos para serem utilizados nos navegadores da Internet e também no próprio computador como um software a parte.

Apenas dois jogos diferem em relação à plataforma, o *Arena Deadlock* [de Jesus Santos et al. 2020] que é um jogo de tabuleiro e o *Mobile Virtual Reality Game-based learning* [AbdelAziz et al. 2020], que é um jogo voltado para dispositivos móveis, uma vez que se utiliza da realidade virtual.

4.5. Q5: Como os jogos foram incorporados no ensino de Sistemas Operacionais?

O uso dos jogos educativos para Sistemas Operacionais encontrados em sala de aula pode ser classificado em três tipos: usado uma única vez, ao longo das aulas (mais de uma vez) e conteúdo extra classe. A Figura 5 apresenta a divisão de como os jogos foram utilizados, com uma alta tendência a usar o jogo somente uma vez (11 jogos).

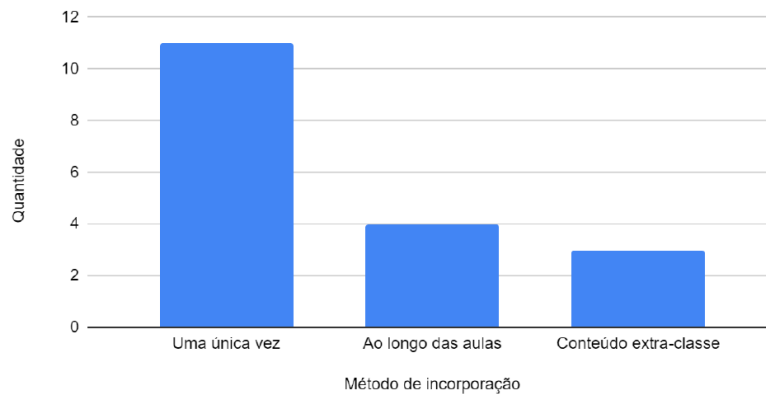


Figura 5. Incorporação dos jogos educativos de Sistemas Operacionais em sala de aula

A Figura 5 indica ainda que grande parte dos jogos encontrados são utilizados como episódio isolado nas aulas, subestimando o potencial dos mesmos em reforçar conceitos de forma contínua e cumulativa.

4.6. Q6: Os jogos foram utilizados para ensinar novos conceitos ou para consolidar conceitos em sistemas operacionais?

Com relação a como o jogo foi abordado em sala de aula, 76.2% dos jogos foram utilizados para a consolidação de conceitos já vistos em sala, ou seja, os alunos já tinham conhecimento prévio sobre o conteúdo que é abordado no jogo.

Por outro lado, 23.8% dos jogos foram utilizados em um momento na qual os estudantes não tinham conhecimento sobre os conceitos associados ao jogo. Apesar da maioria dos jogos encontrados serem utilizados após os alunos terem conhecimento do conteúdo, os dados acima demonstram a flexibilidade de um jogo educativo, possibilitando tanto a inserção de novos conceitos quanto a consolidação de conceitos já existentes.

4.7. Q7: Quais jogos educativos estão atualmente disponíveis?

Dos 16 jogos encontrados, apenas 5 estão disponíveis para serem jogados, são eles: *Space Shooter* [Zhang et al. 2020], *Temple of Treasures* [Weanquoi et al. 2021], *WoUSO* [Rughiniş 2013] e *OpenTTD* [Murphie e Hansen 2018]. Já o jogo *Arena Deadlock* [de Jesus Santos et al. 2020], por se tratar de um jogo de tabuleiro, seus componentes (tabuleiro, cartas e itens) estão disponíveis para impressão e uso.

4.8. Q8: Em quais linguagens de programação os jogos são desenvolvidos?

Apenas 9 dos 16 jogos encontrados citaram a linguagem de programação utilizada no desenvolvimento do jogo, sendo que destes, 6 foram desenvolvidos em C# (*Mobile*

Virtual Reality Game-based Learning, *Space Shooter*, *Temple of Treasures*, *Threadman*, *Escalonando*, *Race Condition*), um em C e C++ (*OpenTTD*), um em JavaScript e Java (*Parallel Islands*), e um em DelphiObject Pascal (*Speed Schedule*).

