

Automata Toy Factory: Um Jogo Educativo para Ensino de Autômato com Pilha

Marvin Massaru Tomizawa
Engenharia de Software
 Centro Universitário de Maringá - UniCesumar
 Maringá - Brasil
 marvintomizawa@hotmail.com

Maurilio Martins Campano Junior
Engenharia de Software
 Centro Universitário de Maringá - UniCesumar
 Maringá -Brasil
 maurilio.campanojr@gmail.com

Resumo—O uso de jogos no ensino cresce a cada dia com novos jogos e novas abordagens voltadas para o ensino. No ensino superior, a Ciência da Computação apresenta jogos para as mais diversas áreas, no entanto a área de Linguagens Formais e Autômatos é escassa em jogos devido à abordagem teórica de seus conteúdos. Assim, este trabalho apresenta um jogo para ensino de Autômatos com Pilha e os resultados de uma avaliação prévia do jogo baseado no Instrumento de Avaliação da Qualidade de Jogos Educacionais e na Avaliação Pedagógica dos Componentes. De acordo com os resultados preliminares o jogo tem um potencial para ser utilizado no ensino dos conceitos de Autômato com Pilha, auxiliando o aprendizado.

Palavras-chave—Jogos Educativos, Avaliação de Jogos, Autômatos com Pilha

I. INTRODUÇÃO

O uso de tecnologias e recursos didáticos para auxiliar no ensino está cada vez mais presente nas salas de aula [44], e com a pandemia de Covid-19 o uso destas tecnologias aumentou consideravelmente.

Entre estes recursos, os jogos educativos desempenham um papel importante na educação, associados à diversão e cognição de jovens e adultos, além de melhorar a capacidade de resolução de problemas, a concentração, percepção, raciocínio, abstração e planejamento [45].

A área da Ciência da Computação apresenta diversos jogos voltados para o ensino de seus conteúdos [31] [32] [33] [34] [22] [23] [24] [25] [26] [27] [28] [29] [30], no entanto, uma subárea carente na questão de jogos educativos é a de Linguagens Formais e Autômatos (LFA) com poucos exemplos encontrados na literatura [1] [8] [9] [10] [11] [12].

Visando preencher e aprimorar a carência de jogos na área de LFA, e auxiliar na diminuição de reprovações em LFA [46], que pode chegar a índices de reprovação de 50% [47], este trabalho tem como objetivo apresentar o projeto e o desenvolvimento do jogo *Automata Toy Factory*, um jogo voltado para ensino de Autômatos com Pilha (AP).

Além disso, o trabalho apresenta os resultados da avaliação da efetividade do jogo, que foi testado com 55 alunos que responderam questões baseadas no trabalho de Coutinho [35] e Campano Junior [40].

O restante deste artigo apresenta os trabalhos relacionados na seção II, os conceitos do projeto e desenvolvimento do jogo *Automata Toy Factory* são apresentados na seção III. A

seção IV apresenta as características das avaliações realizadas com os alunos e a seção V apresenta e discute os resultados das avaliações. Por fim a seção VI apresenta as conclusões e trabalhos futuros.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Os jogos educativos visam dispor de uma atividade pedagógica com tendência à diversão [2]. Diversas áreas apresentam o uso de jogos no ensino, tal como a Biologia [3] [4] [5] [6], Medicina [7] [15] e Medicina Veterinária [13] [14], Matemática [16] [17] [18], entre outras áreas [19] [20] [21].

Em específico, a Ciência da Computação apresenta diversos jogos nas mais diversas áreas, como por exemplo:

- lógica de programação e algoritmos [31] [32] [33] [34];
- engenharia de *software* e gerenciamento de projetos [22] [23] [24] [25] [26] [27];
- pensamento computacional [28] [29] [30].

A área de Linguagens Formais e Autômatos (LFA) é uma das áreas com poucos exemplos de jogos na literatura [1]. A busca sobre os jogos na área de LFA utilizou termos da matéria como autômatos, gramática, alfabeto, palavras, associando-os com jogos, jogos educativos, *games* e similares. Entre os jogos na área de LFA encontrados podemos citar o *Automata Defense* [8] [9], Jogo das Senhas [10] [11] e Montanha de Chomsky [12].

O Montanha de Chomsky [12] apresenta um jogo como atividade lúdica, e suporte a tutoria e correção de exercícios. O jogo trabalha conceitos de autômatos, gramáticas e expressões regulares para linguagens regulares e livres de contexto. A ideia do jogo é trabalhar com diversos tipos de linguagens, na qual o jogador precisa escalar uma montanha até as linguagens mais complexas.

O jogo coleta informações sobre a resolução das tarefas dos alunos, e permite que um usuário logado como professor analise os tempos de execução, quantidade de tentativas de resolução de um exercício, permitindo que estas informações sejam utilizadas como medidas de aprendizado.

No Jogo das Senhas [10] [11] o jogador precisa analisar um autômato e descobrir as palavras que fazem parte da linguagem apresentada no jogo. Os desafios e exercícios do jogo são

apresentados com um nível crescente de dificuldade, proporcionando uma atividade lúdica e desafiadora aos estudantes.

O *Automata Defense* [8] [9] é um jogo no estilo *Tower Defense*. Neste estilo de jogo, o jogador precisa construir torres para defender dos inimigos que avançam sobre um espaço do jogador. A ideia do *Automata Defense* neste caso é que os inimigos são palavras de uma linguagem formal e que a construção de torres depende da criação da representação gráfica de um autômato para uma determinada linguagem.

O jogo trabalha com Autômatos Finitos Determinísticos e Não-Determinísticos, e com Autômato com Pilha. Uma representação da criação da representação gráfica dos autômatos pode ser vista na Fig. 1, na qual se percebe os botões para criação de estados e transições, e também a linguagem para a qual o autômato deve reconhecer.

