

AutomataEscape: Uma Proposta de Jogo Hardware/Software de Apoio a Aprendizagem de Aspectos Teóricos da Computação

1st Igor Garcia Costa Cerqueira da Silva
Lab. de Entr. Digital Aplicado (LEnDA)
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)
Feira de Santana, Bahia, Brasil
igonildo7@gmail.com

2nd Victor Travassos Sarinho
Lab. de Entr. Digital Aplicado (LEnDA)
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)
Feira de Santana, Bahia, Brasil
vsarinho@uefs.br

Resumo—A Teoria dos Autômatos é o estudo das máquinas abstratas ou autômatos e dos problemas computacionais que podem ser solucionados pelos mesmos. A aplicação de jogos correlacionada a transmissão de determinados conhecimentos constitui uma maneira eficaz e prazerosa de aprendizagem. Com o objetivo de auxiliar o ensino-aprendizagem da Teoria dos Autômatos, este trabalho propõe o desenvolvimento do AutomataEscape, um jogo integrado hardware/software que utiliza raciocínio lógico de uma forma ativa para que o usuário consiga aprender através de desafios lúdicos os conceitos ensinados em Aspectos Teóricos da Computação.

Palavras chave—aspectos teóricos da computação, teoria dos autômatos, jogo hardware/software, serious games

I. INTRODUÇÃO

A Teoria dos Autômatos é o estudo das máquinas abstratas ou autômatos, e dos problemas computacionais que podem ser solucionados utilizando tais ferramentas, e que faz parte do objeto de estudo dos Aspectos Teóricos da Computação (ATC) [1]. Um autômato representa um modelo matemático de máquinas de estados, com um conjunto finito de estados com entradas e saídas, que reconhece um conjunto de palavras determinados por um conjunto de símbolos ou letras denominado de alfabeto [2].

Um autômato se inicia com uma sequência de símbolos recebidos como entradas, a qual é denominada de palavra e é processada a partir de um alfabeto [2]. Ao receber uma nova entrada, o autômato se move para outro estado baseado em uma função de transição que tem como parâmetros o estado atual e o símbolo de entrada. O autômato lê os símbolos da palavra de entrada, um após o outro, e faz a transição de estado para estado, de acordo com a função de transição, até a palavra ser totalmente lida [3]. Uma vez que a palavra é totalmente lida, diz-se que o autômato deve parar. Se o estado final alcançado após a leitura estiver contido no conjunto de estados de aceitação, a palavra avaliada é aceita, caso contrário ela é rejeitada. As palavras contidas no subconjunto de palavras aceitas fazem parte da linguagem do autômato [3].

Com relação aos jogos, sabe-se que a aplicação dos mesmos correlacionada a transmissão de determinados conhecimentos constitui uma maneira eficaz e prazerosa de ensino. Isto se

deve ao fato de que eles divertem e motivam o jogador ao mesmo tempo, simplificando o aprendizado e maximizando a capacidade de retenção do que está sendo transmitido, exercitando assim as funções mentais e intelectuais do jogador [4]. Jogos digitais também vêm ganhando espaço como uma ferramenta importante de aprendizado, a qual motiva o aluno a desenvolver diferentes níveis de experiência pessoal, auxiliando na construção de novas descobertas, no desenvolvimento da personalidade, entre outros aspectos positivos [5].

Com o objetivo de auxiliar o ensino-aprendizagem da Teoria dos Autômatos, este trabalho propõe o desenvolvimento do AutomataEscape, um jogo integrado hardware/software que utiliza raciocínio lógico de uma forma ativa para que o usuário consiga aprender através de desafios lúdicos os conceitos ensinados em ATC. Trata-se de um jogo que segue uma metodologia ativa de aprendizagem capaz de ser implementada nas etapas iniciais do aprendizado da Teoria dos Autômatos, auxiliando assim o estudante no desenvolvimento do pensamento lógico para este tópico de estudo sem que o jogador tenha um conhecimento prévio do assunto [6].

