

Jogos Educativos no Ensino de Autômato Finito Determinístico: Um Estudo de Caso com o Jogo *A Factory Disaster*

Fernando Eugênio A. Carvalho
 Departamento de Informática
 Universidade Estadual de Maringá
 Maringá, Brasil
 fernanduzz@gmail.com

Maurílio M. Campano Junior
 Departamento de Informática
 Universidade Estadual de Maringá
 Maringá, Brasil
 maurilio.campanojr@gmail.com

Yandre M. G. Costa
 Departamento de Informática
 Universidade Estadual de Maringá
 Maringá, Brasil
 yandre@din.uem.br

Resumo—O uso de jogos no ensino pode favorecer o aprendizado, uma vez que o caráter lúdico tende a estimular e melhorar a concentração e percepção dos alunos. Na área da Ciência da Computação o uso de jogos é frequente em diferentes tópicos, no entanto, em Linguagens Formais e Autômatos isso não é comum, dada a natureza teórica e abstrata de seus conceitos. Este trabalho apresenta o projeto e desenvolvimento de um jogo voltado ao ensino de conceitos de Autômato Finito Determinístico, ao mesmo tempo em que entretém o usuário. O jogo segue a ideia de um *escape room* no qual o jogador tem que achar os recursos necessários para escapar das salas. Como forma de avaliar a qualidade do jogo foi utilizado o Instrumento de Avaliação da Qualidade de Jogos Educativos (IAQJEd) com 16 participantes. O resultado obtido foi satisfatório, indicando que o jogo tem boa qualidade para finalidade de ensino.

Palavras-chave—Jogos educativos, ensino de linguagens formais e autômatos, autômato finito determinístico.

I. INTRODUÇÃO

Existem várias ferramentas de software já descritas na literatura para apoiar atividade de ensino de Linguagens Formais e Autômatos (LFA), como por exemplo: JFLAP [1], [2], SCTMF [3], LFApp [4], [5] e Automata Tutor [6], [7]. Em geral, essas ferramentas oferecem ao usuário a possibilidade de criar modelos formais e fazer simulações para a verificação sintática de cadeias. Entre os modelos formais tipicamente disponibilizados nessas ferramentas, podemos citar: autômatos, máquinas universais, gramáticas e expressões regulares entre outros.

Estes simuladores cumprem um importante papel no apoio ao ensino, no entanto, o componente lúdico, presentes nos jogos não é presente. O uso de jogos no aprendizado, aumenta a diversão e cognição, além de melhorar a capacidade de resolução de problemas, a concentração, percepção, raciocínio, abstração e planejamento [8].

A área de LFA ainda é carente de jogos para o ensino, entre os exemplos de jogos encontrados na literatura podemos citar o *Automata Defense* [9], [10], o Jogo das Senhas [11], [12], e Montanha de Chomsky [13].

Assim, o objetivo do trabalho é apresentar o projeto e desenvolvimento de um jogo educativo para o ensino de autômato finito determinístico (AFD), bem como os resultados

de uma avaliação inicial do jogo baseada em Coutinho [14]. A ideia é que o jogo seja utilizado como ferramenta de apoio ao ensino, motivando e ao mesmo tempo divertindo os alunos enquanto aprendem.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Esta seção divide-se em dois tópicos, na qual o primeiro aborda conceitos de jogos educativos e os jogos relacionados com a disciplina de Linguagens Formais e Autômatos, enquanto que o segundo tópico aborda as formas de avaliação da qualidade de um jogo educativo.

A. Jogos Educativos

Os jogos educativos favorecem o desenvolvimentos cognitivo, e melhoram a capacidade de resolução de problemas, o pensamento estratégico, memória, fantasia e interação [15].

1) *Automata Defense*: O jogo proposto por Binsfeld e Silva [9], [10] é um jogo estilo *Tower Defense* voltado para ensino de Autômatos Finitos (Determinísticos e Não Determinísticos) e Autômatos com Pilha. O estilo *Tower Defense* tem como objetivo construir torres para matar os inimigos que surgem por um lado da tela e desejam avançar para o outro lado. Assim, o jogador precisa construir torres para matar os inimigos, porém entre os inimigos podemos ter também amigos que não podem ser mortos pelas torres.

O *Automata Defense* usa a ideia do estilo *Tower Defense* e associa a criação das torres com uma linguagem formal. Os inimigos no jogo são palavras de uma linguagem indicada no jogo, e para derrotar os inimigos é necessário construir um autômato associado à linguagem em questão. Cada autômato resolvido dá direito ao jogador de construir uma torre diferente, gerenciando o dinheiro necessário e disponível no jogo. A construção do autômato no jogo pode ser vista na Fig. 1. Nela podemos visualizar o autômato criado, em sua representação gráfica, e ao lado direito aparecem algumas palavras reconhecidas pelo autômato, na qual as palavras mais destacadas são palavras reconhecidas pelo autômato que está em desenvolvimento, no caso para a linguagem $L = (ab)^n c^n | n \geq 0$.