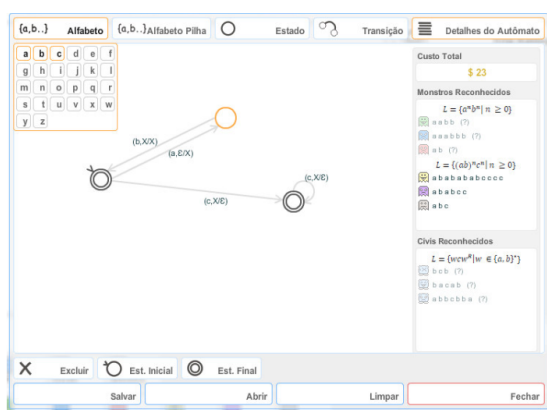


Fig. 1. Tela de criação dos autômatos para as torres no *Automata Defense* [8]

Já a Fig. 2 representa a tela principal do jogo e as torres já criadas atacando os inimigos. No jogo é necessário gerenciar os recursos disponíveis como dinheiro para construção do autômato, sendo que a construção de um autômato que não seja mínimo pode acarretar em gastos excessivos e falta de dinheiro para construção de mais torres.

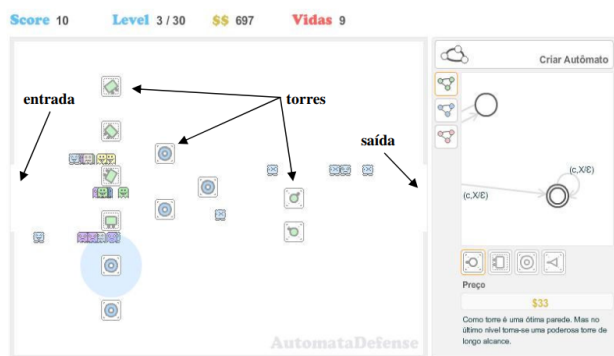


Fig. 2. Tela principal do *Automata Defense* [9]

O sistema de pontuação do jogo varia conforme a quantidade de inimigos atacados pelas torres e também pela proteção

aos civis, que representam palavras que não podem ser atacadas pelas torres.

Estes jogos apesar de apresentarem interface lúdica e divertida, consideram que o aluno já possui conhecimento da matéria, no *Automata Defense* por exemplo, o jogador constrói um autômato em um editor para ser utilizado como torre no jogo.

O jogo proposto neste trabalho parte de uma ideia de ensinar os conceitos de autômatos por meio de um cenário na qual o autômato está inserido nos elementos do jogo.

O desenvolvimento e avaliação destes jogos educativos seguem práticas que diferem dos jogos de entretenimento, uma vez que estes precisam trabalhar com um objeto de aprendizado [35].

Alguns modelos de avaliação de jogos são encontrados na literatura, com destaque para o *GameFlow* de Sweetser [38], o modelo MEEGA+ [39], o modelo de Oliveira [37], a avaliação proposta por Medeiros [36], o IAQJEd (Instrumento para Avaliação da Qualidade de Jogos Educacionais) [35], e a Avaliação Pedagógica com Base nos Componentes dos Jogos proposta por Campano Junior [40].

O IAQJEd [35], modelo utilizado para avaliação do jogo neste trabalho é formado por três dimensões de avaliação, na qual cada dimensão é formada por seis questões. A primeira dimensão avalia a usabilidade e a facilidade de utilizar o jogo, enquanto a segunda dimensão visa analisar a experiência do usuário com o jogo, e por fim a terceira dimensão avalia os princípios de aprendizagem inseridos no jogo. As questões de avaliação propostas pelo IAQJEd podem ser vistas nas Tabelas I, II e III.

TABELA I
QUESTÕES DO IAQJED - DIMENSÃO 1 - USABILIDADE [35]

Dimensão 1 - Usabilidade
Q1 - O jogador pode compreender a jogabilidade a partir do modo como os botões são apresentados na tela (quando apresentados)?
Q2 - Os tutoriais são eficazes em auxiliar o jogador a compreender a jogabilidade?
Q3 - Os jogadores poderão atingir os objetivos educativos propostos (se declarados) durante a interação com o jogo uma vez que tenham aprendido sua jogabilidade?
Q4 - A interação com o jogo permite a exploração da interface de forma segura, garantindo a execução de comandos como "salvar", "sair" e voltar para a mesma fase do jogo do ponto onde parou?
Q5 - Os desafios e informação do jogo possibilitam ao jogador interagir de modo a fazer o que precisa e deseja?
Q6 - A sequência de desafios do jogo leva em conta o que o jogador já aprendeu sobre como jogar?

TABELA II
QUESTÕES DO IAQJED - DIMENSÃO 2 - EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO [35]

Dimensão 2 - Experiência do Usuário
Q1 - O conjunto de elementos estéticos do jogo (o som, a forma, o cenário, movimento, desenho) permite que o jogador explore sua potencialidade de forma agradável?
Q2 - A interação com o jogo permite que o jogador se depara com um cenário atraente?
Q3 - Ao interagir com o jogo, o jogador se depara com uma narrativa desafiadora?
Q4 - A interação com o jogo permite ao jogador uma experiência divertida?
Q5 - Ao interagir com o jogo, o jogador se depara com um conjunto de desafios que vão aumentando a sua complexidade de forma divertida e motivadora?
Q6 - A interação com o jogo permite que o jogador se depara com um cenário envolvente?

TABELA III
QUESTÕES DO IAQJED - DIMENSÃO 3 - PRINCÍPIOS DE APRENDIZAGEM [35]

Dimensão 3 - Princípios de Aprendizagem
Q1 - Ao interagir com o jogo, o jogador é capaz de identificar espaços ou ambientes que refletem a realidade relacionada à temática proposta pelo jogo?
Q2 - Ao interagir com o jogo, o jogador será capaz de explorar diferentes estratégias de aprendizagem de acordo com suas próprias experiências e, ao mesmo tempo, avaliar seu percurso a partir de um ciclo de aquisição de competências?
Q3 - A interação com o jogo possibilita que os jogadores sejam colocados em situações que permitam projetar suas possíveis fantasias e desejos que se expressam no processo de jogabilidade?
Q4 - O jogo permite que o jogador manipule seus personagens de forma estruturada e eficaz para que os objetivos do jogo sejam concretizados?
Q5 - O jogo é intuitivo a ponto de permitir ao jogador explorar novas hipóteses durante a jogabilidade quando sua tentativa anterior não o permitiu passar de fase?
Q6 - Os desafios propostos durante o jogo apresentam-se de forma estimulante, oferecendo feedbacks que apontam os caminhos para sua finalização?

