

Jogos no Ensino de Linguagens Formais e Autômatos: Um Mapeamento Sistemático

Larissa F. S. Luz Santini³, Maurilio M. Campano Junior^{1,3}, Alan Salvany Felinto², Linnyer B. Ruiz Aylon¹

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

²Universidade Estadual de Londrina (UEL)
Departamento de Computação
Londrina - PR - Brazil

³Centro Universitário UniCesumar
Curso de Engenharia de Software
Maringá - PR - Brazil

larissaluzsantini@gmail.com, maurilio.campanojr@gmail.com,
alan@uel.br, lbruiz@uem.br

Abstract. *The use of educational games has become increasingly common in several areas of knowledge. However, in some areas of Computer Science, there are few options available for learning. An example of this is the area of Formal Languages and Automata (FLA), considered a subject of high complexity by students due to the theoretical and abstract aspects of the area. This work, therefore, has the objective of presenting a systematic mapping of games that approach FLA, the subjects that the games deal with, the genres of the games and how the tests of these games were carried out. The initial results point to 9 games found addressing different themes and genres.*

Keywords: *educational games, formal languages and automata, systematic mapping*

Resumo. *A utilização de jogos educativos tem se tornado cada vez mais comum em diversas áreas do conhecimento. No entanto, em algumas matérias na área da Ciência da Computação, poucas opções estão disponíveis para o aprendizado. Um exemplo disso é a área de Linguagens Formais e Autômatos (LFA), considerada um assunto de alta complexidade por estudantes devido aos aspectos teóricos e abstratos da matéria. Este trabalho portanto, tem o objetivo de apresentar um mapeamento sistemático de jogos que abordam a área de LFA, os assuntos que os jogos tratam, os gêneros dos jogos e como foram realizados os testes destes jogos. Os resultados iniciais apontaram 9 jogos encontrados abordando diversos temas e gêneros.*

Palavras-chave: *jogos educativos, linguagens formais e autômatos, mapeamento sistemático*

1. Introdução

O uso de jogos no aprendizado faz com que o processo de aprendizagem seja mais interativo e lúdico, ocasionando uma aprendizagem mais duradoura e efetiva [Aranha 2006].

Além disso, o uso de jogos e elementos da gamificação em ferramentas de aprendizagem atuam com um componente motivacional no processo de aprendizagem dos alunos [Tsay et al. 2018].

Na Ciência da Computação vários jogos são encontrados na literatura, em diversas áreas [Battistella and von Wangenheim 2016] [Pessini et al. 2014], predominando assuntos como Engenharia de Software, programação, pensamento computacional, algoritmos, entre outras.

No entanto, para a subárea de Linguagens Formais e Autômatos (LFA), poucos jogos educativos são desenvolvidos, visando o ensino de tópicos que abordam a temática. [Battistella and von Wangenheim 2016] [Pessini et al. 2014].

Curiosamente, a área de LFA é uma das matérias que apresenta maior índice de reprovações em cursos de Computação [Terra 2016]. Essa área apresenta aspectos teóricos e matemáticos da Computação que podem dificultar o aprendizado [Furtado 2003]. Neste sentido os jogos educativos podem ser uma das metodologias utilizadas para motivar e auxiliar na aprendizagem do aluno.

Portanto, este trabalho tem como objetivo mapear os jogos educativos existentes na área de Linguagens Formais a Autômatos, realizando um mapeamento sistemático da literatura.

As próximas seções apresentam uma fundamentação teórica acerca do tema, a metodologia utilizada para elaboração desse trabalho, a forma de execução do mapeamento sistemático, os resultados obtidos, considerações finais e trabalhos futuros.

2. Fundamentação teórica e trabalhos relacionados

O uso de jogos educativos como elemento integrante da aprendizagem remete aos jogos físicos e digitais e tem como objetivo, além da diversão, o aprendizado em si [Lehto 2009].

O emprego destes jogos, contribui para que o estudante relacione o conteúdo teórico com a prática executada no jogo, além de estimular a criatividade, a resolução de problemas, criatividade, raciocínio e estratégia [Kishimoto 2017].