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Dentre os jogos digitais relacionados à Teoria dos Autômatos, Automata Defense [7] apresenta um *tower defense* que consiste em um tabuleiro com uma entrada e uma saída. Durante o jogo, diversas criaturas irão surgir com o objetivo de chegar na saída, e cada criatura é associada a uma palavra. O objetivo do jogador é posicionar torres, que são configuradas com um autômato, para impedir que as criaturas ultrapassem. Caso a criatura tenha a palavra reconhecida pelo autômato a torre é atacada.

Outro exemplo de jogo relacionado à Teoria dos Autômatos é o Montanha de Chomsky, cujo objetivo consiste em subir ao topo da montanha passando por várias fases que seguem a Hierarquia de Chomsky. Para alcançar o topo, é necessário construir modelos formais para combater os inimigos presentes nas fases do jogo [8].

Com relação ao AutomataMind [6], trata-se de um jogo que integra os aspectos da jogabilidade do jogo *Mastermind*

(“A Senha” no Brasil) aos conceitos da Teoria dos Autômatos. Cada nível do jogo começa com um autômato sendo mostrado na tela, o qual possui uma sequência oculta de caracteres que pode ser aceita pelo mesmo. Esta sequência oculta representa o código a ser “quebrado” pelo jogador, o qual deve ser adivinhado com base no autômato que está sendo apresentado na tela. Sempre que o jogador tenta adivinhar o código ele recebe como resposta informações sobre o palpite atual, para que o jogador possa melhorar o próximo palpite com base nesse feedback até conseguir acertar a palavra oculta.

No geral, Tower Defense, Montanha de Chomsky e AutomataMind representam projetos que conseguiram apresentar conceitos relacionados a ATC de uma maneira lúdica e inovadora. Seguindo o mesmo objetivo, AutomataEscape busca apresentar os conceitos de ATC com base em um “brinquedo” lúdico e inovador, trazendo desafios relacionados ao funcionamento geral de autômatos e máquinas de estado, bem como um sistema de recompensa capaz de ser aplicado com um cofre a ser aberto conforme a prática de conceitos de ATC dentro de dinâmicas de jogos estilo *escape*.

III. METODOLOGIA

AutomataEscape tem como objetivo oferecer aos alunos uma interface física capaz de chamar a atenção e proporcionar uma interação divertida com os mesmos. Sua ideia é demonstrar que há um prêmio a ser ganho, um objetivo palpável a ser desbloqueado, bem como provocar uma sensação de satisfação ao se associar a resolução correta dos desafios à abertura de um cadeado eletrônico que dá acesso ao prêmio desejado. Para tal, AutomataEscape será produzido como uma extensão dos desafios e da jogabilidade do AutomataMind para um nível físico dentro da lógica de *escape*, tendo como etapas propostas: 1) a implementação de uma versão do jogo AutomataMind com Raspberry Pi, tela Touch Screen e hardware customizado de modo a gerar novas mecânicas e dinâmicas para o jogo sério embarcado; e 2) a criação de um protótipo de “brinquedo” educativo que simula um cofre “inteligente” a ser aberto com os conhecimentos de ATC.

A. Lógica do Jogo

Com relação a lógica de funcionamento do AutomataEscape, um exemplo de autômato é escolhido e apresentado ao jogador dentre um conjunto de autômatos pré-configurados, e uma sequência de símbolos do autômato escolhido é aplicada para gerar uma palavra, a qual fica invisível para o jogador. O jogador deve então desvendar a palavra oculta a partir do modelo do autômato (visível para o jogador) usado para gerar a palavra. A cada jogada, informações sobre a tentativa atual são concedidas, tais como: se existem símbolos em comum entre a sequência jogada e a sequência oculta; se algum dos símbolos está na posição correta; e se a sequência sugerida é aceita pelo autômato.