Já o modelo descrito por Campano Junior [40] apresenta uma análise dos componentes dos jogos de acordo com as teorias pedagógicas. O autor apresenta algumas questões de avaliação para cada componente, e as questões podem ser vistas na Tabela IV.

A escolha dos modelos de Coutinho [35] e Campano Junior [40] se deve ao fato de ambos os trabalhos disponibilizarem as questões de avaliação do jogo educativo em seus trabalhos,

permitindo que a avaliação seja direta de acordo com cada modelo.

TABELA IV
QUESTÕES DA AVALIAÇÃO PEDAGÓGICA COM BASE NOS COMPONENTES DOS JOGOS PROPOSTO POR CAMPANO JUNIOR [40]

Narrativa/Imersão
Aconteceu alguma situação durante o jogo que me fez relacionar um conteúdo visto anteriormente com algo novo?
A história do jogo fez com que o aprendizado se tornasse mais fácil e prazeroso?
Interação social
Durante o jogo, alguma ajuda de outros alunos e/ou professor possibilitou compreender melhor os conceitos do jogo?
Feedback
O jogo oferece feedback para as ações corretas e incorretas estimulando o aprendizado?
Os feedbacks do jogo auxiliam no processo de aprendizagem dos conceitos?
Desafios
As dificuldades e desafios do jogo proporcionam uma análise crítica e construtiva sobre os conceitos apresentados?
Os obstáculos e dificuldades presentes no jogo permitem um maior engajamento para a resolução do problema e consequentemente um maior aprendizado dos conceitos?
Os desafios do jogo incentivam a resolução dos problemas no jogo e favorecem o aprendizado?
Pontuações e Status
O jogador percebe um aprendizado maior sobre os conceitos quando passa de nível e recebe um novo status no jogo?
A mudança de status no jogo representa um aumento no conhecimento adquirido?
As mudanças de status e o sistema de pontuação do jogo incitam a busca por aprendizado cada vez maior?
Mecânica do Jogo
As movimentações no jogo permitiram uma liberdade na busca do aprendizado no jogo e na resolução das tarefas?
Habilidades do Jogador
O aluno conseguiu evoluir suas habilidades no jogo conforme adquiriu os conhecimentos no qual o jogo está relacionado?

III. Automata Toy Factory: PROJETO E DESENVOLVIMENTO

O jogo *Automata Toy Factory* seguiu um modelo de desenvolvimento similar ao descrito em Novak [43], e esta seção descreve o conceito do jogo, suas características de projeto e desenvolvimento.

A. Premissa

O jogo *Automata Toy Factory* tem como objetivo auxiliar no processo de ensino-aprendizagem de Autômatos com Pilha, visando oferecer uma interface lúdica e divertida aos alunos.

A narrativa do jogo envolve uma fábrica que produz e vende brinquedos, e na qual são realizadas promoções de diferentes produtos visando a venda em conjunto dos brinquedos.

Como a demanda de promoções é muito alta, problemas na montagem dos pedidos estavam ocorrendo, fazendo com que os pedidos tivessem problemas, gerando confusão na fábrica.

A partir desta premissa, o jogador é contratado para gerar as instruções de montagem dos pedidos quando da criação de uma promoção, fazendo com que os próprios funcionários

da fábrica realizem a verificação durante a montagem das encomendas.

As fábricas trabalham com o conceito de *tickets* para validar a montagem das promoções, sendo que os *tickets* funcionam de modo similar à estrutura de dados na forma de uma pilha. Assim, o funcionário da fábrica visualiza e retira o *ticket* que estiver no topo e insere um novo *ticket* caso seja necessário.

Além dos *tickets*, cada brinquedo é produzido em fábricas diferentes, sendo necessário transmitir e repassar as informações entre as fábricas por meio das transições, que indicam qual o brinquedo a ser adicionado ao pedido, qual a fábrica destino do brinquedo, o *ticket* removido e se deve ou não ser inserido algum *ticket*.

Cada promoção está associada a uma Linguagem Livre de Contexto que pode ser reconhecida por um Autômato com Pilha, tal como a promoção do Robô Pescador que representa a primeira fase, que indica que a compra de um robô ganha-se um barco de brinde. Esta promoção relaciona-se com a linguagem $L = \{a^n b^n / n > 0\}$ na qual o robô pode ser representado pela letra ‘a’ e o barco pela letra ‘b’.

Para a segunda e terceira fase, as linguagens são $L = \{a^{2n} b^n / n > 0\}$ e $L = \{a^n b^i c^j / n > i + j\}$ respectivamente. Na segunda fase, a promoção indica que a cada dois robôs, ganha-se um caminhão de brinde, enquanto que para a terceira fase a promoção é que para todos os robôs comprados serão acompanhados de um barco ou um caminhão.

B. Desenvolvimento

O jogo foi desenvolvido com a plataforma de desenvolvimento Unity [41], utilizando a linguagem C#. O diagrama de casos de uso das funcionalidades do jogo pode ser visualizado na Fig. 3.

