

# UMA FERRAMENTA DE REALIDADE AUMENTADA PARA A ROBÓTICA EDUCACIONAL

## AN AUGMENTED REALITY TOOL FOR EDUCATIONAL ROBOTICS

Libhinny Karolayne dos S. Amaral<sup>1</sup>, Maria F. C. Duarte<sup>2</sup>, Petrucio R. T. Medeiros<sup>3</sup>

### RESUMO

A robótica educacional estimula a inovação e criatividade, bem como reduz as taxas de evasão escolar. No entanto, os kits de robótica são caros e a maioria dos professores não estão qualificados para trabalhar com a robótica educacional. Neste trabalho, propomos uma metodologia para a construção de robôs de baixo custo utilizando a ferramenta de realidade aumentada para auxiliar os professores no ambiente escolar. Nós utilizamos o *framework* a-frame para criar um tutorial interativo que mostra o passo a passo para construir o robô. Aplicamos essa abordagem para uma amostra de 10 alunos da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), a implementação do tutorial incentivou os estudante a se engajarem na produção do robô, realizando com êxito a montagem do robô guiada pela ferramenta. Essa metodologia de ensino se mostrou eficiente ao proporcionar o incentivo dos alunos a quererem aprender, criando um ambiente de aprendizado cativante, que permitiu que fosse possível aplicar conceitos, visualizando o passo a passo necessário para a montagem do circuito.

**Palavras-chave:** robótica educacional; realidade aumentada; robôs de baixo custo; evasão escolar.

### ABSTRACT

Educational robotics stimulates innovation and creativity as well as reduces school dropout rates. However, robotics kits are expensive, and most teachers are not qualified to work with educational robotics. In this work, we propose a methodology for building a low-cost robot using an augmented reality tool to aid the teacher in the school environment. We use the a-frame framework to create an interactive guide that shows step-by-step how to build a robot. We used the framework a-frame to create an interactive tutorial that shows the step-by-step process for building the robot. We applied this approach to a sample of 10 students from the University Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). The implementation of the tutorial encouraged the students to engage in the production of the robot, successfully carrying out the assembly of the robot guided by the tool. This teaching methodology proved effective in encouraging students to want to learn, creating a captivating learning environment that made it possible to apply concepts by visualizing the step-by-step process required to assemble the circuit.

<sup>1</sup> Bacharelado em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

<sup>2</sup> Bacharelado em Engenharia da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

<sup>3</sup> Doutor em Engenharia de Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

**Keywords:** educational robotics; augmented reality; low-cost robots; school dropout.

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo o Ministério da Educação (MEC) e Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), o censo escolar de 2023 apresentou uma taxa de 6% de evasão escolar e o Ensino Médio com os maiores índices de abandono e evasão (A. de Comunicação Social do Inep, 2023). Fatores como a falta de engajamento dos alunos, escolas que não estão preparadas para oferecer um aprendizado atrativo com modelos de ensino fixos apenas no instrucionismo, corroboram para que o número de discentes menos engajados cresça e a evasão perdure (Silva Filho & Araújo, 2017).

A Associação Brasileira de Estudos Sociais (ABRES) menciona que, de acordo com os dados do último Censo da Educação Básica do INEP/MEC do ano de 2022, cerca de 7.866.695 alunos estão matriculados no ensino médio. Aliado aos dados fornecidos no ano posterior, de 6% de evasão no ensino médio, temos uma aproximação de 500.000 alunos evadindo as escolas (Associação Brasileira de Estudos Sociais, 2022). Tornando-se um problema de grandes proporções que deveria ser amenizado.

A tecnologia tem sido uma ferramenta auxiliar cada vez mais presente na educação e seu uso tem crescido exponencialmente. Como forma de criar um ambiente de ensino mais dinâmico e interativo, educadores têm adaptado suas abordagens em sala de aula (A. A. Candido, 2015). Dentre as novas formas de ensinar, surge a robótica educacional, onde o aluno é capacitado para desenvolver sistemas robóticos, visando aprimorar a aprendizagem estimulante e eficaz (L. M. M Santos *et. al.*, 2024).