A partir do uso do cofre, que poderá conter algum “brinde” especial dentro dele durante uma partida, o jogador precisará acertar a sequência do autômato baseada na palavra oculta para que o mesmo seja aberto. Assim que o jogador acerta

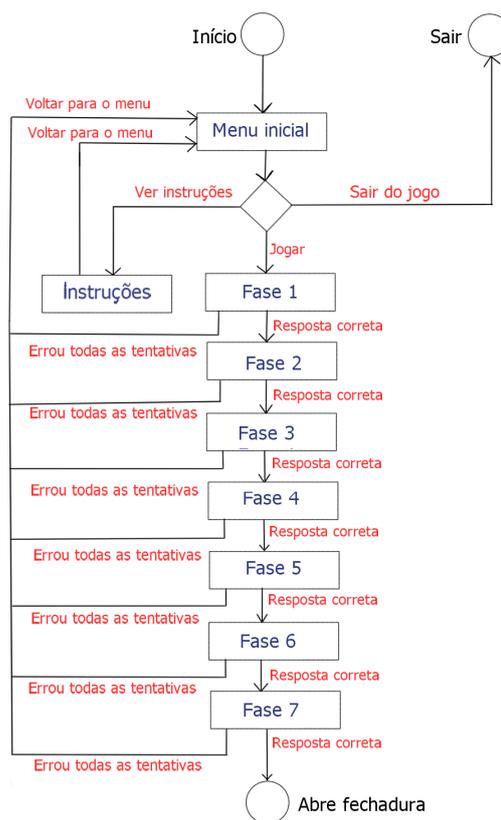


Fig. 1. Fluxograma da lógica do jogo.

a sequência, ele passa para a nova fase do jogo. As fases se tornam mais difíceis a partir do avanço do jogador na partida e, ao final, ao se acertar todos os autômatos, a trava do cofre é destrancada automaticamente através da execução de um *script* responsável por essa tarefa.

Entre uma fase e outra, alguns fatores serão modificados para incrementar a complexidade dos desafios, que são: a quantidade de dígitos da sequência a ser desvendada, a quantidade de símbolos pertencentes ao alfabeto do autômato e a quantidade de estados do autômato. O limite de tentativas e tempo total para conseguir abrir o cofre são desafios extras que cada jogador terá que enfrentar para vencer a partida, antes que ele perca e o jogo reinicie. A princípio, cada partida será configurada em 30 minutos totais para os 7 autômatos, tendo entre 10 a 15 tentativas por autômato a depender da dificuldade do autômato para o jogador acertar a palavra oculta de cada um.

Para fins de ilustração, a Fig. 1 apresenta o fluxograma de execução da lógica do jogo, onde é apresentada a lógica de interação e avanço de fases no jogo, bem como a ativação do sistema de abertura da fechadura a depender do avanço do jogador no decorrer de todos os autômatos apresentados. Já a Fig. 2 mostra de forma mais detalhada como funciona a lógica de execução de cada fase isolada do jogo.

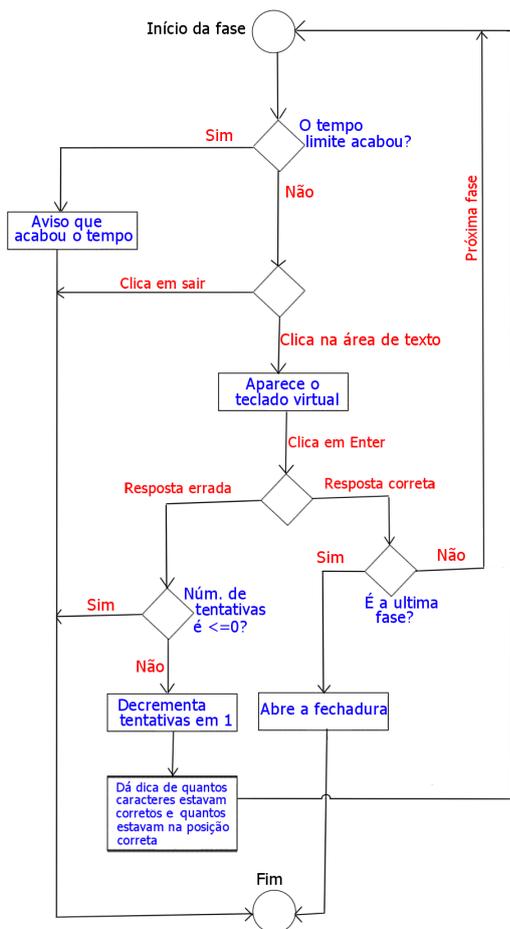


Fig. 2. Fluxograma da lógica de cada fase do jogo.

