



Desenvolvendo de aprendizagem interativa e imersiva em Programação Ladder com Realidade Aumentada

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5319

Autores: DAVI DA SILVA RIBEIRO CASTRO, GUIDO SOPRANO MACHADO, ALERRANDRO SOUZA DOS SANTOS

Resumo: A realidade aumentada (RA) destaca-se como uma inovação na Indústria 4.0, oferecendo benefícios notáveis para a educação. Sua aplicação no ensino melhora o engajamento dos alunos, transformando conceitos abstratos em experiências visuais concretas. No ensino da automação industrial, enfrenta-se desafios financeiros e de acesso a equipamentos. A RA surge como uma solução, permitindo que os alunos interajam com modelos 3D de máquinas e componentes industriais, sem a necessidade de acesso físico aos equipamentos reais. Este trabalho visa desenvolver uma aplicação para ensinar programação em Ladder utilizando técnicas de RA. Serão utilizados softwares de modelagem 3D como Blender e Unity para criar uma interface imersiva. Os alunos poderão construir sequências de códigos usando tags representando conceitos da linguagem Ladder. A validação da solução será feita por professores e alunos, avaliando sua eficácia no aprendizado.

Palavras-chave: Realidade Aumentada, Programação Ladder, Automação Industrial, Ensino Imersivo

Aprendizagem interativa e imersiva da Programação Ladder em Realidade Aumentada

1 INTRODUÇÃO

Entre as tecnologias inovadoras da Indústria 4.0, a realidade aumentada (RA) destaca-se por oferecer uma vasta gama de benefícios e oportunidades no domínio da educação (Miguel, 2022); (Martin et al, 2021). A sua aplicação no ensino melhora o envolvimento dos alunos através de projeções holográficas de modelos 3D e pode até converter conceitos abstratos em experiências visuais concretas, como o funcionamento de um campo magnético (Lopes, 2019); (Muzyleva et al, 2022). A sua utilidade abrange tanto disciplinas básicas como conteúdos mais complexos, como no domínio da engenharia para o ensino da automação industrial.

O ensino de conteúdos de automação industrial enfrenta desafios significativos, incluindo questões financeiras e a complexidade dos conteúdos. O acesso a máquinas e equipamentos para atividades práticas representa um custo consideravelmente alto, desafio que se torna ainda mais crítico em regiões menos favorecidas (Khang et al, 2023). Ao aplicar a realidade aumentada como ferramenta facilitadora para o ensino de automação, é possível permitir que os alunos visualizem máquinas, sistemas e componentes industriais em 3D, e permitir que os alunos interajam com eles em tempo real, oferecendo uma experiência prática e didática de aprendizado sem a necessidade de acesso físico a equipamentos reais (Santos, 2023); (Pogodaev et al, 2020).

Um dos tópicos fundamentais no ensino da automação industrial é a programação de Controladores Lógicos Programáveis (CLP), sendo o *Ladder* uma das principais linguagens de programação para CLPs. Assim, surge uma questão relevante: será que as vantagens oferecidas pela realidade aumentada podem facilitar o ensino da programação em *Ladder*?

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma aplicação para o ensino da programação em *Ladder*, recorrendo a técnicas de realidade aumentada. Para isso, serão utilizados softwares de modelagem 3D como o Blender e o Unity, um motor gráfico para desenvolvimento de jogos, para criar uma interface imersiva com realidade aumentada.

A proposta é desenvolver um aplicativo que permitirá aos alunos construir sequências de códigos combinando *tags*, cada uma representando um conceito

característico da linguagem *Ladder*, como contatos abertos e fechados, bobinas, contatos de selo, temporizadores, entre outros. Ao organizar as *tags* sequencialmente, os alunos poderão verificar, através de um smartphone, se a lógica aplicada está correta ou não. Se a lógica estiver correta, serão mostradas animações que exemplificam o funcionamento de dispositivos como uma lâmpada ou um motor. Uma vez concluído o modelo de interface, este será avaliado a fim de validar a eficácia da solução proposta.

2 REFERENCIAL TEÓRICO:

Nesta etapa será comentado os principais tópicos para o entendimento desta pesquisa.