Nesse contexto em que há a necessidade de mitigar essa problemática, a inserção da robótica educacional é vista como uma possível solução. Ela proporciona uma maior participação dos estudantes, permite a transdisciplinaridade e a visualização prática de conceitos aprendidos em sala, desenvolvimento de habilidades como o pensamento crítico, resolução de problemas e o trabalho em grupo, bem como o aprimoramento da criatividade (L. Brando *et. al.*, 2021) e como forma de otimizar os benefícios trazidos por esta ferramenta, a realidade aumentada, com a finalidade de integrar elementos virtuais ao ambiente real, seria inserida para tornar as aulas mais cativantes e interativas. Assim, o aluno estaria mais envolvido e veria o aprendizado de forma mais significativa e aplicada, além de beneficiar aqueles que têm dificuldade em absorver o conteúdo programado.

Um dos fatores que inviabiliza o acesso aos kits de robótica, principalmente nas escolas públicas, é seu alto preço. Como forma de contornar o elevado valor, pode-se criar ou adaptar projetos utilizando materiais de baixo custo. Além disso, os professores precisam se capacitar para incorporar esta nova abordagem no ensino-aprendizagem (J.M. Ferreira *et. al.*, 2024), na preparação do ambiente e recursos na transmissão do conteúdo de maneira eficaz com o emprego da realidade aumentada. Neste artigo, propusemos a construção de um robô utilizando materiais de baixo custo com realidade aumentada, visando a redução da evasão e a acessibilidade de tecnologias atuais nas escolas por meio da robótica, promovendo um ensino mais dinâmico e envolvente.

Nas próximas seções deste artigo, a Seção de Trabalhos Relacionados resume alguns trabalhos relacionados importantes, enfatizando suas características. Posteriormente, na Seção de Metodologia detalhamos o processo de construção do robô abrangendo desde sua fase de modelagem 3D até a sua implementação em *hardware*. Na Seção de Resultados discutiremos os resultados obtidos a partir de uma oficina ministrada na UFERSA. Apresentaremos na Seção de Conclusão a consolidação dos pontos abordados ao longo deste estudo, as descobertas feitas ao longo da aplicação da metodologia proposta, suas limitações e as implicações que este estudo trouxe para a comunidade.

## 2 TRABALHOS RELACIONADOS

Dentro do contexto da robótica educacional, diversos estudos abordam a integração da robótica na educação, evidenciado na pesquisa de Andriola (2021) que analisa os benefícios que a robótica educacional oferece aos alunos, incluindo a melhoria da habilidade de escrita como um dos destaques. O autor discute o nível de familiaridade dos alunos e suas expectativas em relação à Robótica Educacional, avaliando por meio de uma métrica em forma de questionário e implementa sua abordagem em uma escola pública e em uma privada. Enquanto Andriola (2021) trabalha em um estudo mais descritivo e analítico teoricamente, o nosso trabalho avança ao implementar a robótica educacional buscando demonstrar a aplicação prática e os benefícios que podem ser alcançados no ambiente escolar.

Verner *et al.* (2022) exploram em seu estudo a eficácia da robótica com o auxílio da Realidade Aumentada (AR) e Realidade Virtual (VR), com o objetivo de verificar como os alunos aprenderiam os sistemas robóticos em AR e VR usando uma combinação de dados quantitativos, qualitativos e análises. Os métodos de coleta de dados incluíram questionários de aprendizagem on-line, de avaliação de workshops e estudos de caso comparativos para avaliar a compreensão dos sistemas de robóticos pelos alunos e sua avaliação da contribuição das experiências de realidade aumentada e virtual para o treinamento de habilidades de pensamento integrativo. Como consequência da pesquisa, os discentes relataram que AR facilitou o aprendizado e a visualização das estruturas dos robôs, com 81% da turma considerando a aplicação como uma contribuição importante. Entretanto, os alunos tiveram certas dificuldades em montar os componentes devido à não variação de cores e ausência de rótulos, dificultando a compreensão. Na contramão, aplicamos variadas cores e rótulos para facilitar a implementação e compreensão da montagem do modelo.