B. Protótipo Desenvolvido

Com relação ao desenvolvimento de um protótipo inicial para o jogo proposto, utilizou-se uma versão mais leve do motor de jogo *Godot*¹ (versão 3.1) e uma placa *RaspberryPi 3* modelo B+. A comunicação com os dispositivos de interface e controle do jogo foi realizada diretamente pelo pinos da General-Purpose Input/Output (GPIO) do *RaspberryPi*.

Um *script* em *Python* também foi utilizado para fazer a interface da GPIO com a trava elétrica. Neste caso, ao se chegar a um determinado ponto do jogo (como no momento de vitória do jogador), o código do jogo executa uma chamada ao *script Python* externo responsável por acessar o pino 32 (ou GPIO 12) e inverte seu sinal por cerca de 1 segundo. Este tempo é o suficiente para a abrir a trava controlada por este pino e destrancar a porta.

Com relação ao hardware do jogo em si, foi modelado um cofre em 3D (Fig. 3) que dá suporte físico aos componentes eletrônicos do jogo, tais como o *RaspberryPi* para execução do jogo, a tela LCD para exibição do jogo em si e do teclado virtual de interação, e o sistema de tranca munido de uma

¹<http://www.godotengine.org>



Fig. 3. Protótipo do cofre de segurança do AutomataEscape.



Fig. 4. Tela LCD com a interface do jogo.

fechadura eletrônica pequena e um relê de um módulo. O *RaspberryPi*, juntamente com a tela LCD, foram embutidos na caixa superior do cofre, a qual contém uma abertura para a tela a ser visualizada pelo jogador. Na caixa inferior, foi aplicada a trava para o cofre, a qual fica acoplada na parte interior da porta, juntamente com o módulo relê, que funciona como uma ponte entre o raspberry e a trava do cofre, enviando para ela um pulso de abertura ou fechamento de acordo com o sinal que ele receber da *RaspberryPi*.

IV. RESULTADOS OBTIDOS

Como resultado final obtido com a estrutura hardware/software construída, através da tela do jogo, o jogador pode interagir com a interface do AutomataEscape utilizando ou os dedos ou uma caneta compatível com a tela touch-screen do LCD (Fig. 4). A navegação entre os menus se dá através de cliques nos botões indicados na interface, permitindo a seleção de fases ou de campo de texto de determinada fase. Quando o campo de texto é clicado, este fará aparecer na tela um teclado virtual para digitação da resposta do autômato. O teclado é projetado de tal maneira que, ao clicar no botão de “Enviar”,



Fig. 5. Estrutura montada do AutomataEscape.

ele some, para permitir a visualização das tentativas e, uma vez que as tentativas acabam, ele não aparece novamente.

Com relação a montagem do cofre 3D modelado, tem-se a impressão 3D das peças modeladas e a adição de dobradiças na porta principal do cofre e na tampa da caixa superior (Fig. 5). Além dessas duas adições, o modelo impresso também tem uma tranca de metal que impede a abertura arbitrária da caixa superior onde se localizam a placa SBC e o display LCD.

Com relação a dificuldade de aquisição de componentes e produção do jogo em si, todos os componentes foram adquiridos em sites de vendas de componentes eletrônicos disponíveis na internet, tais como *AliExpress* e *Mercado Livre*. Apenas a *Raspberry*, por ser basicamente um micro computador, e a tela LCD, por ser uma tela *touch-screen*, apresentaram um preço mais elevado que os demais componentes eletrônicos utilizados. Para as caixas plásticas do jogo, estas foram impressas com uma impressora 3D Anet A8 de uso próprio. Contudo, elas podem ser substituídas por caixas plásticas ou de madeira adquiridas em lojas específicas, exigindo apenas alguns cortes para fins de customização das mesmas.

V. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho apresentou o AutomataEscape, uma proposta de jogo capaz de auxiliar no ensino-aprendizagem de conceitos de Teoria dos Autômatos presentes em cursos de ATC. Para tal, descreveu-se a lógica de funcionamento do jogo proposto, em conjunto com a apresentação dos protótipos de hardware e software inicialmente construídos.

Busca-se com o AutomataEscape a criação de um “brinquedo” educativo capaz de ser jogável sem o conhecimento prévio de ATC. Mais ainda, como um jogo/brinquedo sério, espera-se também o desenvolvimento do raciocínio lógico relacionado a Teoria da Computação, entre outras habilidades, de uma maneira lúdica e divertida para seus jogadores.

A possibilidade de se construir uma plataforma hardware/software reusável para outros domínios de conhecimento que usem uma mecânica de jogo similar também é um resultado importante que deve ser considerado neste trabalho. Desta forma, torna-se possível a aplicação da dinâmica de abertura de um cofre para basicamente qualquer jogo que rode em uma *Raspberry Pi*, uma vez que este serve como um

versátil sistema de controle de recompensas para os jogadores que vencerem o respectivo jogo.

Com relação a testes iniciais realizados no jogo com os respectivos desenvolvedores e outros dois voluntários, as impressões iniciais foram positivas, atingindo os objetivos iniciais desejados para o projeto, apesar de ainda ser necessário realizar mais testes para que se tenha uma validação efetiva do mesmo. Neste sentido, pretende-se realizar testes com 7 jogadores em uma única partida, com cada um tentando resolver um dos autômatos por vez, bem como realizar testes com um número fixo de tentativas por jogadores pertencentes a um grupo, uma vez que cada fase possui entre 10 a 15 tentativas que podem ser divididas entre os diferentes jogadores pertencentes a um grupo.

Dentre as considerações finais, vale salientar que, apesar da presença da palavra *Escape* no nome do jogo, trata-se de um projeto que utiliza uma mecânica de abrir o cofre para ter acesso a um prêmio em seu interior, permitindo assim que o jogador “escape” com o seu conteúdo após vencer o jogo dentro do limite de tempo imposto para a partida. Ou seja, AutomataEscape não envolve escapar de salas fechadas ou de ambientes com *puzzles* como geralmente ocorre em jogos que utilizam a palavra *Escape* no nome.

Por fim, como trabalhos futuros para este projeto, pretende-se efetivar os ajustes necessários para a produção de uma versão final do hardware/software demandado para o jogo proposto. A realização de testes do jogo com um volume considerável de usuários, bem como a avaliação de ganhos de aprendizagem obtidos com o mesmo em disciplinas relacionadas ao ensino de ATC e de Teoria dos Autômatos, também serão realizados em um futuro próximo.

REFERENCES

- [1] J. Carroll and D. Long, *Theory of finite automata: with an introduction to formal languages*. Prentice Hall Upper Saddle River, NJ, 1989.
- [2] M. Sipser, “Introduction to the theory of computation, ser,” *Computer Science Series. Thomson Course Technology*, 2006.
- [3] J. E. Hopcroft, R. Motwani, and J. D. Ullman, “Introduction to automata theory, languages, and computation,” *Acm Sigact News*, vol. 32, no. 1, pp. 60–65, 2001.
- [4] P. B. Moratori, “Por que utilizar jogos educativos no processo de ensino aprendizagem,” *UFRJ. Rio de Janeiro*, 2003.
- [5] A. A. d. Oliveira Neto and S. A. B. Ribeiro, “Um modelo de role-playing game (rpg) para o ensino dos processos da digestão,” 2012.
- [6] M. Vieira and V. Sarinho, “Automatamind: A serious game proposal for the automata theory learning,” in *Joint International Conference on Entertainment Computing and Serious Games*. Springer, 2019, pp. 452–455.
- [7] 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, no. 1, 2010.
- [8] L. Leite, M. A. Sivaldo, T. de Carvalho, and 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*. SBC, 2014, pp. 110–119.