A predominância da linguagem C# reflete o uso do *Unity* [Unity 2024], popular *engine* voltada para o desenvolvimento de jogos.

5. Conclusões e trabalhos futuros

Este trabalho apresentou um mapeamento sistemático dos jogos educativos voltados para o ensino de sistemas operacionais.

Entre os jogos encontrados, todos foram testados com alunos e apresentaram resultados positivos como ferramenta de auxílio no ensino de sistemas operacionais.

Além disso, grande parte dos alunos participantes nos testes relataram *feedbacks* positivos, também sugerindo melhoras nos jogos, possibilitando o desenvolvimento e estudo de novas versões para os jogos já existentes e novas ideias de jogos educativos.

Áreas como *threads*, regiões críticas e exclusão mútua e outras apresentam poucos exemplos de jogos, também apresentando possibilidades de estudo das áreas menos abordadas.

Como trabalhos futuros pretende-se analisar tais áreas pouco exploradas, visando a criação de jogos educativos digitais e não digitais voltados ao ensino destes conceitos, visando assim preencher a lacuna existente na área de jogos educativos para sistemas operacionais.

Os jogos oferecem uma oportunidade para desenvolvimento do raciocínio, da lógica e outras habilidades importantes na resolução de problemas, favorecendo assim o aprendizado acadêmico e a tomada de decisão necessária no mercado de trabalho.

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

- AbdelAziz, M. A., ElBakry, H. M., Riad, A. E.-D. M., e Senouy, M. B. (2020). The impact of using virtual reality on student's motivation for operating systems course learning. *Journal of E-Learning and Knowledge Society*, 16(2):25–33.
- 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.
- Cameron, M. (2023). *Parallel Islands: A Diversity Aware Tool For Parallel Computing Education*. PhD thesis, Virginia Tech. Tese de Doutorado.
- Christopher, W. A., Procter, S. J., e Anderson, T. E. (1993). The nachos instructional operating system. In *USENIX Winter*, pages 481–488. Citeseer.

- 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.
- 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.
- Cruz, E. H., Foleiss, J. H., Assunção, G. P., e Gonçalves, R. A. (2008). Ferramenta de simulação de processador para ensino de graduação e pesquisa científica. *Anais SULCOMP*, 4.
- de Jesus Santos, A. P., da Conceição, D. P., das Virgens Santos, E., e de Araujo Cirqueira, L. (2020). Arena deadlock: Uso de atividades lúdicas na educação de nível superior. *Brazilian Journal of Development*, 6(3):14579–14589.
- DeLozier, C. e Shey, J. (2023). Using visual programming games to study novice programmers. *International Journal of Serious Games*, 10(2):115–136.
- Falkembach, G. A. M., Geller, M., e Silveira, S. R. (2006). Desenvolvimento de jogos educativos digitais utilizando a ferramenta de autoria multimídia: um estudo de caso com o toolbook instructor. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 4(1).
- Figueiredo, R. T., dos Santos, V. M. L., e Ramos, J. L. C. (2020). Speed schedule-jogo para auxílio no estudo das políticas de escalonamento em sistemas operacionais. *Informática na educação: teoria & prática*, 23(1 Jan/Abr).
- Freitas, G. M. B. d. et al. (2023). Simulador de gerência de processos para sistemas operacionais.
- Gadelha, R. N., de Azevedo, R. R., de Oliveira, H. T., Neves, T. D., Souza, C. C., e da Silva, E. L. (2010). Os simulator: Um simulador de sistema de arquivos para apoiar o ensino/aprendizagem de sistemas operacionais. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 1.
- Jones, D. e Newman, A. (2001). Rcos. java: A simulated operating system with animations. *Teaching package 1*.
- Kioki, E. Y., Santiago, P. P., e Soares, A. C. (2008). Um simulador didático como ferramenta de apoio ao ensino da disciplina de sistemas operacionais. *INICIA*, 37:40.
- Kitchenham, B. e Brereton, P. (2013). A systematic review of systematic review process research in software engineering. *Information and software technology*, 55(12):2049–2075.
- Kurose, J. e Ross, K. (2010). Computer networks: A top down approach featuring the internet. *Peorsoim Addison Wesley*.
- Luccas, M. d. S. (2019). Jogos educacionais para ensino em sistemas operacionais. *Universidade de São Paulo - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação*.
- Maia, L. P. (2001). Sosim: Simulador para o ensino de sistemas operacionais. *Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro*.
- Medeiros, T. R., Souza, C. C., de Sousa, T. D., NS, R., Gadelha, E. L. d. S., e Júnior, J. B. D. (2011). Io simulator: Um simulador de dispositivos de entrada e saída para