Liono *et al.* (2021) realizaram uma revisão sistemática elucidando o uso da realidade aumentada na educação como forma de ajudar os alunos a aprenderem de uma forma mais eficaz. Eles realizaram pesquisas, coletaram dados e obtiveram com essa abordagem uma significativa melhora na visualização dos conceitos aprendidos em sala, aumento das notas, aprendizagem mais dinâmica e envolvente. Embora haja algumas limitações a serem consideradas, como por exemplo, o conteúdo AR não ser preciso e os estudantes não conseguirem absorver os conceitos apenas usando a ferramenta, é importante ressaltar que os resultados alcançados ainda são bastante atrativos. Baseando-se nessa abordagem, conseguimos ter noção da relevância da aplicação da nossa ferramenta para a temática de ensino.

Chen (2020) aborda em seu estudo estratégias para facilitar a robótica educacional, aplicando uma metodologia que consiste em um design quase experimental em duas vertentes: o uso da AR e a introdução de competições em atividades robóticas, de modo similar ao feito em Yang (2023) que desenvolveu sua análise dividindo os alunos em grupos, uma equipe utilizou AR Bot e uma outra equipe fez uso do Scratch. Com isso, os alunos que realizaram as atividades propostas por Chen com a AR e a competição integradas, obtiveram um desempenho melhor quando comparados com o grupo restrito ao uso interino da Realidade Aumentada e competição. O autor discute a necessidade de buscar novas estratégias pedagógicas, de forma que propomos uma abordagem que envolve a experiência prática para o maior alcance dos estudantes, inclusive aqueles que não tenham um interesse pré-existente em robótica.

No Quadro 1, exibimos uma visualização geral dos trabalhos citados nesta seção, em comparação à aplicação sugerida pelo nosso trabalho.

Quadro 1 – Trabalhos Relacionados

| Trabalhos                    | Público-alvo                     | Método                                    | Construção do Robô |           | Material de baixo custo | Amostra |
|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|--------------------|-----------|-------------------------|---------|
|                              |                                  |                                           | Real               | Simulação |                         |         |
| YANG <i>et. al.</i> (2022)   | Ensino Superior                  | Design quase-experimental                 |                    | x         |                         | 75      |
| VERNER <i>et. al.</i> (2022) | Ensino Superior                  | Abordagem qualitativa e quantitativa      | x                  | x         |                         | 94      |
| CHEN <i>et. al.</i> (2020)   | Ensino Fundamental II            | 2 x 2 design quase experimental           | x                  | x         | x                       | 172     |
| NORDIN <i>et. al.</i> (2020) | Ensino Fundamental II e Superior | Desenvolvimento e aplicação baseado em AR |                    | x         |                         | 11      |
| AMARAL <i>et. al.</i> (2024) | Ensino Superior                  | Abordagem qualitativa e quantitativa      | x                  | x         | x                       | 10      |

Fonte: Autoria (2024)

### 3METODOLOGIA

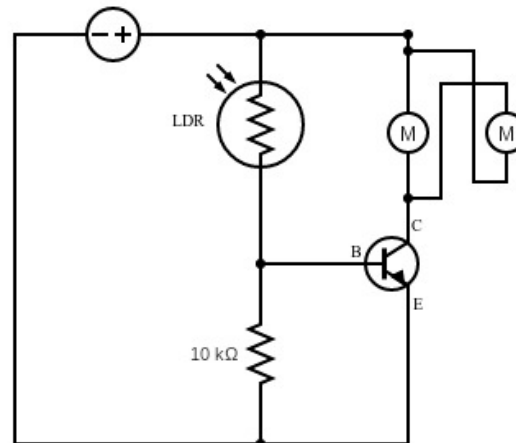
Nesta seção, o processo de construção do robô de baixo custo é abordado em três subseções principais: *Hardware*, *Modelagem* e *Programação*. Na subseção de *Hardware*, é descrito o circuito simples desenvolvido para o robô, controlado pela luminosidade e utilizando materiais recicláveis. Em *Modelagem*, é detalhado o processo de criação do modelo 3D do robô. Já em *Programação*, é explicado o uso do *framework* A-frame para desenvolver um ambiente de realidade aumentada interativo, facilitando a montagem do robô pelos alunos.