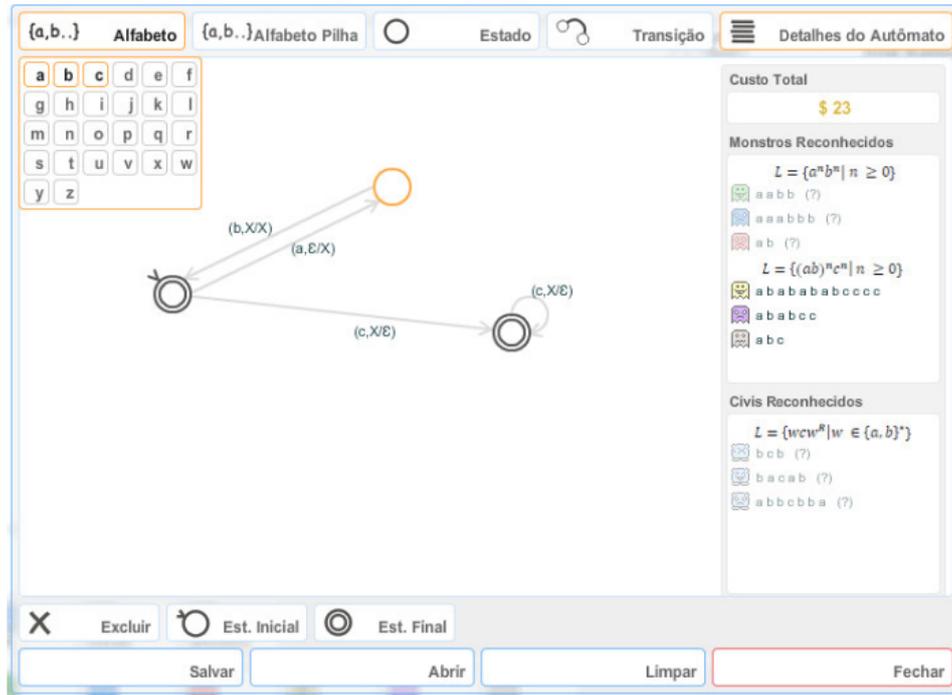


Fig. 1. Tela de construção de Autômato com Pilha. [10]

Criado o autômato para uma torre, o jogador pode voltar a tela do jogo para criar as torres, tal como mostra a Fig. 2. Nela podemos visualizar a entrada dos inimigos, as torres já criadas pelo jogador que estão atacando os inimigos, e a saída para os inimigos. Do lado direito da figura ainda podemos visualizar uma representação parcial do autômato criado para a torre verde, na qual as torres azul e vermelha também estão disponíveis para criação. A Fig. 2 ainda indica a pontuação (*score*) do jogador, o nível (*level*) em que ele está no jogo, a quantidade de dinheiro disponível para criação das torres, e a quantidade de vidas restantes.

Os inimigos aparecem em intervalos de tempo, e a cada turno mais inimigos aparecem, fazendo com que o usuário crie cada vez mais torres, dificultando a passagem dos mesmos. O jogo oferece um modo lúdico e divertido de aprender a criação dos autômatos, no entanto é necessário o conhecimento prévio para criar os autômatos e posteriormente utilizá-los nas torres.

2) *Montanha de Chomsky*: Já o jogo Montanha de Chomsky [13] é um jogo que oferece uma atividade lúdica com tutoria e correção de exercícios. O jogo é dividido de acordo com o tipo de linguagem representada, regular ou livre de contexto, a qual o jogador precisa representar por meio de autômatos, gramáticas ou expressões regulares, usando a ideia de escalar uma montanha de acordo com a complexidade das linguagens. O jogo ainda auxilia o aluno na resolução dos exercícios, e coleta informações do jogador para usar como medidas de aprendizado, coletando por exemplo a quantidade de tentativas que cada jogador fez em cada fase, informações estas que são repassadas ao professor cadastrado no jogo. O Montanha de Chomsky é outro exemplo de interface lúdica

e gamificada, para aprendizado dos conceitos de autômatos e linguagens regulares que auxilia na construção, porém ainda necessitando de conhecimento para resolver o jogo.

3) *O Jogo das Senhas*: Em Vieira [11], [12] o Jogo das Senhas é descrito como um jogo educativo para complementar o ensino de conceitos de autômatos, visando proporcionar uma atividade lúdica e desafiadora. O jogo é baseado no *Mastermind*, também conhecido como Senha, e nele o jogador precisa descobrir uma sequência de palavras que são aceitas por um autômato apresentado na interface do jogo. O jogo apresenta ainda um nível crescente de dificuldade nas fases, aumentando a complexidade dos desafios, aumentando também a quantidade de caracteres da sequência a ser descoberta e também aumentando a quantidade de símbolos no alfabeto do autômato. Conforme descrevem os autores, o jogo ainda encontra-se em desenvolvimento, motivo pelo qual ele não foi utilizado em testes de validação com alunos.