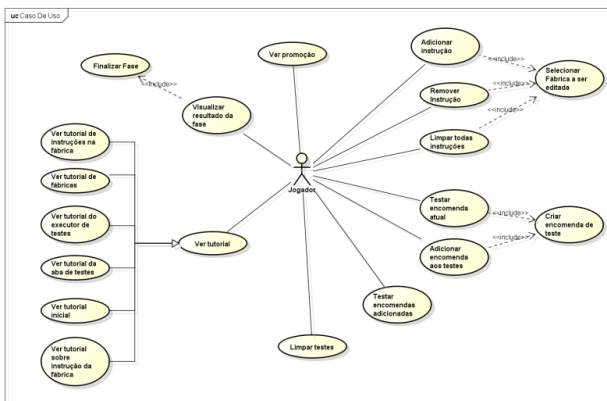


Fig. 3. Diagrama de casos de usos do jogo *Automata Toy Factory*

A tela de abertura do jogo pode ser vista na Fig. 4. Ao selecionar *Play Game*, a segunda tela mostra as fases disponíveis e a pontuação obtida em cada uma das fases. A terceira fase está bloqueada para acesso, sendo necessário passar da primeira e segunda fase para liberar o acesso.

A seguir, um tutorial explicando a narrativa do jogo é mostrando, detalhando a relação com o autômato com pilha, conforme mostra a Fig. 5.

Cada fase é detalhada por uma promoção que representa a sequência que deve ser montada dos pedidos, conforme mostra a Fig. 6.

Para inserir uma instrução para a montagem do pedido das fábricas, o jogador deve selecionar a fábrica desejada, determinar o brinquedo a ser adicionado, a fábrica destino, o *ticket* a ser removido, e se deseja ou não inserir novos *ticket*. A inserção dos *tickets* pode ser vista na Fig. 7.

Durante a inserção das instruções para as fábricas, o jogador consegue visualizar um passo a passo explicativo de como realizar a inserção, e de como funciona a montagem dos pedidos das fábricas, conforme Fig. 8.

Cada fase possui ainda uma área de testes, na qual o jogador pode testar se uma sequência de brinquedos satisfaz a promoção de cada fase, possibilitando ao usuário testar sequência de brinquedos que devem ser aceitas no pedido e sequências que não devem ser aceitas pois não seguem a restrição da promoção. Esta etapa de teste pode ser visualizada na Fig. 9.

Quando o usuário desejar pode finalizar a fase, então serão testadas algumas sequências arbitrárias de brinquedos que obedecem e que não obedecem a promoção relacionada à fase em questão, e o resultado da fase é mostrado para o usuário.

Com relação à pontuação o jogador pode ganhar no máximo três estrelas, que são calculadas de acordo com a sequência de testes gerado ao finalizar a fase, e com a quantidade de comandos gerados na fase, explicitando estas informações para o usuário, conforme mostra a Fig. 10.

C. Classificação, faixa etária, licença e requisitos de hardware

O jogo é classificado como livre, de acordo com a ESRB [42] para todas as idades, no entanto sendo mais adequado para professores, alunos e estudantes na área de Linguagens Formais e Autômatos.

Os recursos gráficos do jogo foram obtidos em plataformas de acesso livre e gratuito e o jogo não tem nenhum interesse comercial, sendo única e exclusivamente para o aprendizado e disseminação do conhecimento.

O jogo foi desenvolvido para sistema operacional *Windows* e está disponível para *download* no seguinte endereço: https://drive.google.com/file/d/1SFr7IEbRtjlfuz_dKqNHPNU2gPrHVODf/

IV. AVALIAÇÃO DO JOGO

Para avaliar o jogo como ferramenta educativa foram utilizados os modelos descritos por Coutinho e Campano Junior [35], [40]. O IAQJEd avalia o jogo em três dimensões, a usabilidade do jogo, a experiência do jogador com o jogo e os princípios de aprendizagem inseridos no jogo [35], enquanto a Avaliação Pedagógica proposta por Campano Junior visa avaliar os elementos do jogo e a relação com aprendizagem, tais como narrativa, interação social, *feedback*, desafios, pontuações e *status*, mecânica do jogo, e habilidade do jogador [40]. A escolha destes modelos de avaliação se deve ao fato de ambos

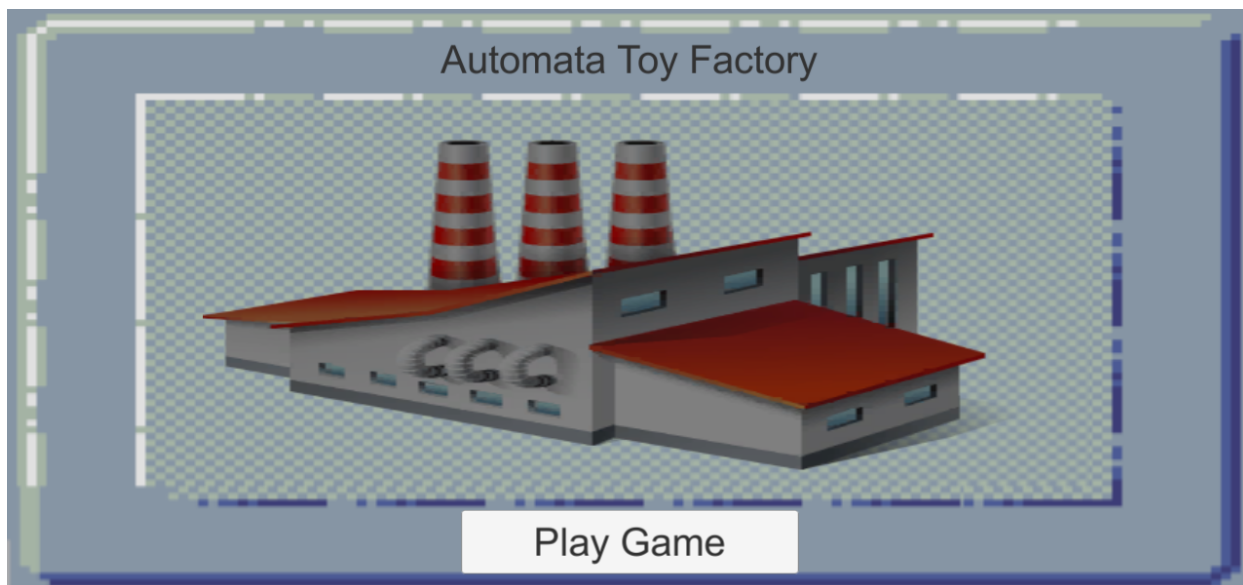


Fig. 4. Tela inicial do jogo Automata Toy Factory

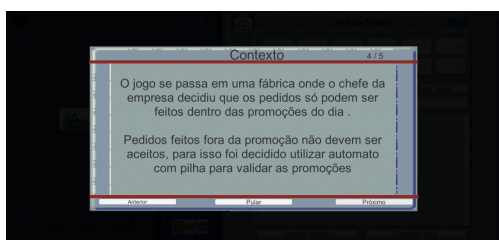


Fig. 5. Tutorial inicial do jogo Automata Toy Factory

os trabalhos disponibilizarem nos seus artigos as questões referentes à avaliação do jogo.