#### 3.1 Hardware

Desenvolvemos um circuito simples para construção de um robô de baixo custo utilizando material reciclável, como na Figura I. Este robô é controlado

através da luminosidade, provida através de uma fonte de luz. Uma característica notável deste circuito reside na sua habilidade de operar de forma eficaz tanto em condições de iluminação ambiente quanto por uma fonte de luz direcionada.

Figura I – Representação do Circuito



Fonte: Aatoria (2024)

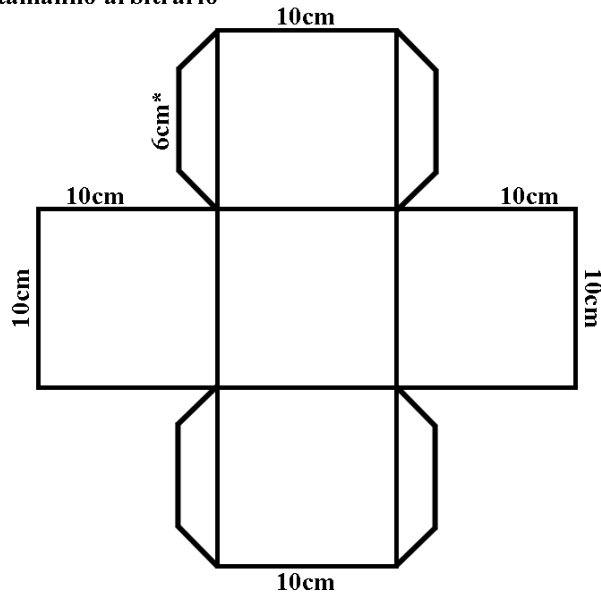
Uma bateria de 9V alimenta o circuito e o transistor BC548 controla a corrente que passa através dos micro motores N20. Esse transistor controla a velocidade dos motores através da quantidade de luz que incide no LDR. O LDR é uma resistência variável que se ajusta de acordo com a intensidade luminosa. Quando a luz alcança o LDR, sua resistência diminui proporcionalmente, permitindo o fluxo de corrente elétrica para a base do transistor. Isso permite que os motores do robô se movam em determinada direção. Já na ausência de luz, a resistência do LDR aumenta e, conseqüentemente, a corrente diminui fazendo com que o movimento dos motores seja interrompido.

Em sua construção física, unimos o circuito a seu molde de dimensões 10x10 cm e uma abertura na parte inferior para possibilitar o encaixe das rodas. Em seu interior, teremos dois motores DC N20 para controlar a rotação dos discos. Sua constituição é de cartolina dupla face.

### 3.2 Modelagem

Para criação do tutorial utilizando Realidade Aumentada, fizemos o uso do *software* de modelagem 3D Blender na versão 4.0, bem como para a animação de cada etapa do robô. Modelamos o objeto utilizando-se de cinco planos dispostos como um cubo aberto sobre uma base de referência, formando uma cruz com trapézios nos quadrados mais externos como demonstrado na Figura II a seguir, para facilitar o processo de união das abas e o fechar do cubo.

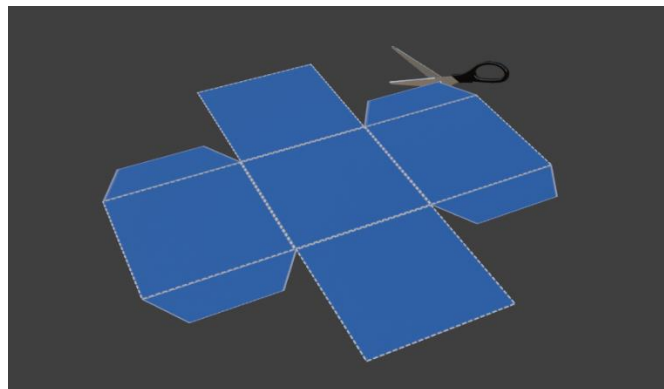
Figura II – Formato do Cubo Aberto  
\*tamanho arbitrário