2.1. Revisão sistemática

Para a realização deste estudo, utilizou-se o método de ensino-aprendizagem de revisão sistemática, também denominado como Mapeamento Sistemático de Literatura (MSL). Este tipo de busca é baseada na literatura de outras fontes de pesquisas disponíveis naquela área estudada, permitindo categorizar estudos primários [Petersen et al. 2015].

Uma das principais características deste tipo de pesquisa é a identificação, avaliação e o resumo dos estudos realizados na literatura [Kitchenham and Brereton 2013]. O objetivo desta técnica de estudo é apurar o máximo de informações sobre a área.[Kitchenham et al. 2007] E desta forma, verificar quais são as as dificuldades e deficiências na área estudada.

2.2. Trabalhos relacionados

Em um âmbito de pesquisa acadêmica é possível constatar que vários trabalhos abordam o uso de jogos educativos na área da Computação [Battistella and von Wangenheim 2016] [Feichas et al. 2021] [Pessini et al. 2014] [Pietruchinski et al. 2012]. No entanto, em análise as sub-áreas da Computação, nos quais os jogos educativos estão inseridos, o conteúdo de Linguagens Formais e Autômatos é pouco abordado em comparação aos demais conteúdos.

O trabalho de Pietruchinski *et al.* (2012) descreve os jogos educativos no contexto do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação e entre os jogos relatados houve apenas um relacionado à temática de LFA.

Ademais, na pesquisa produzida por Pessini *et al.* (2014), os jogos encontrados em seu mapeamento sistemático são em maioria na área de Engenharia de Software, programação, algoritmos e gerenciamento de projeto. Todavia, em situação semelhante ao trabalho anterior, o conteúdo de LFA é abordado em apenas um jogo, assim como o assunto de Teoria da Computação.

Da mesma forma que Pessini, os autores Battistella e von Wangenheim (2016) também relatam que a área da Engenharia de Software é a temática que possui maior abordagem dos jogos voltados para o ensino, bem como as matérias de fundamentos de programação, redes de computadores e segurança.

Portanto, a área de LFA pode ser considerada promissora em relação ao desenvolvimento de novos jogos educativos.

3. Metodologia

Para a realização deste trabalho, foram utilizados o formato de mapeamento sistemático, visando responder as questões de pesquisa, utilizando critérios de inclusão e exclusão para os artigos selecionados.

3.1. Objetivos e Questões de Pesquisa

O propósito geral deste mapeamento é encontrar jogos que facilitem o aprendizado em Linguagens Formais e Autômatos. Para isso, com o intuito de realizar uma pesquisa mais restritiva ao tema abordado, foram utilizados as seguintes questões de pesquisa:

Questão 01: Quais os jogos na área de Linguagens Formais e Autômatos?

Questão 02: Quais conceitos de Linguagens Formais Autômatos os jogos abordam?

Questão 03: Quais os gêneros dos jogos voltados para Linguagens Formais Autômatos?

Questão 04: Os jogos foram testados no ensino com alunos?

3.2. Critérios de Seleção: Inclusão e Exclusão

Para realizar a seleção e a filtragem dos artigos relevantes para a realização do mapeamento sistemático, foram definidos critérios de inclusão e exclusão.

Deste modo, foram considerados 4 critérios de inclusão (CI) e 4 critérios de exclusão (CE), com a finalidade de selecionar artigos associados com o tema em questão. Tais critérios podem ser vistos nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Critérios de inclusão

Critérios de Inclusão	
C1	O artigo possui uma versão completa disponível para download;
C2	O artigo deve ter sido publicado entre os últimos 10 (dez) anos;
C3	O artigo deve satisfazer a string da busca;
C4	Se vários artigos forem relacionados ao mesmo estudo, apenas o mais recente será considerado;