O IAQJEd apresenta 18 questões relacionadas às três dimensões, enquanto a Avaliação Pedagógica dos Componentes dos Jogos apresenta 14 questões relacionadas aos elementos do jogo e as teorias de aprendizagem. Estas 32 questões foram utilizadas com uma turma de Engenharia de Software com 55 alunos que jogaram o jogo sob supervisão do professor da disciplina, e responderam um questionário criado no *Google Forms*, utilizando a escala *Likert* como índice para respostas, e os resultados são apresentados na próxima seção.

A avaliação foi ainda dividida em dois grupos de alunos diferentes, na qual o Grupo 1 são alunos que já cursaram a disciplina de Linguagens Formais e Autômatos, enquanto que o Grupo 2 são alunos que não cursaram a disciplina. A avaliação foi acompanhada por um professor da disciplina de LFA, que também auxiliou na escolha das linguagens de cada uma das fases do jogo.

V. RESULTADOS

Os resultados das avaliações baseada no IAQJEd e em Campano Junior podem ser vistos nas Seções V-A e V-B.

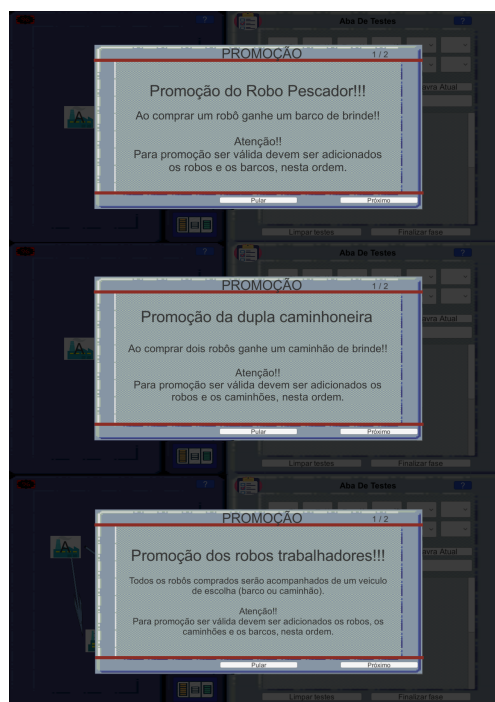


Fig. 6. Promoções das fases 1, 2 e 3 do jogo Automata Toy Factory

A. Resultados do IAQJEd

Os resultados da avaliação de acordo com as questões do IAQJEd de forma individual podem ser vistos na Tabela V abaixo. A média destas questões engloba alunos do Grupo 1, que já fizeram a disciplina de LFA, e do Grupo 2, que não fizeram a matéria.

Pode-se perceber pelos dados da Tabela V que as questões

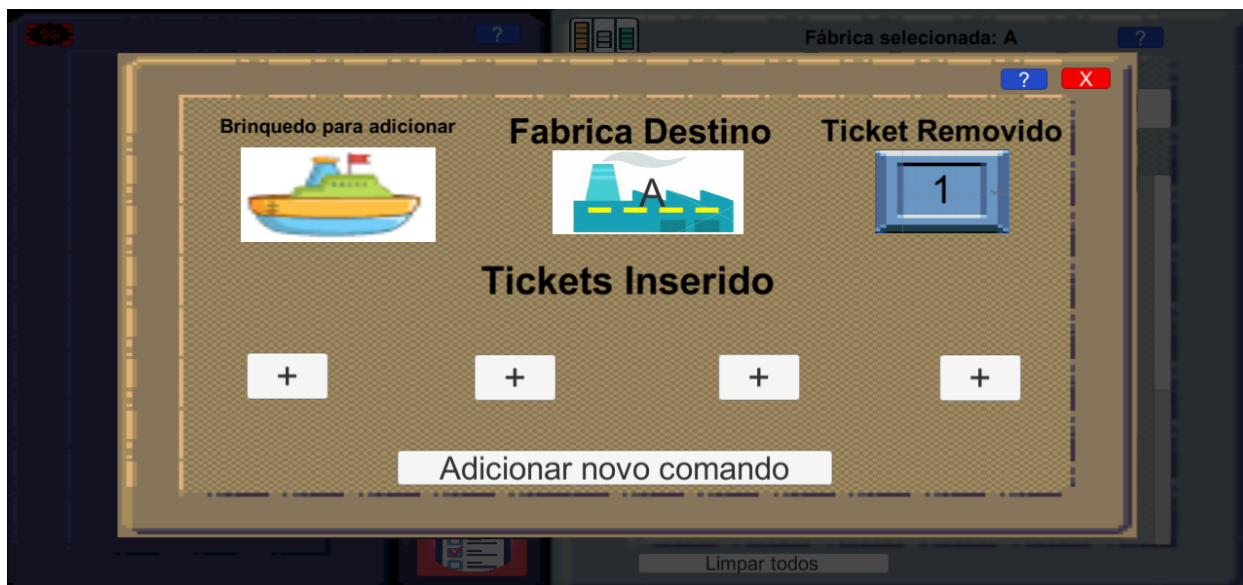


Fig. 7. Inserindo as instruções para as fábricas no jogo Automata Toy Factory

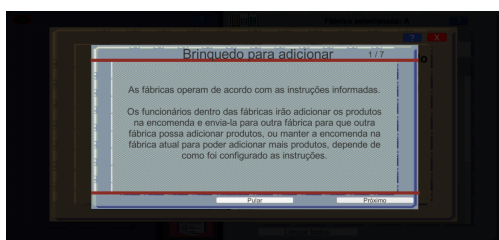


Fig. 8. Menu explicativo para inserção das instruções no jogo Automata Toy Factory