Fonte: Autoria (2024)

Iniciamos a animação com o recorte do molde do nosso robô, representado com linhas tracejadas e uma tesoura elaborada por Sekinger (2020), demonstrada na Figura III, disponível no *site* Sketchfab, licenciada sob Creative Commons Attribution, para indicar o caminho a ser recortado no objeto pelo público alvo do tutorial, proporcionando uma orientação visual clara. Após o recorte, o objeto foi animado fechando-se e depois realizamos o encaixe das rodas, como representado da Figura IV a Figura VII, criadas a partir da forma geométrica circular já existente no *software* e alteramos sua dimensão e espessura conforme necessário para a estrutura.

Figura III – Modelo com bordas tracejadas e tesoura



Fonte: Autoria (2024)

Figura IV: Cubo Fechado

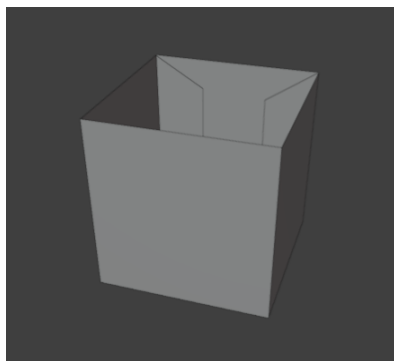


Figura V: Cubo com Rodas

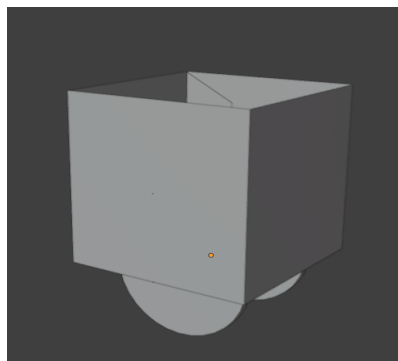


Figura VI: Cubo Visão Inferior

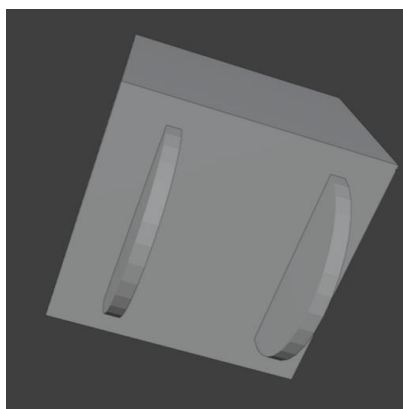
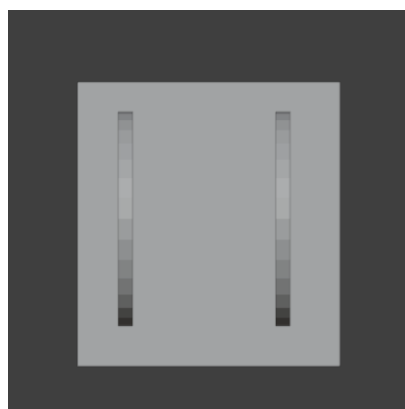


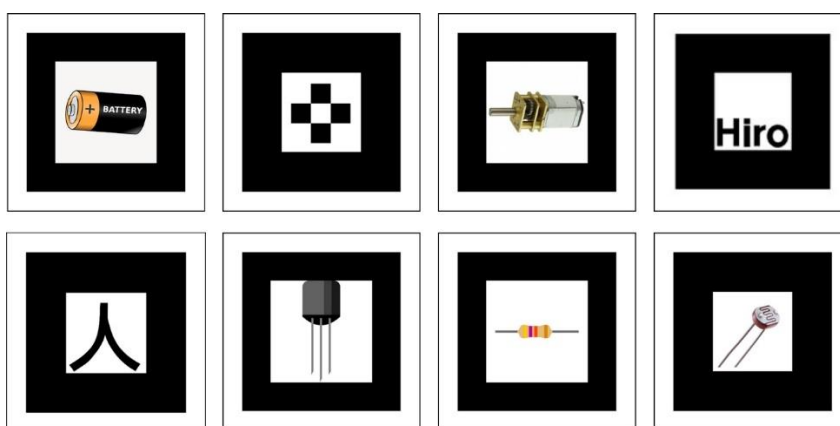
Figura VII: Cubo Visão Inferior



Fonte: Autoria (2024)

Para o passo final do tutorial, exibimos cada componente do circuito em *markers* diferentes e sua exibição incluirá informações sobre suas características, exibidos na Figura VIII. E em seguida, usamos um *marker* diferente para a animação da integração do circuito ao corpo do robô, onde cada elemento será encaixado seguindo a representação do circuito na Figura I e colocado dentro do autômato.