2.1 Realidade Aumentada

O termo “realidade aumentada” se deu por volta de 1990, com o estudo realizado pelos pesquisadores Thomas Caudell e David Mizell da associação Boeing (Kruti, 2020). Uma tecnologia resultante do rápido desenvolvimento da tecnologia de computação gráfica, tendo como base para o seu desenvolvimento a Realidade Virtual (RV). Porém, ao contrário da RV, que imerge um usuário em um ambiente totalmente sintético, a RA sobrepõe os objetos virtuais ao ambiente real, sem substituí-lo (Cardoso, 2018).

Utilizando os princípios da Realidade Aumentada, é possível expandir o mundo físico, permitindo que o usuário veja e interaja com os objetos virtuais projetados diretamente no mundo real. Tornando a visualização do usuário mais realista e intuitiva (Cardoso, 2018). Tendo como principais características: combinação do mundo real e virtual e registro no espaço de três dimensões (Zexuan, 2019).

A combinação do mundo real e virtual, se faz uso de hardwares, ou melhor, de dispositivos para a execução dos recursos da RA. Atualmente, alguns tipos de hardware, exemplificados na figura 1, estão disponíveis no mercado, no qual, se pode caracterizá-los em cinco categorias principais: display montado na cabeça (HMD, do inglês *Head Mounted Display*), displays portáteis (HHD, do inglês *HandHeld Displays*), monitores, projetores e óculos inteligentes 2D (Cardoso, 2018).



Figura 1 - Hardware para visualizar em RA. Fonte: Autor.

A tecnologia de registro de RA depende principalmente da tecnologia de reconhecimento de imagem. Podendo ser realizado de duas formas: por marcadores ou sem marcadores (Cardoso et al, 2020). O método de reconhecimento sem marcadores é baseado nos elementos naturais presentes no ambiente real, sendo calculadas as coordenadas para exibição dos objetos virtuais. Porém, segundo (Lilan et al, 2019), esse método tem suas limitações, pois apresenta um longo tempo de reconhecimento e instabilidade. Já o método por marcadores consiste na utilização processamento digital de imagens, como por exemplo, QR Code, códigos binários, hexágonos personalizados, como ilustrados na figura 2. Estes demonstram eficiência no processo de rastreamento e sobreposição dos objetos em RA no mundo real.



Figura 2 - Marcadores para projeção em RA. Fonte: Autor.

2.2 Controlador Lógico Programável (CLP):

Um controlador lógico programável (CLP), ou no inglês *Programmable Logic Controller* (PLC), é um instrumento utilizado para controlar processos industriais, no qual é baseado em microcomputador que usa instruções armazenadas em uma memória programável para implementar lógica, sequenciamento, temporização, contagem e funções aritméticas utilizando módulos de entradas e saídas, sendo estas digitais ou analógica, com o objetivo de controlar máquinas industriais (Groover, 2014).

A principal linguagem de programação deste controlador consiste no diagrama de lógica *ladder*. Esta linguagem utiliza vários elementos lógicos e componentes, no qual são colocados ao longo de linhas horizontais conectados em extremidades a dois trilhos

verticais, se assemelhando a uma escada. Os componentes básicos são os contatos normalmente aberto ou fechado (representando entradas lógicas) e cargas conhecidas como bobinas (representando saídas lógicas). Na figura 3 segue a demonstração das simbologias para lógica em *ladder* (Groover, 2014).

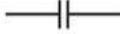
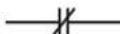
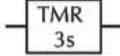
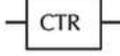
Símbolo ladder	Componente de <i>hardware</i>
(a) 	Contatos normalmente abertos (interruptor, relé, outros dispositivos ON/OFF)
(b) 	Contatos normalmente fechados (interruptor, relé etc.)
(c) 	Cargas de saída (motor, lâmpada, solenoide, alarme etc.)
(d) 	Temporizador
(e) 	Contador

Figura 3 – principais elementos do diagrama em *ladder*. Fonte: (Groover, 2014).

3 SISTEMA PROPOSTO:

A interface propõe o ensino e prática da programação em linguagem *ladder* por meio das vantagens da realidade aumentada, abrangendo os conceitos básicos do ensino de mecatrônica voltados a programação de controladores industriais. Tornando-se assim, uma ferramenta facilitadora para a compreensão desses processos pelos alunos de cursos de ciências exatas, de capacitação profissionalizantes, assim como cursos técnicos e graduações em geral.

A construção deste sistema tem base duas etapas: 1) modelagem 3D e animação no Blender; 2) Programação da interface no Unity.