Os jogos descritos nesta seção utilizam do caráter lúdico visando favorecer ensino de conceitos relacionados a LFA, porém os jogos abordam os conceitos lúdicos separados dos conceitos teóricos, de modo que é preciso conhecer os conceitos teóricos previamente para evoluir no jogo.

B. Avaliação da Qualidade de Jogos Educativos

A avaliação dos jogos como ferramenta pedagógica é citada em diversos trabalhos [14], [16], [17], [18], [19], [20]. Gladchreff [17] ressalta que a avaliação deve incorporar os objetivos do conteúdo ensinado, a faixa etária dos jogadores e os conceitos implícitos e explícitos do jogo. Por outro lado, avaliar o jogo consiste em validar o objetivo do jogo, a usabilidade e a

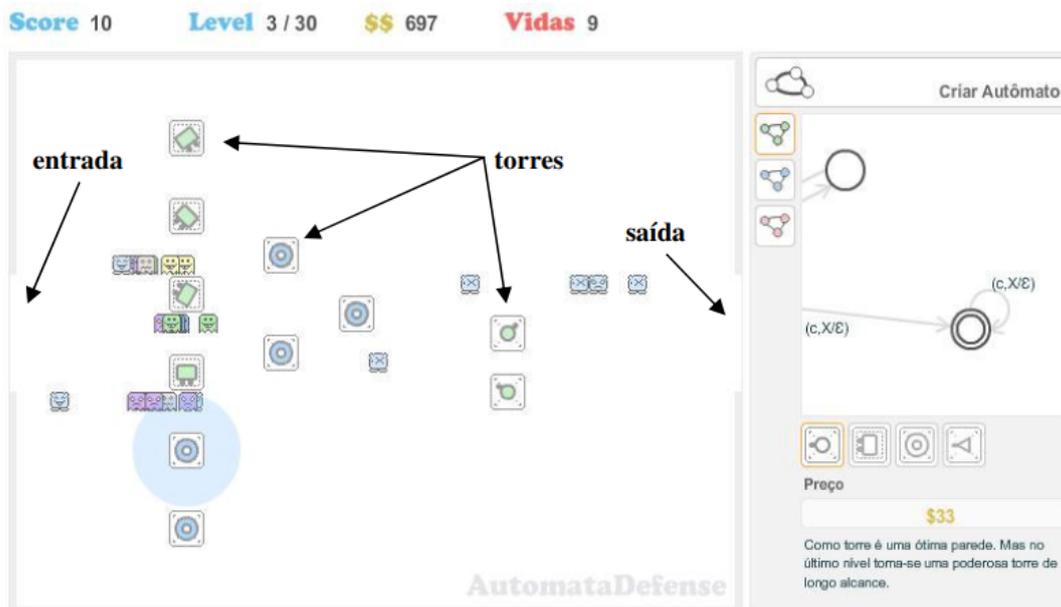


Fig. 2. Tela principal do jogo *Automata Defense* [10]

interatividade do jogador com o jogo, o conteúdo didático, os desafios que o jogo propõe, e o *feedback* que o jogo apresenta a cada ação do jogador.

Petri [19] apresenta o modelo MEEGA+ (*Model for the Evaluation of Educational Games*), que foi desenvolvido e tem evoluído ao longo dos anos. Os autores ressaltam que para um jogo educativo ter qualidade, é preciso ter objetivos educacionais bem definidos. O modelo MEEGA+ para avaliação de jogos educacionais visa avaliar a experiência do jogador e a percepção da aprendizagem.

Em Oliveira [18], os autores estabelecem um roteiro para avaliação dos jogos que consiste em:

- coletar o perfil do aluno e suas experiências com jogos, jogos educativos e desenvolvimento de jogos;
- questionário de pré-teste e pós-teste relacionado ao conteúdo de aprendizado; e
- questionário sobre as reações do jogador com o jogo englobando informações sobre jogabilidade, imersão, interface e diversão.

Sweetser [16] foca em avaliar a motivação pela a qual o jogador utiliza o jogo, e a forma como o jogo diverte os jogadores. Para isso o autor avalia conceitos ligados a concentração, desafios, habilidade do jogador, controle, objetivos e *feedback*, imersão e interação social.

Em Campano Junior [20] são apresentadas avaliações pedagógicas focada nos componentes dos jogos, tais como narrativa, *feedback*, desafios, pontuações e *status*, habilidade do jogador, mecânica do jogo e interação social. Estes elementos são associados com as teorias de aprendizagem de Piaget, Ausubel, Skinner e Papert, e as questões para avaliar cada um dos componentes do jogo de acordo com as teorias são apresentadas no trabalho.