Figura VIII – Marcadores Personalizados



Fonte: Autoria (2024)

No processo de modelagem, utilizamos objetos importados na extensão .glTF (*GL Transmission Format*), como a tesoura mencionada, para auxiliar na

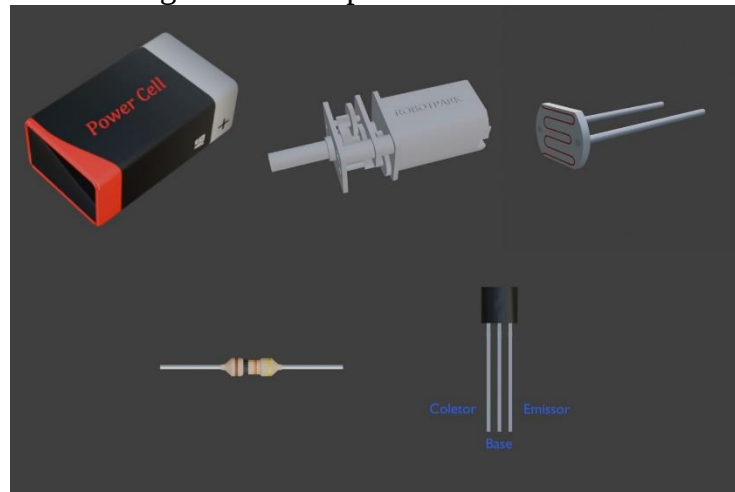
visualização intuitiva dos passos a serem seguidos para a montagem. Animamos as cenas de 20 em 20 frames, realizando a rotação e localização nos eixos dos itens necessários para tornar o passo a passo mais compreensível.

Para o aperfeiçoamento da representação visual do molde, construímos uma textura de bordas tracejadas no aplicativo Photoshop, como mostrado na Figura III, em sua versão do ano de 2020, visando demonstrar as bordas do corpo do robô para o recorte, onde seu corte é delimitado pela tesoura.

Com o objetivo de maximizar a compreensão da funcionalidade dos componentes do circuito responsável pela movimentação do robô, foram selecionados modelos 3D das peças utilizadas, no Sketchfab. Em cada um dos elementos exportados exibimos as características funcionais, utilizando uma linguagem simplificada para abranger diferentes públicos.

Selecionamos distintos componentes para compor o sistema em questão. Incluem-se entre estes o motor de corrente contínua (DC), criado por Schütt (2020). Para o sensor de luminosidade, utilizou-se o LDR desenvolvido pelo Stichting Consortium Beroepsonderwijs (2021). Já para a resistência elétrica, adotou-se o modelo proposto por Kuba (2018). O transistor necessário ao circuito foi especificado pelo mesmo autor e ano que o citado anteriormente. Além disso, para alimentação do sistema, optou-se pela bateria disponibilizada pela ROBOTPARK (2016), todos sob a licença Creative Commons Attribution. A Figura IX exhibe os modelos em 3D citados anteriormente.

Figura IX: Componentes do Circuito



Fonte: Autoria (2024)

Dentre a vasta gama de extensões para exportação, os modelos 3D finais escolhidos foram convertidos para .glb, pela sua facilidade de implementação no *framework* A-Frame com animação inclusa para ser reproduzida, juntamente com a identificação dos *markers*.