Tabela 2. Critérios de Exclusão

Critérios de Exclusão	
C1	O artigo está repetido;
C2	O artigo não está disponível na sua versão completa para download;
C3	O artigo aborda o tema de maneira sucinta;
C4	O artigo trata de jogos, porém não em uma perspectiva educacional;

A *string* de busca utilizada pode ser descrita como: **E1 AND (E2 OR E3 OR E4)**, na qual:

- **E1:** jogo *OR game*
- **E2:** autômatos *OR automata OR pilha OR stack OR máquina de Turing OR Turing machine OR gramática regular OR regular grammar OR gramática livre contexto OR context-free grammar*
- **E3:** linguagens formais *OR formal languages OR expressão regular OR regular expression*
- **E4:** avaliação *OR evaluation OR testes OR tests*

4. Execução do Mapeamento: Busca e Seleção

Para a formalização das buscas foram utilizados um critério de refinamento dividido em quatro passos. No primeiro passo, foi empregue as fontes de busca acima informadas de acordo com as palavras-chaves pré-definidas que acarretaram um total de 305 artigos. Em algumas fontes de buscas foram realizadas buscas manuais, uma vez que o site não permite a filtragem dos artigos.

Em sequência, em uma segunda etapa fora realizada uma análise individual de cada artigo, de acordo com seu título e resumo. Caso a pesquisa atendesse aos critérios de inclusão seria selecionada para um estudo de maneira mais minuciosa.

Desta maneira, no terceiro passo da pesquisa, cada artigo foi examinado na sua totalidade, sendo considerados apenas os jogos que são utilizados para o ensino de conceitos na área da Computação. Por fim, no quarto passo, um novo refinamento foi realizado, sendo descartados todos os jogos e ferramentas que não abordam os conceitos de Linguagens Formais e Autômatos. À vista disso, como resultado foram encontrados 9 jogos associados a área de LFA. Os resultados gerais das análises do mapeamento podem ser visto na Tabela 3.

Tabela 3. Mapeamento dos trabalhos encontrados

	Base	Qtde.	Descartados	Seleção preliminar	Descartados seleção final	Seleção final
1	SBGames	49	22	27	22	5
2	Google Scholar	145	87	58	56	2
3	Springer	3	2	1	1	0
4	WEI	28	5	23	21	2
5	Renote	18	7	11	11	0
6	CBIE	23	5	18	18	0
7	SBIE	15	1	14	14	0
8	Scielo	19	17	2	2	0
8	IEEE Xplore	5	3	2	2	0
	Total	305	149	156	147	9

Destaca-se ainda, que os trabalhos foram analisados por um único pesquisador, seguindo estritamente o protocolo especificado acima. Outro ponto também importante a ser esclarecido, é que caso o critério não fosse completamente satisfeito, eram solicitadas a opinião de outros pesquisadores para minimizar eventuais dúvidas e questionamentos.

5. Resultados e Discussões

Os resultados encontrados relacionados com cada uma das questões de pesquisa são apresentados a seguir.

Questão 1 - Quais os jogos na área de Linguagens Formais e Autômatos?

No mapeamento sistemático realizado, foram encontrados 9 jogos relacionados à LFA. Esses jogos são descritos na Tabela 4 e 2 exemplos de jogos são apresentados na Figura 1

Tabela 4. Jogos encontrados no mapeamento sistemático

Id.	Nome do jogo	Referência
1	A Factory Disaster	[Carvalho et al. 2021]
2	AutomataDefense 3.0	[Comin and Pereira 2011]
3	AutomataEscape	[da Silva and Sarinho 2021]
4	AutomataMind/Máquina das Senhas	[Vieira and Sarinho 2019a]
5	Automata Toy Factory	[Tomizawa and Campano Junior 2021]
6	Castaways	[de Souza et al. 2021]
7	Labirinto Gramágico	[Garozi et al. 2021]
8	Máquina do Curupira	[Pires et al. 2019]
9	Montanha de Chomsky	[Leite et al. 2014]



Figura 1. Exemplos de jogos encontrados: A Factory Disaster [Carvalho et al. 2021] e Labirinto Gramágico [Garozzi et al. 2021]

Questão 2 - Quais conceitos de Linguagens Formais Autômatos os jogos abordam?