Já Coutinho [14], utiliza o IAQJEd (Instrumento para avaliação da qualidade de jogos educacionais), que visa avaliar um jogo educativo de forma genérica, flexível e multidimensional. A avaliação segundo o IAQJEd segue três dimensões, a usabilidade, a experiência do usuário e os princípios de aprendizagem. As questões propostas para as três dimensões do IAQJEd podem ser vistas na Tabela I.

Cada uma destas dimensões é avaliada individualmente, e a partir das pontuações individuais tem-se uma classificação do jogo educativo conforme descrito na Tabela II, na qual um jogo educativo pode ser classificado como inadequado (1 a 18 pontos), pouco adequado (19 a 36 pontos), parcialmente adequado (37 a 54 pontos), bom (55 a 72 pontos) e excelente (73 a 90 pontos).

III. A *Factory Disaster*: PROJETO E DESENVOLVIMENTO

O *Game Concept* do jogo *A Factory Disaster* é baseado em Novak [21], e seus elementos de projeto e desenvolvimento são descritos abaixo.

A. Descrição sucinta do jogo

O jogo consiste em uma *escape room* na qual o jogador precisa encontrar os recursos necessários para descobrir a saída de cada fase. O jogador se encontra em uma plataforma, e para ir para outra, precisa utilizar esses recursos para não cair no espaço e morrer.

A analogia com os conceitos teóricos de AFD é que cada plataforma corresponde à um estado de um autômato, o estado no qual a personagem inicia a fase é o estado inicial, o estado no qual a personagem finaliza a fase é o estado final, e os recursos utilizados para passar de uma plataforma a outra são os símbolos do alfabeto.

TABELA I
QUESTÕES DE AVALIAÇÃO DO IAQJED - DIMENSÃO DA USABILIDADE [14]

| Dimensão 1 - Usabilidade |
|--|
| 1 - O jogador pode compreender a jogabilidade a partir do modo como os botões são apresentados na tela (quando apresentados)? |
| 2 - Os tutoriais são eficazes em auxiliar o jogador a compreender a jogabilidade? |
| 3 - Os jogadores poderão atingir os objetivos educativos propostos (se declarados) durante a interação com o jogo uma vez que tenham aprendido sua jogabilidade? |
| 4 - 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? |
| 5 - Os desafios e informação do jogo possibilitam ao jogador interagir de modo a fazer o que precisa e deseja? |
| 6 - A sequência de desafios do jogo leva em conta o que o jogador já aprendeu sobre como jogar? |
| Dimensão 2 - Experiência do Usuário |
| 1 - 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? |
| 2 - A interação com o jogo permite que o jogador se depare com um cenário atraente? |
| 3 - Ao interagir com o jogo, o jogador se depara com uma narrativa desafiadora? |
| 4 - A interação com o jogo permite ao jogador uma experiência divertida? |
| 5 - 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? |
| 6 - A interação com o jogo permite que o jogador se depare com um cenário envolvente? |
| Dimensão 3 - Princípios de Aprendizagem |
| 1 - Ao interagir com o jogo, o jogador é capaz de identificar espaços ou ambientes que refletem a realidade relacionada à temática proposta pelo jogo? |
| 2 - 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? |
| 3 - 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? |
| 4 - O jogo permite que o jogador manipule seus personagens de forma estruturada e eficaz para que os objetivos do jogo sejam concretizados? |
| 5 - 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? |
| 6 - Os desafios propostos durante o jogo apresentam-se de forma estimulante, oferecendo feedbacks que apontam os caminhos para sua finalização? |

Cada fase está relacionada com uma linguagem regular específica e pré-determinada, ou seja, o jogador precisará achar os recursos na fase e utilizá-los para chegar até a plataforma final e passar para a próxima fase. O jogo é dividido em cinco fases correspondentes a cinco linguagens regulares, com nível crescente de dificuldade.

A premissa do jogo é utilizar os recursos disponíveis para encontrar a saída da estação espacial e passar de fase.

B. Características do jogo

Nesta seção são descritas as principais características do jogo, destacadas em negrito.

TABELA II
CLASSIFICAÇÃO DOS JOGOS DE ACORDO COM [14].

| Pontos | Classificação |
|---------------------|---|
| De 1 a 18 pontos | Inadequado para finalidade educativa |
| De 19 a 36 pontos | Pouco adequado para finalidade educativa |
| De 37 até 54 pontos | Parcialmente adequado para finalidade educativa |
| De 55 a 72 pontos | Boa qualidade para finalidade educativa |
| De 73 a 90 pontos | Excelente qualidade para finalidade educativa |

Motivação do jogador: a ideia é que o jogador trabalhe com a resolução de quebra-cabeças e o gerenciamento de recursos, visando encontrar a saída de cada fase, além de proporcionar uma ferramenta auxiliar no aprendizado dos conceitos de linguagens regulares e autômatos finitos determinísticos.