### 3.3 Programação

Para suporte da imersão interativa, utilizamos o *framework* A-frame, que possui um conjunto de bibliotecas e funcionalidades para desenvolvimento de aplicações com Realidade Aumentada, Realidade Virtual e cenas 3D. A partir deste *framework*, obtivemos as bibliotecas que continham o conjunto de implementações necessárias para o desenvolvimento do ambiente de realidade

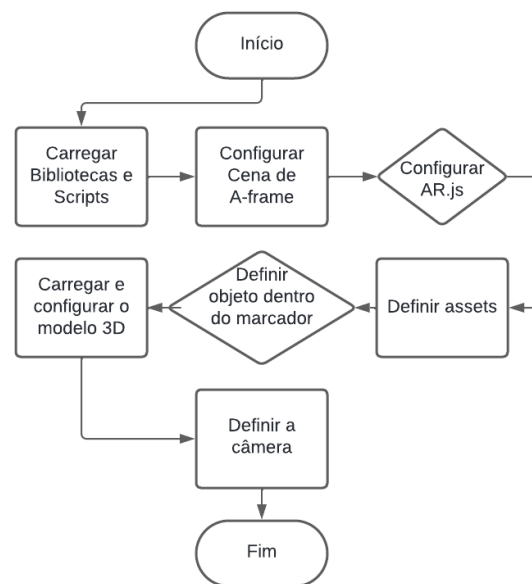
aumentada. No A-frame utilizamos as linguagens HTML, CSS e JavaScript.

Estruturamos o desenvolvimento do código no Glitch, plataforma utilizada na criação de aplicativos web de forma colaborativa, com funções que facilitam a criação de sites, indicado pela documentação do A-frame para aplicação de Realidade Aumentada. A estruturação do código conta com *markers*, em que a câmera do *smartphone* irá detectar e identificar, direcionando para determinada etapa da construção do robô. Serão distribuídas imagens do cubo aberto aos alunos e os *markers* estarão dispostos nestas figuras, de forma que a cada passo realizado haverá marcadores que os levarão aos próximos passos até que o robô esteja finalizado.

Quatro *tags* do A-frame dentro do HTML estruturam a construção do código, criação de cenas e implementação dos modelos em 3D para reconhecimento do *marker*. São elas:

- `<a-scene>`: é a raiz que contém todos os elementos necessários para renderizar e interagir o HTML;
- `<a-assets>`: é usado para definir recursos que serão usados na cena, permitindo pré-carregá-los para que estejam disponíveis imediatamente quando forem necessários na cena;
- `<a-marker>`: é usado para definir um marcador de realidade aumentada. Definimos o marcador com o *preset* "hiro", que já está pré-definido para ser reconhecido pela câmera;
- `<a-entity>`: usado para definir objetos ou entidades dentro da cena A-frame, possibilitando configurar informações adicionais como escala, animação, e a fonte do modelo 3D.

Figura X: Fluxograma do Software de Realidade Aumentada



Fonte: Autoria (2024)

Na Figura X, descrevemos por meio do fluxograma a construção do ambiente em Realidade Aumentada. Inicialmente carregamos as bibliotecas e *scripts* necessários para suportar a funcionalidade de AR dentro do A-frame. Configuramos a cena e desativamos o modo realidade virtual da interface, a tela de carregamento e a habilitação do *buffer* de profundidade logarítmica visando

um aprimoramento da renderização da cena. Na configuração do AR.js, definimos o método de rastreamento, a *webcam*, como fonte de entrada e a interface de *debug*. Para exibição dos modelos 3D, definimos *markers* personalizados, onde cada um continha a imagem do seu respectivo passo, conforme definida a sequência do tutorial. De modo que dentro de cada marcador, há um objeto. Para completar o processo da cena, definimos as configurações da câmera de forma que o usuário possa ver a cena em primeira pessoa.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aplicamos o tutorial com realidade aumentada para um grupo de 10 alunos da UFERSA dos cursos de Tecnologia da Informação e Engenharia de Software. Durante a introdução, destacamos a importância da tecnologia de realidade aumentada no contexto da aprendizagem interativa e prática de conceitos complexos, como os relacionados à robótica.

Inicialmente, explicamos cada componente do circuito e distribuimos os *markers* dos elementos do circuito aos estudantes, permitindo-lhes acompanhar visualmente cada componente enquanto explicávamos seus papéis e funcionamento. Os orientamos a acessar o *link* do GitHub que os direcionaria para uma página estática da *web* onde o conteúdo AR estaria disponível.