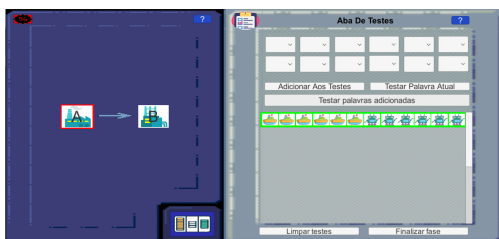


Fig. 9. Testando sequencia de brinquedos no jogo Automata Toy Factory

TABELA V
MÉDIA DOS RESULTADOS DAS QUESTÕES DE AVALIAÇÃO DO JOGO AUTOMATA TOY FACTORY PELO IAQJED [35].

Dimensão 1 - Usabilidade	
Questão	Média
Q1	3.5
Q2	3.8
Q3	4.0
Q4	3.8
Q5	3.9
Q6	3.6
Dimensão 2 - Experiência do Jogador	
Questão	Média
Q1	3.9
Q2	3.9
Q3	4.1
Q4	4.2
Q5	4.0
Q6	4.0
Dimensão 3 - Princípios de Aprendizagem	
Questão	Média
Q1	3.3
Q2	3.4
Q3	3.2
Q4	3.5
Q5	3.8
Q6	4.0

relacionadas à usabilidade do jogo obtiveram uma maior média em relação às outras questões, e que as questões relacionadas aos princípios de aprendizagem tiveram as menores médias.

Ainda com relação à avaliação segundo o IAQJED, a média das avaliações das três dimensões para cada grupo pode ser vista na Tabela VI.

Com base nas Tabelas V e VI percebemos que a usabilidade do jogo foi melhor avaliada por alunos que já fizeram a matéria de LFA (4.03 contra 3.51), a experiência do jogador teve índices muito próximos para ambos os grupos (4.0 e 3.93) e os princípios de aprendizagem obtiveram a maior discrepância

entre os grupos (3.73 e 3.32),

Analisando os resultados das questões individuais do IAQJED, o jogo Automata Toy Factory obteve uma nota de 67.55 que o classifica como um jogo com “Boa qualidade para finalidade educativa” de acordo com Coutinho [35]. Este valor é formado pela soma das respostas de cada questão, e classificado conforme o trabalho de Coutinho [35].



Fig. 10. Resultado da fase um do jogo Automata Toy Factory

TABELA VI
RESULTADO DA AVALIAÇÃO DO JOGO AUTOMATA TOY FACTORY PELO IAQJED [35].

Dimensão da avaliação	Média Grupo 1	Média Grupo 2
Usabilidade	4.03	3.51
Experiência do jogador	4.0	3.93
Princípios de aprendizagem	3.73	3.32

B. Resultados do Guia de Avaliação dos Componentes

Já a avaliação com base em Campano Junior [40] obteve os resultados descritos na Tabela VII.

TABELA VII
RESULTADO DA AVALIAÇÃO DO JOGO AUTOMATA TOY FACTORY PELO GUIA DE AVALIAÇÃO PROPOSTO POR CAMPANO JUNIOR [40].

Componentes dos jogos	Média Grupo 1	Média Grupo 2
Narrativa	4.1	3.95
Interação social	3.2	3.1
Feedback	4.35	3.8
Desafios	3.93	3.86
Pontuações e status	3.83	3.66
Mecânica do jogo	4.2	4.1
Habilidade do jogador	4.4	3.8

Com relação à avaliação dos componentes dos jogos podemos destacar a narrativa, a *feedback*, a mecânica do jogo e habilidades do jogador com altos índices de avaliação, reafirmando as características desenvolvidas no jogo que envolvem a história do jogo, os tutoriais presentes e as ações possíveis do jogador realizar no jogo.

Ainda em relação à avaliação do jogo pelos alunos, uma

questão final foi adicionada para inserir comentários gerais, críticas e sugestões. Entre as respostas perceberam-se vários elogios sobre a dinâmica e história do jogo, e a analogia dos elementos de um AP. No sentido contrário, alguns comentários também sugeriram um detalhamento maior sobre os conceitos de AP envolvidos no jogo.

Estas características podem ser analisadas de acordo com o Grupo de teste, sendo que alunos que já cursaram a matéria de LFA tendem a lembrar os conceitos de AP, facilitando o entendimento do jogo, enquanto outros alunos que não cursaram podem ter dificuldades em alguns pontos.

VI. CONCLUSÃO

Os jogos já fazem parte do dia a dia de diversas crianças, jovens e adultos, e os jogos educativos estão sendo cada vez mais inseridos no âmbito escolar.

Na área da Ciência da Computação, os conceitos relacionados à matéria de Linguagens Formais e Autômatos tem um alto grau de complexidade, e são de difícil entendimento por partes dos alunos. Os jogos educativos podem auxiliar nesta dificuldade, trazendo para o lado lúdico e divertido, favorecendo e enriquecendo a aprendizagem destes conceitos.

O jogo Automata Toy Factory apresentado neste trabalho, visa suprir uma lacuna existente em relação à estes jogos. O jogo tem como objetivo ensinar os conceitos de Autômatos com Pilha por meio de uma narrativa envolvendo a criação de brinquedos em uma fábrica, de acordo com as promoções lançadas.

As avaliações iniciais do jogo indicam uma boa usabilidade do jogo, com os componentes do jogo como narrativa, mecânica do jogo e *feedback* se destacando entre as melhores avaliações.

Como trabalhos futuros, a ideia é destacar alguns pontos nos textos de tutoriais do jogo, além da inserção de novas fases com novas linguagens representadas pelas promoções.

Espera-se também a criação de uma área reservada para o professor, na qual este pode acompanhar o progresso dos alunos enquanto eles jogam, visando encontrar pontos falhos na aprendizagem que possam ser corrigidos.