Classificação etária, público alvo e gênero: de acordo com a ESRB (*Entertainment Software Rating Board*) [22], o jogo terá classificação etária E, livre para todas as idades, porém com público alvo focado em alunos e professores que desejam trabalhar com linguagens formais e seus mecanismos reconhecidos. Como a ideia do jogo é trabalhar com alunos matriculados em cursos no ensino superior na área da Computação, que contemplem a matéria de LFA ou similares, o público alvo é composto principalmente por esses alunos, visando explorar os conceitos de Teoria dos Autômatos ao mesmo tempo em que proporciona diversão. Além disso, professores da área podem utilizar o jogo como ferramenta de apoio ao ensino. No entanto, o jogo não é restrito a estes alunos, como a ideia do jogo é transformar estes conceitos teóricos em uma abordagem simples e lúdica, qualquer pessoa que goste de jogos no estilo *escape room* pode ser um jogador, visando resolver os problemas do jogo, sem necessariamente ser discente da disciplina de LFA.

O jogo se enquadra no gênero de estratégia, porém incorpora características de jogos de sobrevivência, gerenciamento de recursos, lógica e quebra-cabeça, visando trabalhar de forma simples e fácil o aprendizado e o envolvimento do jogador no jogo.

Plataforma e requisitos de hardware: o jogo foi desenvolvido utilizando a *Unity* utilizando a linguagem C# em um computador com o processador da Intel Core i5 da segunda geração, com memória RAM de 8GB e um disco SSD de 240GB, e placa gráfica GeForce 1050ti, com sistema operacional Windows. O jogo está disponível para computadores *Unix* e *Windows* por meio de instalação do jogo, e também para plataforma *Web* na qual não é necessária a instalação. O jogo se encontra disponível no seguinte endereço <https://a-factory-disaster.firebaseio.com/>.

Licença: os elementos gráficos e sonoros utilizados no jogo foram obtidos na própria *Unity* [23], no site *BlendSwap* [24] e *FreePD* [25], e são de uso público e gratuito para qualquer usuário. O jogo não tem nenhum interesse comercial e/ou contrato financeiro com nenhuma empresa de desenvolvimento de jogos, visando única e exclusivamente a disseminação do conhecimento e o aprendizado.

Análise competitiva: o jogo, com suas características lúdicas e de entretenimento, tem potencial para ser utilizado como um elemento mais atrativo e inovador, além de contribuir para

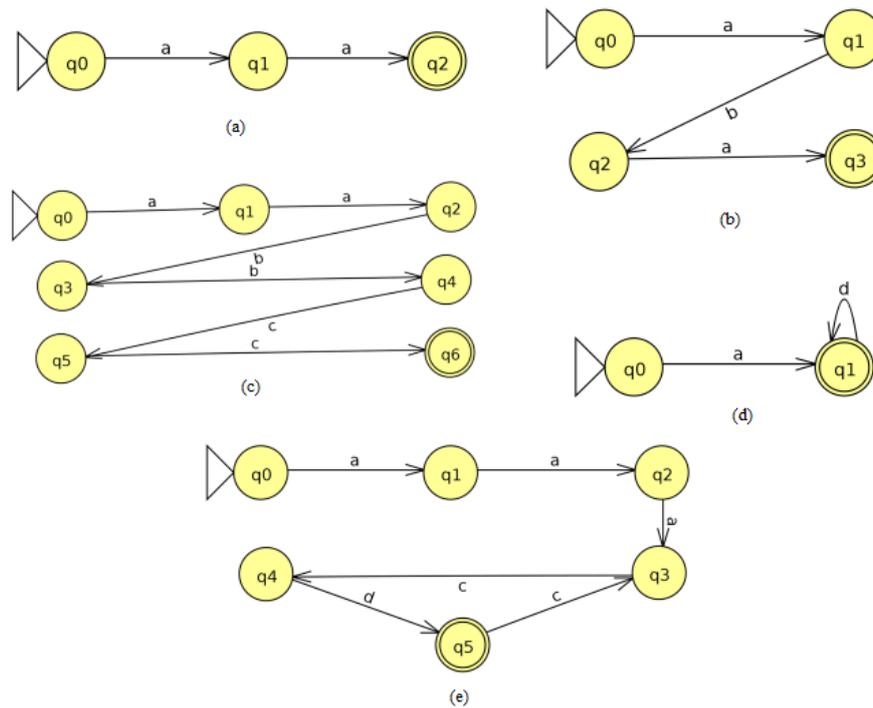


Fig. 3. Autômatos das fases do jogo

o aprendizado dos conceitos de AFD e linguagens regulares, tornando o aprendizado mais fácil e dinâmico.

C. Dinâmicas do jogo

O jogo permite a movimentação da personagem para qualquer direção, além de saltar objetos e/ou plataformas. Além destas movimentações, a personagem pode coletar recursos disponíveis na fase e usá-los em locais apropriados.