3.1 Modelagem e animação no Blender:

Tento em vista os principais componentes utilizados na linguagem *ladder*, ou seja, os contatos (entrada) e bobinas (saídas) foi utilizado o software Blender de modelagem 3D para desenvolver esses elementos, como se pode observar na figura 4. Foi utilizado um modelo 3D com o objetivo de ser mais imersivo a interação com os componentes.

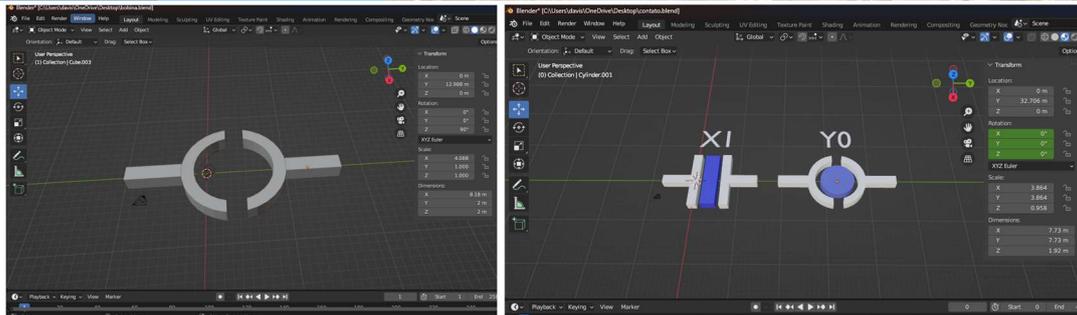


Figura 4 – Modelagem 3D dos contatos e bobinas em ladder. Fonte: Autor.

Ainda no software Blender, foram criadas as animações utilizando o recurso de *keyframes*, sendo definido qual movimento o objeto deveria realizar. Com a animação será possível observar o acionamento das entradas e saídas no *ladder*, como pode ser observado na figura 5.

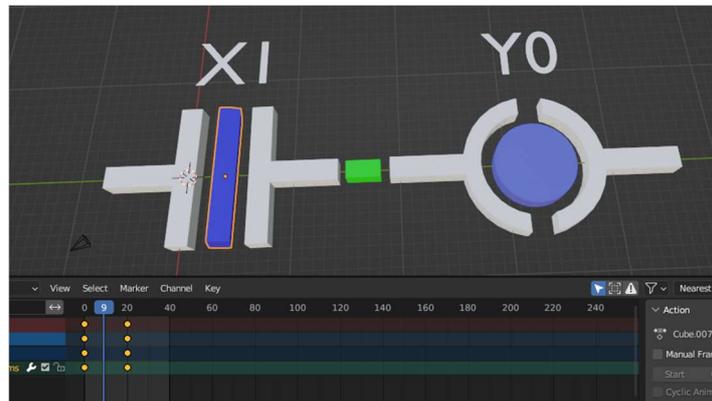


Figura 5 – Animação de ativação dos contatos e bobinas por *keyframes*. Fonte: Autor.

3.2 Programação da interface no Unity 3D

Após finalizar os modelos no Blender, foram exportados no formato de arquivo FBX para o software de desenvolvimento de jogos digitais, o Unity, para construção da interface. Em conjunto com o Unity, foi utilizada a ferramenta Vuforia para o registro e reconhecimento de imagens definidas como marcadores (*tag*) para projeções em realidade aumentada. Os marcadores foram personalizados em formato hexagonal, representando um específico componente em *ladder*.

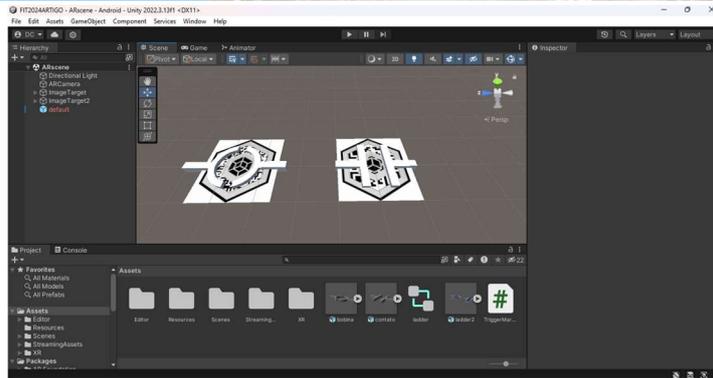


Figura 6 – Ambiente de desenvolvimento da interface no Unity. Fonte: Autor.