Dentre os conceitos abordados em LFA, os jogos encontrados tratam em sua maioria dos mecanismos reconhecedores de linguagens formais com 8 dos 9 jogos sendo específico para o ensino desses tópicos.

Entre estes mecanismos reconhecedores, Autômato Finito Determístico (AFD) é o que mais aparece com 6 jogos, seguido de Autômato Finito Não Determinístico (AFND), Autômato com Pilha (AP) e Máquina de Turing, todos com 4 jogos cada.

Já nos elementos geradores das linguagens formais, a quantidade de jogos encontrados foi menor em relação aos reconhecedores, sendo que somente 1 jogo trata de Gramática Regular (GR) e Linguagens Regulares [Garozzi et al. 2021] e 1 jogo de trata de Expressões Regulares (ER), Linguagens Regulares (LR) e Linguagens Livres de Contexto (LLC) [Leite et al. 2014].

Os tópicos abordados nos jogos encontrados podem ser vistos na Figura 2.

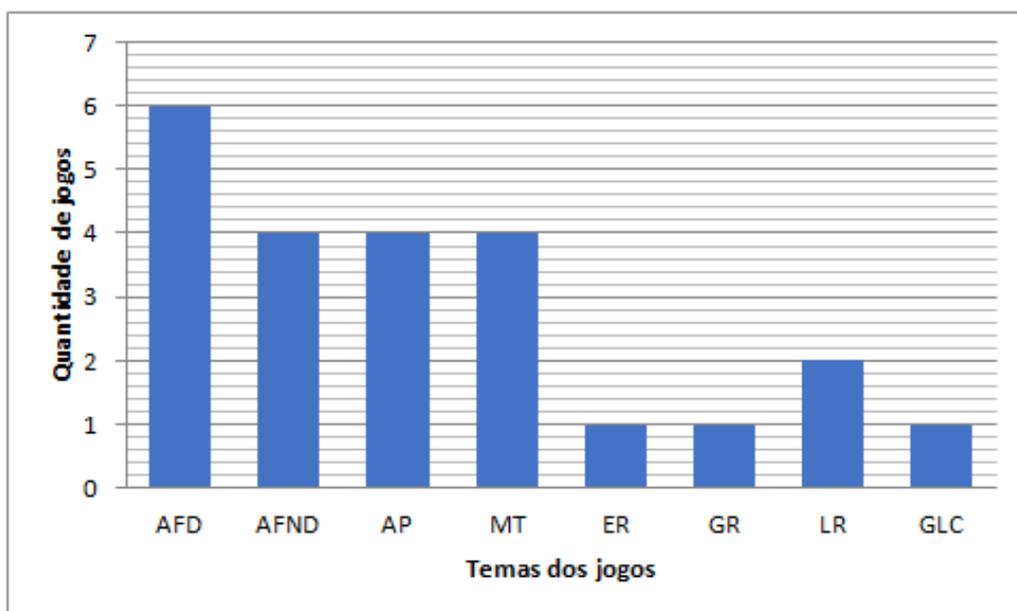


Figura 2. Temas de LFA abordados nos jogos encontrados

Importante ressaltar, que alguns jogos abordam mais de um tema na área de LFA, o que faz com que o gráfico possua mais de 9 temas em sua totalidade.

Questão 3 - Quais os gêneros dos jogos voltados para Linguagens Formais Autômatos?

Em relação ao gêneros dos jogos, 7 dos jogos encontrados: A Factory Disaster [Carvalho et al. 2021], AutomataEscape [da Silva and Sarinho 2021], Automata-Mind/Máquina das Senhas [Vieira and Sarinho 2019a] [Vieira and Sarinho 2019b], Automata Toy Factory [Tomizawa and Campano Junior 2021], CastAways [de Souza et al. 2021], Máquina do Curupira [Pires et al. 2019] e Montanha de Chomsky [Leite et al. 2014] são do gênero *puzzle*, também conhecido como quebra-cabeça.