A personagem principal também consegue interagir com outras personagens, tal como um robô que precisa ser energizado por meio de uma bateria disponível.

D. As fases do jogo

Como a ideia do jogo é fazer a associação entre as fases e um autômato, primeiramente cinco linguagens regulares foram elaboradas visando fazer essa associação com os recursos e mecânicas do jogo.

As linguagens regulares das cinco primeiras fases e os autômatos que reconhecem essas linguagens podem ser vistos na Fig. 3.

E. Desenvolvimento

Para o desenvolvimento do jogo, foi utilizada a *engine Unity3D* [23], além dos recursos gráficos também disponibilizados pela *Unity*. Por meio dela, ainda é possível escolher a plataforma de destino do jogo, permitindo que o jogo seja executado em plataformas diferentes. Durante o desenvolvimento, também foram elaboradas as estratégias para pontuação no jogo, as condições de vitória e derrota, e dos desafios apresentados ao jogador.

F. O jogo

O jogo é ambientado em uma fábrica futurista em meio à um desastre, na qual o ambiente é escuro dificultando que o jogador encontre os recursos necessários para avançar no jogo. A tela inicial do jogo pode ser vista na Fig. 4, a qual apresenta o menu inicial do jogo com as opções de iniciar o jogo, visualizar o tutorial e sair.

O menu ainda apresenta a personagem principal do jogo e o robô. A Fig. 4 apresenta também a tela de jogo, na qual pode ser vista a personagem principal, o portal verde indicando que a fase já pode ser finalizada, uma dica para auxiliar o jogador a associar o jogo com o autômato, a pontuação atual, e a palavra processada até o momento com as transições entre as plataformas.

O cenário é composto ainda por diversas plataformas próximas umas as outras, porém o jogador não consegue pular de uma plataforma para outra, na qual é necessário o uso dos recursos adequados. A personagem deve então explorar as plataformas buscando os recursos para avançar entre as plataformas. Entre os recursos utilizados estão: uma prancha que pode ser colocada entre uma plataforma e outra, uma chave que abre uma porta, uma plataforma móvel e uma bateria.

Esses recursos estão associados aos símbolos do alfabeto das fases, na qual o símbolo “a” está associado à prancha, o símbolo “b” à uma chave, o símbolo “c” à uma plataforma móvel, e o símbolo “d” à uma bateria que permite energizar o robô. A Fig. 5 apresenta os recursos disponíveis no jogo.

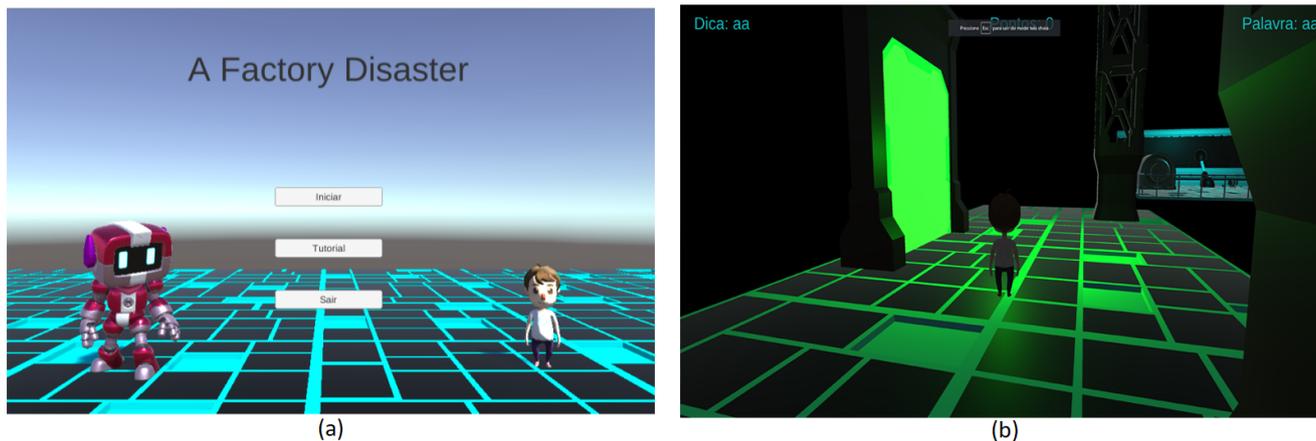


Fig. 4. Telas do jogo: (a) Tela inicial; (b) Tela principal.

O jogo ainda oferece *feedback* informando o jogador quando este avança de fase, e quando o jogador se encontra em uma condição de derrota, tal como quando cai da plataforma.