Para alcançar o objetivo de conexão entre os contatos e bobinas por meio de movimentação das tags, foram utilizados recursos de colisão (*box collider*), como pode-se observar as áreas verdes na imagem 7. Se a conexão estiver correta, a animação da comunicação entre ambos os componentes irá executar.

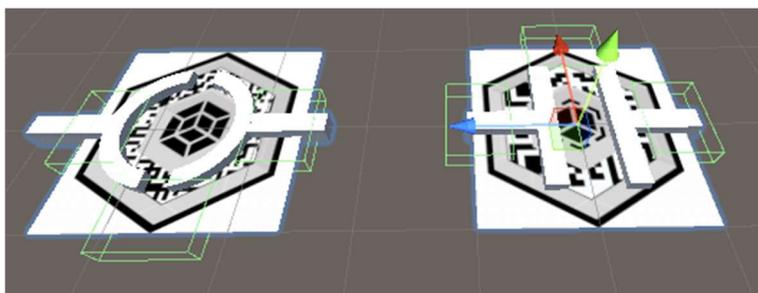


Figura 7 – Colisão entre marcadores feitos no Unity. Fonte: Autor.

Junto as técnicas de colisão, foi desenvolvido um algoritmo de modo a ativar e desativar os elementos virtuais 3D, de acordo com a lógica desenvolvida na figura 8.

```

1  using System.Collections;
2  using System.Collections.Generic;
3  using UnityEngine;
4
5  public class TriggerMarker : MonoBehaviour
6  {
7      public GameObject objectcontato;
8      public GameObject objectbobina;
9      public GameObject objectladder;
10     public string colliderTag;
11
12     void OnTriggerEnter(Collider TriggerCol)
13     {
14         if(TriggerCol.gameObject.tag == colliderTag)
15         {
16             objectcontato.SetActive(false);
17             objectbobina.SetActive(false);
18             objectladder.SetActive(true);
19         }
20     }
21
22     void OnTriggerExit(Collider TriggerCol)
23     {
24         if(TriggerCol.gameObject.tag == colliderTag)
25         {
26             objectcontato.SetActive(true);
27             objectbobina.SetActive(true);
28             objectladder.SetActive(false);
29         }
30     }
31 }

```

Figura 8 – Lógica de ativação e desativação de componentes. Fonte: Autor.

4 RESULTADOS:

Com a interface concluída, foi convertido o projeto no Unity em um arquivo para celulares *Androids* no formato APK. Iniciando assim os testes, avaliações e melhorias.

Ao executar a interface a câmera do celular irá abrir. Após um marcador ser reconhecido o devido componente será projetado sobre ele. Como ilustrado na figura 9.

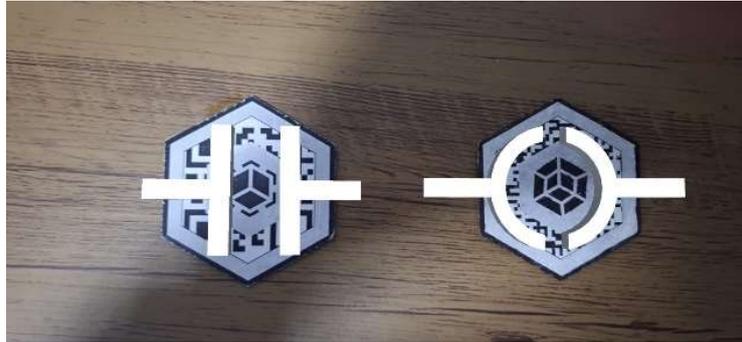


Figura 9 – Contato e Bobina projetados nas *tags* em RA.

Se aproximar fisicamente os marcadores e a lógica de conexão estiver correta, ou seja, primeiro o contato aberto depois a bobina, a animação de ligação entre ambas irá ocorrer. Como ilustrado na figura 10.



Figura 10 – Conexão entre os componentes.

5 DISCUSSÕES:

A introdução da realidade aumentada na educação, especificamente no ensino da automação industrial, propõe uma abordagem inovadora para superar desafios como acesso a equipamentos e complexidade dos conteúdos. O desenvolvimento de um aplicativo que integre RA com a linguagem *Ladder* visa oferecer uma experiência prática e interativa para os alunos, possibilitando a criação e teste de sequências de códigos em um ambiente virtual.