REFERÊNCIAS

- [1] P. Battistella, C. G. Von Wangenheim, “Games for teaching computing in higher education—a systematic review,” *IEEE Technology and Engineering Education*, v. 9, n. 1, p. 8-30, 2016.
- [2] C. Meftah, A. Retbi, S. Bennani, M. K. Idrissi, “Evaluation of User Experience in the context of Mobile Serious Game,” In: 2019 International Conference on Intelligent Systems and Advanced Computing Sciences (ISACS). IEEE, 2019. p. 1-5.
- [3] L. de Meis, “A Ciência de Deus Ex: Human Revolution,” In: *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Games - SBGames - Education Track*, pages 512–519, 2020.
- [4] L. H. S. Bomfim, J. S. Madureira, J. N. S. Lopes, “Um Mapeamento Sistemático sobre uso de Realidade Aumentada no Ensino de Biologia na Educação Básica,” In: *Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital - SBGames, 2020, Recife. Anais do SBGames 2020, 2020*. p. 728-734.
- [5] A. P. C. Rodrigues, R. Fernandes, C. L. R. da Motta., C. E. T. Oliveira, L. Teixeira, G. B. Alves, “Uma experiência de ensino-aprendizagem de genética clássica através de games na educação básica,” In: *Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento digital - SBGames, 2020, Recife. Proceedings of SBGames 2020, 2020*.
- [6] J. Y. K. Souza, A. B. Vitoria, M. B. Andrade, S. N. Simões, “Um jogo educativo para o ensino do código genético de forma lúdica,” In: *XVIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital, 2019, Rio de Janeiro. Proceedings of SBGames 2019, 2019*. p. 1228-1231.
- [7] J. A. Monteiro, M. A. Rodrigues, J. G. De Moura, A. P. S. Perez, “A plataforma Kahoot no ensino de histologia em um curso de medicina,” *Revista de Saúde Digital e Tecnologias Educacionais*. [online], volume 5, n. 2. p.01-15
- [8] R. L. Binsfeld, R. Watanabe, R. C. Silva, I. M. Carelli, “Alunos como designers: relato de experiência para aprendizagem de linguagens formais e autômatos,” In: *VIII Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment, 2019*.
- [9] R. C. Silva, R. L. Binsfeld, I. M. Carelli, R. Watanabe, “Automata defense 2.0: reedição de um jogo educacional para apoio em linguagens formais e autômatos,” In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)*, volume 1. 2010
- [10] M. Vieira e V. Sarinho, AutomataMind: “A serious game proposal for the automata theory learning,” In: *IFIP International Federation for Information Processing, 2019*. pages 452–455.
- [11] M. Vieira e V. Sarinho, “Máquina de senhas: um jogo digital para o aprendizada teoria dos autômatos,” In: *Anais da XIX Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe. 2019*. pages 54–59.
- [12] L. S. Leite, M. A. A. Sibaldo, T. B. A. de Carvalho, e R. de Souza, “Montanha de chomsky: jogo tutor para auxílio no ensino de teoria da computação,” In: *Anais do XXII Workshop sobre Educação em Computação. 2014*. pages 1364–1373.
- [13] E. Maia, W. O. Santos, A. C. G. Santos, S. Isotani, “Gamificação na Educação: Um Estudo Qualitativo no Ensino de Medicina Veterinária,” In: *Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital, 2020. Anais do Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital, 2020*. p. 622-631.
- [14] R. Durlo, Rafaela, R. D. DUrio, G. de C. Siqueira, N. de C. de Carvalho, “Perfugos: A Criação de Jogos como Ferramenta de Ensino-Aprendizagem na Disciplina de Doenças Fúngicas,” *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, v. 12, n. 1, 2020.
- [15] B. A. P. Barata, F. C. Couto, D. C. C. Couto, “Apoena um jogo sério baseado em sistemas epidemiológicos promovendo participação popular no combate a Dengue,” In: *XVIII SBGames, 2019, Rio de Janeiro. Education Track - Short Papers, 2019*. p. 1140-1143.
- [16] K. R. Otemaier, P. G. Zanese, E. E. Grein, N. S. Bosso, “Educational escape room for teaching Mathematical Logic in computer courses,” In: *XIX Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment, 2020, Recife - PE. SBC - Proceedings of SBGames 2020, 2020*. p. 595-604.
- [17] L. Alencar, R. Melo, F. Pires, M. Pessoa, E. H. T. Oliveira, “Uma proposta de análise de dados exploratória para um jogo educacional de Matemática,” In: *XIX SBGames (Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment), 2020. Proceedings of the XIX SBGames. 2020*. p. 752-758.
- [18] P. M. Escobar, F. Madruga, “Jogos online como instrumentos pedagógicos em aulas de reforço de Matemática,” *Prociências*, v. 3, n. 1, p. 33-52, 2020.
- [19] N. C. Jofilsan, S. M. L. Lima, M. H. A. Bezerra, M. S. F. Ferreira Neto, L. M. Queiroz, G. C. G. Silva, L. V. J. B. Silva, “Agrolândia em Jogo Sério com Temática Agrária,” *XI Simpósio Brasileiro de Jogos e entretenimento digital*, v. 11, p. 528, 2020.
- [20] A. Vahldick, P. H. Zocattelli, “Um Jogo Sério do Gênero Defesas com Torres para Alunos de Ensino Médio sobre a Prevenção de Infecções Sexualmente Transmissíveis,” In: *XIX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital, Recife/PE. 2020*.
- [21] L. C. M. Dos Santos, J. T. Caldas Filho, J. P. L. Cavalcanti, M. A. I. M. dos Santos, “Liberte a Rosa: jogo enigmático com reflexão sobre relacionamentos abusivos,” In: *XIX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital, Recife/PE. 2020*.
- [22] A. P. Santos, P. M. Jucá, “Risk Planning: Um Jogo Educativo para Auxiliar no Ensino de Gerenciamento de Riscos em Projetos de Software,” In: *Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGAMES 2019)*, Rio de Janeiro. 2019.
- [23] D. T. Rodrigues, V. Sarinho, “Vida de ES: Protótipo de um Jogo de Cartas para o Ensino de Situações Práticas Vivenciadas por um Engenheiro de Software,” In: *Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)*, Recife. 2020.
- [24] D. Castro, F. Fernandes, C. M. L. Werner, “A tertiary mapping on the use of games for teaching software engineering,” In: *Trilha de Educação do XVIII Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital (SBGames)*, Rio de Janeiro. v. 1. p. 1120-1123. 2019.
- [25] F. C. D. Carneiro, D. C. G. Nascimento, L. M. Lourenço, P. M. Jucá, A. D. B. Nogueira, “PM In Board: Um jogo de tabuleiro para auxiliar no ensino de Gerenciamento de Projetos de Software,” In: *Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGAMES)*, Rio de Janeiro. 2019.
- [26] D. Castro, F. Fernandes, C. M. L. Werner, “Uso de jogos como estratégia de ensino para reutilização de software,” In: *Trilha de Educação do XVIII Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital (SBGames)*, Rio de Janeiro. 2019. v. 1. p. 1240-1243.
- [27] I. E. F. Costa, L. F. F. Cardoso, A. I. M. Ramos, R. N. Sousa, S. R. B. Oliveira, “Uma Gamificação para Ensino e Aprendizagem de Teste Exploratório de Software: Aplicação em um Estudo Experimental,” In: *XVIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital, Rio de Janeiro. 2019*. p. 1232-1235.
- [28] L. F. Alencar, F. Pires, M. Pessoa, “Looking for Pets: criando algoritmos para desenvolver o Pensamento Computacional,” In: *XVIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital, Rio de Janeiro. 2019*.
- [29] T. Darin, F. Rocha, P. V. Angelo, D. Motta, “Desafio de Design Google: Um Jogo de Cartas para Apoio ao Ensino do Design de Interação e Conceitos Básicos de Interação Humano-Computador,” In: *XVIII Simpósio Brasileiro de Fatores Humanos em Sistemas Computacionais, 2019*. p. 100.
- [30] R. S. Monclar, G. Xexeo, “Insights after 42 Months of Application and Development of a Computational Thinking Methodology for Children,” In: *XIX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital, Recife. 2020*.
- [31] E. A. Araujo, J. C. C. Furtado, G. H. S. Alexandre, “Jogos de tabuleiros modernos para aprimorar a resolução de problemas em alunos de programação,” In: *XIX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital, Recife. 2020*.
- [32] F. Frosi, P. A. Jaques, “Jogos Digitais para o ensino de programação: uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no Brasil entre 2015 e 2019,” In: *SBGAMES 2020 - Trilha Educação, Recife. 2020*.
- [33] J. Macena, F. Pires, M. Pessoa, “Operação Lovelace: uma abordagem lúdica para introdução de aprendizagem em algoritmos,” In: *SBGAMES 2020 - Trilha Educação, Recife. 2020*.