Os outros 2 jogos, AutomataDefense 3.0 [Comin and Pereira 2011] e Labirinto Gramágico [Garozi et al. 2021] são do gênero *tower defense* e estratégia respectivamente.

Questão 4 - Os jogos foram testados no ensino com alunos?

Com relação à sua avaliação, 4 dos jogos realizaram testes com alunos, 2 realizaram testes apenas com os desenvolvedores e 3 não realizaram testes.

Os jogos Automata Toy Factory [Tomizawa and Campano Junior 2021] e Labirinto GRamágico [Garozi et al. 2021] realizaram testes com 55 e 49 alunos respectivamente, baseados no modelo proposto por Coutinho (2017) e Campano Junior, de Souza e Felinto (2020).

Já o jogo A Factory Disaster [Carvalho et al. 2021] utilizou somente a metodologia proposta por Coutinho [Coutinho 2017].

O Montanha de Chomsky [Leite et al. 2014] realizou testes com 39 alunos com questões que abordavam a experiência do uso do jogo, o auxílio no processo de ensino e aprendizagem e a relevância do jogo com os conteúdos vistos em sala.

Os jogos Automata Escape [da Silva and Sarinho 2021] e Enima Curupira [Pires et al. 2019] realizaram testes apenas com seus desenvolvedores durante e depois da etapa de desenvolvimento.

Por fim, AutomataDefense 3.0 [Comin and Pereira 2011], Castaway [de Souza et al. 2021] e AutomataMind/Máquina das Senhas [Vieira and Sarinho 2019b] [Vieira and Sarinho 2019a] não realizaram testes dos seus jogos com alunos.

6. Considerações Finais

Os jogos educativos tem um grande potencial de uso, permitindo a complementação de aspectos teóricos por meio de práticas didáticas, lúdicas e divertidas.

A área de Linguagens Formais e Autômatos é a base para cursos como a Ciência da Computação, abordando aspectos teóricos e modelos matemáticos para representação de problemas.

Este trabalho apresentou os jogos educativos que envolvem os conceitos de LFA, sendo que o uso de jogos nesta área ainda é pequeno em relação à outras. Logo, o desenvolvimento de novos jogos educativos voltado para os tópicos de LFA é uma área de pesquisa que pode ser explorada com maior profundidade.

Em síntese, como o LFA possui conceitos abstratos e teóricos de grande complexidade, os jogos educativos podem atuar como uma ferramenta de auxílio a professores e alunos, para uma melhor aprendizagem.

Com trabalhos futuros, espera-se poder projetar novos jogos que envolvam os conceitos de LFA, visando contribuir cada vez mais para um aprendizado mais fácil e divertido.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio 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

- Aranha, G. (2006). Jogos eletrônicos como um conceito chave para o desenvolvimento de aplicações imersivas e interativas para o aprendizado. *Ciências & Cognição*, 7.
- Battistella, P. E. and von Wangenheim, C. G. (2016). Games for teaching computing in higher education – a systematic review. In *IEEE Technology and Engineering Education*, volume 1, pages 8–30.
- Campano Junior, M. M., de Souza, H. C., and Felinto, A. S. (2020). Avaliação pedagógica com base na união dos componentes dos jogos educacionais e das teorias de aprendizagem. In *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Games - SBGames - Education Track*, pages 551–558. SBC.
- Carvalho, F. E. A., Junior, M. M. C., and Costa, Y. M. (2021). Jogos educativos no ensino de autômato finito determinístico: Um estudo de caso com o jogo a factory disaster. In *Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 472–478. SBC.
- Comin, L. M. and Pereira, E. N. (2011). Automatadefense 3.0: Inclusão do conceito de máquina de turing para complementação pedagógica. *ENCONTRO NACIONAL DE INFORMÁTICA E EDUCAÇÃO*, 2:342–349.
- Coutinho, I. D. J. (2017). Avaliação da qualidade de jogos digitais educativos: trajetórias no desenvolvimento de um instrumento avaliativo. *Tese (Doutorado) - Universidade do Estado da Bahia*.
- da Silva, I. G. C. C. and Sarinho, V. T. (2021). Automataescape: Uma proposta de jogo hardware/software de apoio a aprendizagem de aspectos teóricos da computação. In *Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 667–670. SBC.
- de Souza, H. C., Campano Junior, M. M., and Felinto, A. S. (2021). Inclusão das avaliações formativa e somativa no processo de desenvolvimento de um jogo educacional: Um estudo de caso no projeto do jogo castaways. In *Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 445–454. SBC.
- Feichas, F. A., Seabra, R. D., and de Souza, A. D. (2021). Gamificação no ensino superior em ciência da computação: Uma revisão sistemática da literatura. *RENOTE*, 19(1):443–452.