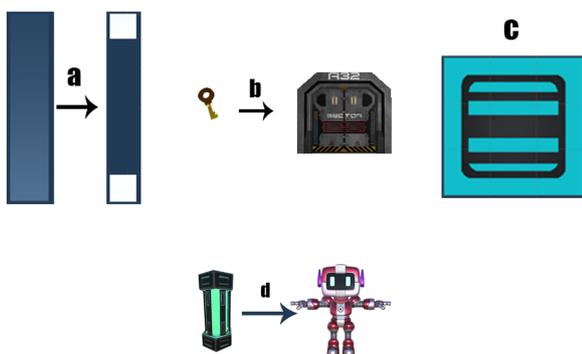


Fig. 5. Recursos disponíveis no jogo: (a) prancha; (b) chave; (c) plataforma móvel; (d) bateria e robô.

A pontuação do jogo indica quantas possibilidades de palavras corretas o jogador conseguiu montar pela fase, nas três primeiras fases existe a possibilidade de criação de apenas uma palavra para a solução, na qual ao final delas o jogador recebe 50 pontos. Porém, nas fases quatro e cinco o autômato proposto aceita diversas soluções, dessa forma o jogador ganha 50 pontos para cada palavra possível que conseguiu montar durante a fase, com um limite máximo de 15 soluções.

IV. APLICAÇÃO DO JOGO EM SALA DE AULA

O jogo foi testado por 16 alunos, na qual 12 destes possuíam conhecimento em autômatos finitos. Cada aluno jogou o jogo durante um período de tempo, e em seguida, respondeu o questionário baseado no IAQJEd [14] sobre as percepções com o jogo. Para avaliar o jogo, os alunos responderam um formulário criado no *Google Forms*, com as 18 afirmações do IAQJEd, e aplicaram uma nota de 0 a 5 segundo a escala *Likert*, indicando se concordavam ou não com a afirmação. Além disso, o formulário questionava se o aluno possui

conhecimentos em LFA, e também uma questão geral para comentário, críticas e sugestões.

Entre as três dimensões do IAQJEd, a dimensão da usabilidade avalia a facilidade de aprender a jogar o jogo, além da interação com objetos e recursos do jogo. Já a dimensão da experiência do usuário visa questionar o jogador sobre as emoções e percepções do jogo, e sobre os recursos estéticos do jogo e seus significados, e por fim a dimensão dos princípios de aprendizagem avalia a como compreensão e resolução dos problemas contribuem com o aprendizado do jogador [14].

V. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O IAQJEd [14] propõe uma avaliação em três dimensões: usabilidade, experiência do usuário e princípios de aprendizagem. Cada dimensão é formada de seis questões, totalizando um valor máximo de 30 pontos por dimensão, e 90 pontos no máximo. A Tabela III apresenta um resumo das avaliações das dimensões.

TABELA III
RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DO JOGO *A Factory Disaster* PELO IAQJED [14]

| Dimensão | Nota obtida |
|--|-------------|
| Avaliação da usabilidade | 26 |
| Avaliação da experiência do usuário | 25 |
| Avaliação dos princípios de aprendizagem | 24 |
| Total: | 75 |

Na dimensão da usabilidade o jogo obteve nota 26, com destaque para a questão que avalia se os desafios do jogo levam em conta o que o jogador já aprendeu sobre como jogar, que obteve uma média de $\approx 87\%$.

A dimensão que aborda a experiência do usuário alcançou uma nota de 25, na qual $\approx 83\%$ dos alunos avaliaram que frequentemente, ou sempre, se depararam com um cenário atraente durante o jogo.

Por fim, a dimensão da avaliação dos princípios de aprendizagem obteve nota 24, que evidenciou a importância dos desafios e do *feedback* do jogo para o jogador finalizar as

fases, constatando-se que 80% dos alunos avaliaram que os desafios e *feedbacks* estimulam a jogabilidade.

Analisando as três dimensões, o jogo obteve um total de 75 pontos em uma escala de 0 a 90. Esta pontuação situa o jogo em uma classificação como “Boa qualidade para finalidade educativa” segundo a avaliação do IAQJEd de [14].

O jogo proposto difere dos jogos apresentados na Seção II uma vez que trata dos conceitos teóricos de autômatos inseridos na narrativa do jogo, na qual cada estado de um autômato está associado a uma plataforma no jogo, o estado inicial é análogo à plataforma inicial, o estado final, ao portal de fim de fase, os símbolos do autômato aos recursos do jogo (prancha, chave, plataforma móvel e bateria e robô), e as transições do autômato representam o uso dos recursos entre as plataformas.

VI. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho apresenta o projeto e desenvolvimento de um jogo voltado para o ensino de AFD. O jogo propõe uma estratégia lúdica e divertida de aprender conceitos relacionados ao conteúdo de LFA. O jogo foi testado e avaliado utilizando o IAQJEd proposto por [14], e foi classificado como de boa qualidade para o ensino.

Como trabalhos futuros, pretende-se avaliar o jogo com mais estudantes, propondo também uma avaliação dos componentes individuais do jogo tal como define Campano Junior [20] e também uma avaliação sobre o aprendizado do conteúdo com um teste de conhecimento pré e pós jogo conforme define Oliveira [18]. Novas fases ainda serão adicionados, melhorando a dinâmica e possibilitando uma interação maior entre a personagem e os recursos do jogo.