- auxiliar o ensino de sistemas operacionais. In *Workshop de Educação e Informática. XXXI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação*. sn.
- Murphie, B. e Hansen, M. (2018). Teaching concurrency in a modern manner, flipped classroom or game-based learning.
- Oliveira, R. A. e dos Santos Souza, A. C. Swso-simulador web de sistemas operacionais.
- Popović, M., Vladimir, K., e Šilić, M. (2018). Application of social game context to teaching mutual exclusion. *Automatika: časopis za automatiku, mjerenje, elektroniku, računarstvo i komunikacije*, 59(2):208–219.
- Quirino, T. M. F., Campos, C. C. V., e Oshima, R. M. S. (2017). O uso de jogos no ensino superior como estratégia pedagógica. In *Revista Tecnologias na Educação - Simpósio Nacional de Tecnologias Digitais na Educação (SNTDE)*, number 22.
- Reis, F. P. e Costa, H. (2009). Tbc-so/web: Software educativo para aprendizagem de políticas de escalonamento de processos e de alocação de memória em sistemas operacionais. *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE, UFSC, Florianópolis)*.
- Rocha, A. R., Schineider, A., Alves, J. C., e de Abreu Silva, R. M. (2004). wxproc—um simulador de políticas de escalonamento multiplataforma. *INFOCOMP Journal of Computer Science*, 3(1):43–47.
- Rughiniş, R. (2013). Scaffolding a technical community of students through social gaming: Lessons from a serious game evaluation.
- She, Y.-X., Lin, M.-H., Jong, B.-S., e Hsia, Y.-T. (2013). Using growing pet game in facebook to enhance students' learning motivation: In operating system course. In *2013 Learning and Teaching in Computing and Engineering*, pages 224–228. IEEE.
- Silva, E. O., Junior, W. M. V., e Carmona, J. V. C. (2021). Webjuvia: Simulador web de apoio ao ensino de gerência de memória na disciplina de sistemas operacionais. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*, pages 343–351. SBC.
- Souza, D. A. d. (2014). *Protótipo de um jogo educativo para o auxílio de ensino e aprendizagem em sistemas operacionais*. PhD thesis, Universidade Estadual do Piauí (UESPI)-Campus Professor Alexandre Alves de
- Tanenbaum, A. S. e Bos, H. (2015). *Modern operating systems*. Pearson Education.
- Unity (2024). Plataforma de desenvolvimento em tempo real do unity - 3d, 2d, engine vr e ar. <https://unity.com/pt> Acessado em fevereiro 2024.
- Weanquoi, P., Zhang, J., Yuan, X., Xu, J., e Jones, E. J. (2021). Learn access control concepts in a game. In *2021 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pages 1–6. IEEE.
- Zhang, J., Yuan, X., Johnson, J., Xu, J., e Vanamala, M. (2020). Developing and assessing a web-based interactive visualization tool to teach buffer overflow concepts. In *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pages 1–7. IEEE.
- Zhu, J., Alderfer, K., Furqan, A., Nebolsky, J., Char, B., Smith, B., Villareale, J., e Ontañón, S. (2019). Programming in game space: how to represent parallel

programming concepts in an educational game. In *Proceedings of the 14th International Conference on the Foundations of Digital Games*, pages 1–10.