- [34] L. M. Faeda, M. F. O. Baffa, J. S. Pereira, “AI(3P)A: Uma Metodologia para o Ensino de Lógica de Programação Utilizando Jogos Eletrônicos,” In: XIX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital - SBGames, Recife. 2020.
- [35] I. de J. Coutinho, “Avaliação da qualidade de jogos digitais educativos: trajetórias no desenvolvimento de um instrumento avaliativo,” Tese (Doutorado) — Universidade do Estado da Bahia, Salvador - BA, 2017.
- [36] M. de O. Medeiros, J. Schimiguel, “Uma abordagem para avaliação de jogos educativos: Ênfase no ensino fundamental,” Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE), v. 23, n. 1, 2012. ISSN 2316-6533.
- [37] R. Oliveira, G. Belarmino, C. Rodriguez, D. G. F. Venero, A. O. Junior, R. V. Rocha, “Avaliações em jogos educacionais: instrumentos de avaliação da reação, aprendizagem e comparação de jogos,” In Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. 2019.
- [38] P. Sweetser, P. Wyeth, “Gameflow: A model for evaluating player enjoyment in games,” *Comput. Entertain.*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, v. 3, n. 3, p. 3, jul. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1077246.1077253>
- [39] G. Petri, C. G. von Wangenheim, A. Borgatto, “Evolução de um modelo de avaliação de jogos para o ensino de computação,” In: Workshop sobre educação em Computação - Anais do XXV Workshop sobre Educação em Computação. 2017.
- [40] M. M. Campano Junior, H. C. De Souza, A. S. Felinto, “Avaliação Pedagógica com Base na União dos Componentes dos Jogos Educacionais e das Teorias de Aprendizagem,” In: Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital - SBGames, Recife. 2020. p. 551-558.
- [41] Unity3D “Plataforma de desenvolvimento em tempo real do Unity – Visualizações 3d, 2d VR e AR,” <https://unity.com/pt> (Acessado em janeiro de 2021).
- [42] “ESRB Entertainment software rating board,” <https://www.esrb.org/> Acessado em janeiro de 2021.
- [43] J. Novak. “Desenvolvimento De Games,” Cengage do Brasil. 2010.
- [44] D. Carr, D. Buckingham, A. Burn, G. Schottt, “Computer Games: Text, Narrative and Play,” Wiley, 2006. ISBN 9780745634012. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=WSp7uW75TrYCj>.
- [45] D. K. Ramos, N. L. Rocha, “Avaliação do uso de jogos eletrônicos para o aprimoramento das funções executivas no contexto escolar,” *Revista Psicopedagogia, scieloepsic*, v. 33, p. 133 – 143, 00 2016. ISSN 0103-8486
- [46] O. J. V. Furtado, “O ensino de Linguagens Formais vinculado ao ensino de Compiladores,” In: XI Workshop de Educação em Computação, Campinas. 2003. p. 1-8.
- [47] R. Terra, “Dados da disciplina de Linguagens Formais e Autômatos. Technical report,” Universidade Federal de Lavras (UFLA), 2016.