Para abordar este desafio, o presente estudo concebeu uma aplicação que emprega Realidade Aumentada (RA) para examinar e explorar o funcionamento da linguagem ladder. Observou-se que a interação com o material proporciona uma experiência mais imersiva e detalhada, permitindo analisar os principais elementos de maneira holográfica e em três dimensões (3D). A utilização dessa técnica em projetos futuros poderá viabilizar a construção de lógicas ainda mais complexas, contribuindo para o ensino da automação industrial em diversos contextos educacionais.

AGRADECIMENTOS

FIT Instituto de Tecnologia da Amazônia por fornecer os equipamentos para a virtualização remota desta pesquisa e a Softex da Amazônia pelo desenvolvimento de projetos de capacitação no Instituto.

REFERÊNCIAS:

A. Pogodaev, I. Muzyleva, L. Yazykova and S. Kondratyev, "The Use of Augmented Reality Technologies in Electrical Engineering," 2020 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), Lipetsk, Russia, 2020, pp. 646-650, doi: 10.1109/SUMMA50634.2020.9280643.

F. d. S. Cardoso and E. R. Zorzal, "An Augmented Reality Review on Production Environments," 2018 20th Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR), Foz do Iguaçu, Brazil, 2018, pp. 143-149, IEEE.

Groover, M. P. (2014). AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA. 3a edição.

I. Muzyleva, L. Yazykova, A. Gorchach and Y. Gorchach, "Augmented and Virtual Reality Technologies in Education," 2021 1st International Conference on Technology Enhanced Learning in Higher Education (TELE), Lipetsk, Russia, 2021, pp. 99-103, doi: 10.1109/TELE52840.2021.9482568.

J. Martin, J. Bohuslava and H. Igor, "Augmented Reality in Education 4.0," 2018 IEEE 13th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), Lviv, Ukraine, 2018, pp. 231-236, doi: 10.1109/STC-CSIT.2018.8526676.

Kruti Lavingia and Sudeep Tanwar. "Augmented Reality and Industry 4.0. Springer Nature Switzerland AG 2020". A Roadmap to Industry 4.0: Smart Production, Sharp Business and Sustainable Development, Advances in Science, Technology & Innovation.

Lilan Liu, Chen Jiang, Zenggui Gao, and Yi Wang. "Research on Real-Time Monitoring Technology of Equipment Based on Augmented Reality". Springer Nature Singapore Pte Ltd 2019. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2375-1_19.

LOPES, LUANA MONIQUE DELGADO et al. Inovações educacionais com o uso da realidade aumentada: uma revisão sistemática. *Educação em Revista*, v. 35, p. e197403, 2019.

Luís Fernando de Souza Cardoso, Flávia Cristina Martins Queiroz Mariano, Ezequiel Roberto Zorzal. A survey of industrial augmented reality. *Computers & Industrial Engineering*, Volume 139, 2020, 106159, ISSN 0360-8352. ScienceDirect

MIGUEL, Ricardo Gomes et al. Medição de força por IoT para análise de elementos finitos com apresentação de resultados em tempo real por realidade aumentada. *Revista Brasileira de Mecatrônica*, v. 5, n. 2, p. 01-28, 2022.

N. T. Khang, N. -H. Tran e N. -P. -Q. Phan, "Augmented Reality Application in Digital Automation Laboratory," 2023 International Symposium on Electrical and Electronics Engineering (ISEE), Ho Chi Minh, Vietnã, 2023, pp. 133-138, doi: 10.1109/ISEE59483.2023.10299885.

SANTOS, Nycolle Oliveira Souza; DE SOUZA JUNIOR, Armando Araújo. A realidade aumentada em instituições de ensino superior: um estudo sobre a aplicabilidade do modelo de avaliação de abordagens educacionais em realidade aumentada móvel (MAREEA). *Brazilian Journal of Production Engineering*, v. 9, n. 2, p. 45-59, 2023.

Zexuan Zhu, Chao Liu, Xun Xu. "Visualisation of the Digital Twin data in manufacturing by using Augmented Reality". *Procedia CIRP*, Volume 81, 2019, Pages 898-903, ISSN 2212-8271, ScienceDirect.