REFERENCES

- [1] J. Paul, “Using jflap to engage students and improve learning of computer science theory: Tutorial presentation,” *J. Comput. Sci. Coll.*, vol. 31, p. 145–148, Dec. 2015.
- [2] “Jflap home page.” Acessado em janeiro de 2021.
- [3] Y. M. G. Costa, R. C. Meneses, and F. R. Uber, “Uma ferramenta para auxílio didático no ensino de teoria da computação,” *SBC*, p. 208, 2008.
- [4] J. Neto and R. Terra, “Lfapp: Um aplicativo móvel para o ensino de linguagens formais e autômatos,” in *Anais do XXIV Workshop sobre Educação em Computação*, (Porto Alegre, RS, Brasil), pp. 201–210, SBC, 2016.
- [5] C. H. Pereira and R. Terra, “A mobile app for teaching formal languages and automata,” *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 26, no. 5, pp. 1742–1752, 2018.
- [6] L. D’antoni, D. Kini, R. Alur, S. Gulwani, M. Viswanathan, and B. Hartmann, “How can automatic feedback help students construct automata?,” *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, vol. 22, Mar. 2015.
- [7] L. D’Antoni, M. Weaver, A. Weinert, and R. Alur, “Automata tutor and what we learned from building an online teaching tool,” *Bulletin of the European Association for Computer Science*, vol. 117, pp. 143–160, Oct 2015.
- [8] D. K. Ramos and N. L. d. Rocha, “Avaliação do uso de jogos eletrônicos para o aprimoramento das funções executivas no contexto escolar,” *Revista Psicopedagogia*, vol. 33, pp. 133 – 143, 00 2016.
- [9] R. L. Binsfeld, R. Watanabe, R. C. Silva, and 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*.
- [10] R. C. Silva, R. L. Binsfeld, I. M. Carelli, and 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)*, vol. 1, 2010.
- [11] M. Vieira and V. Sarinho, “Automatamind: A serious game proposal for the automata theory learning,” in *IFIP International Federation for Information Processing*, pp. 452–455, 11 2019.
- [12] M. Vieira and V. Sarinho, “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*, (Porto Alegre, RS, Brasil), pp. 54–59, SBC, 2019.
- [13] L. S. Leite, M. A. A. Sivaldo, T. B. A. d. Carvalho, and R. d. Souza, “Montanha de chomsky: jogo tutor para auxílio no ensino de teoria da computação,” in *Anais do XXII Workshop sobre Educação em Computação*, pp. 1364–1373, 2014.
- [14] I. D. J. Coutinho, “Avaliação da qualidade de jogos digitais educativos: trajetórias no desenvolvimento de um instrumento avaliativo,” *Tese (Doutorado) - Universidade do Estado da Bahia*, 2017.
- [15] F. Biagi and M. Loi, “Measuring ict use and learning outcomes: evidence from recent econometric studies,” *European Journal of Education*, vol. 48, no. 1, pp. 28–42, 2013.
- [16] P. Sweetser and P. Wyeth, “Gameflow: a model for evaluating player enjoyment in games,” *Computers in Entertainment (CIE)*, vol. 3, no. 3, pp. 3–3, 2005.
- [17] A. P. Gladcheff, “Um instrumento de avaliação da qualidade para software educacional de matemática,” *Revista Brasileira de Informática na Educação*, vol. 10, no. 1, pp. 69–70, 2002.
- [18] R. Oliveira, G. Belarmino, C. Rodriguez, D. Goya, M. F. Venero, A. O. Júnior, and R. V. da Rocha, “Avaliações em jogos educacionais: instrumentos de avaliação da reação, aprendizagem e comparação de jogos,” in *Brazilian Symposium on Computers in Education*, vol. 30, p. 972, 2019.
- [19] G. Petri, C. G. von Wangenheim, and A. F. Borgatto, “Evolução de um modelo de avaliação de jogos para o ensino de computação,” in *Anais do XXV Workshop sobre Educação em Computação*, SBC, 2017.
- [20] M. M. Campano Junior, H. C. de Souza, and A. S. Felinto, “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*, pp. 551–558, SBC, 2020.
- [21] J. Novak, *Desenvolvimento De Games*. Cengage do Brasil, 2010.
- [22] ESRB, “Entertainment software rating board,” Janeiro 2021. Acessado em janeiro de 2021.
- [23] Unity3D, “Plataforma de desenvolvimento em tempo real do unity — visualizações 3d, 2d vr e ar,” 2020. (Acessado em janeiro de 2021).
- [24] BlenderSwap, “Blendswap,” 2020. (Acessado em janeiro de 2021).
- [25] FreePD, “Freepd,” 2020. (Acessado em 02/09/2020).