- Furtado, O. J. V. (2003). O ensino de linguagens formais vinculado ao ensino de compiladores. In *XI Workshop de Educação em Computação, Campinas*, pages 1–8.
- Garozi, P. H. T., Campano Junior, M. M., and Costa, Y. M. (2021). Labirinto gramático: Um jogo educativo para o ensino de gramáticas regulares. In *Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 489–498. SBC.
- Kishimoto, T. M. (2017). *Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação*. Cortez editora.
- Kitchenham, B. and Brereton, P. (2013). A systematic review of systematic review process research in software engineering. *Information and software technology*, 55(12):2049–2075.
- Kitchenham, B., Budgen, D., Brereton, P., Turner, M., Charters, S., and Linkman, S. (2007). Large-scale software engineering questions—expert opinion or empirical evidence? *IET software*, 1(5):161–171.
- Lehto, O. (2009). The collapse and reconstitution of the cinematic narrative: interactivity vs. immersion in game worlds. *Computer games: between text and practice. Rivista on-line dell’Associazione Italiana di Studi Semiotici, Serie speciale*, 3(5):21–18.
- Leite, L., Sibaldo, M. A., de Carvalho, T., and de Souza, R. (2014). Montanha de chomsky: jogo tutor para auxílio no ensino de teoria da computação. In *Anais do XXII Workshop sobre Educação em Computação*, pages 110–119. SBC.
- Pessini, A., OLIVEIRA, H. C. d., KEMCZINSKI, A., and Hounsell, M. D. S. (2014). O uso de jogos sérios na educação em informática: Um mapeamento sistemático. *Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE*, pages 537–541.
- Petersen, K., Vakkalanka, S., and Kuzniarz, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and software technology*, 64:1–18.
- Pietruchinski, M., Neto, J. C., Malucelli, A., and Reinehr, S. (2012). Os jogos educativos no contexto do sbie: uma revisão sistemática de literatura. *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)*, 1(1).
- Pires, F., Teixeira, K., Pessoa, M., and Lima, P. (2019). Desenvolvendo o pensamento computacional através da máquina de turing: o enigma do curupira. In *Anais do XXVII Workshop sobre Educação em Computação*, pages 523–532. SBC.
- Terra, R. (2016). Dados da disciplina de linguagens formais e autômatos. In *Technical report. Universidade Federal de Lavras (UFLA)*.
- Tomizawa, M. M. and Campano Junior, M. M. (2021). Automata toy factory: Um jogo educativo para ensino de autômato com pilha. In *Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 389–397. SBC.
- Tsay, C. H.-H., Kofinas, A. K., and Luo, J. (2018). Enhancing student learning experience with technology-mediated gamification: An empirical study. *Computers & Education*, v. 121:p. 1–17.
- Vieira, M. and Sarinho, V. (2019a). Automata-mind: A serious game proposal for the automata theory learning. In *Joint International Conference on Entertainment Computing and Serious Games*, pages 452–455. Springer.

Vieira, M. and Sarinho, V. (2019b). Máquina de senhas: um jogo digital para o aprendizado da teoria dos autômatos. In *Anais da XIX Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe*, pages 54–59. SBC.