Uma vez conectados, os alunos passam a interagir com os componentes virtuais, onde puderam observar os elementos e seus respectivos conceitos através da câmera de seus *smartphones*, onde puderam examinar de perto os modelos 3D dos componentes do circuito, facilitando a compreensão dos conceitos abordados. Enquanto podiam observar os modelos, explanamos de forma mais detalhada os componentes do circuito e a sua relação com a movimentação do robô.

Após a exploração inicial e a compreensão dos conceitos básicos, os alunos foram organizados em grupos para iniciar a montagem prática da parte eletrônica do robô. Este aspecto prático do tutorial permitiu que os alunos aplicassem os conhecimentos adquiridos, promovendo uma compreensão mais profunda dos princípios teóricos discutidos anteriormente.

Para avaliar a abordagem proposta, implementamos um sistema de *feedback* utilizando o Google Forms. Esta ferramenta nos permitiu coletar opiniões e avaliações dos alunos sobre a experiência geral, identificar áreas de sucesso e possíveis melhorias para futuras interações do tutorial em realidade aumentada.

No formulário, a maioria dos participantes indicaram que não tinham experiências anteriores com a realidade aumentada e com a robótica. Durante a montagem do robô, alguns dos alunos apresentaram poucas dificuldades, que variam desde a inversão dos pólos da bateria à inversão da orientação do circuito. Além disso, julgaram ser relevante o uso da realidade aumentada como ferramenta de auxílio no ensino da robótica, se mostrando efetiva na compreensão dos passos da montagem.

As perguntas realizadas para os alunos foram as seguintes:

- Você já tinha alguma experiência com realidade aumentada?
- Você já tinha alguma experiência com Robótica?
- Qual foi o nível de dificuldade percebido na montagem do robô usando o tutorial em Realidade Aumentada?

- Você encontrou algum problema durante a montagem do robô?
- Você julga relevante a implementação da Realidade Aumentada para auxiliar o ensino da robótica?
- Você sentiu que o tutorial em Realidade Aumentada ajudou na compreensão dos passos de montagem?
- Você gostaria que o tutorial em Realidade Aumentada incluísse mais recursos interativos, como quizzes ou exercícios práticos?

Gráfico I: Perguntas do Formulário

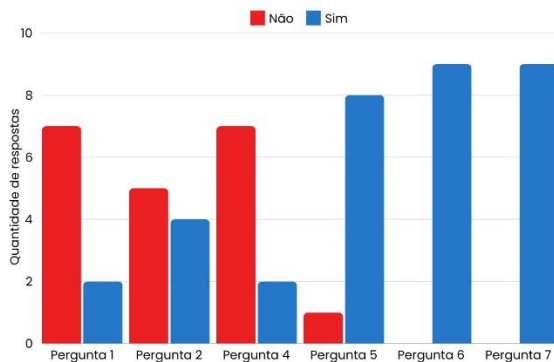
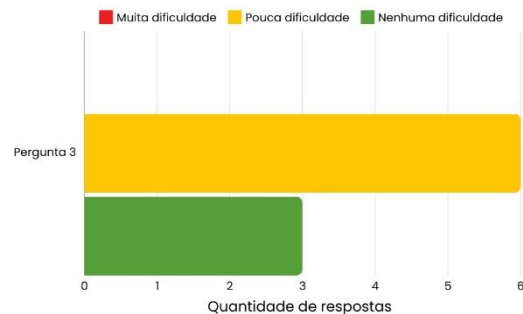


Gráfico II: Perguntas do Formulário



Fonte: Autoria (2024)

Embora algumas dificuldades tenham sido relatadas por alguns participantes durante a aplicação da metodologia, é notável que o evento foi um sucesso. Os grupos conseguiram desenvolver os robôs, tendo uma experiência inicial valiosa para revelar áreas onde melhorias podem ser implementadas, especialmente no que diz respeito à representação dos modelos em 3D e uma abordagem mais direcionada às necessidades individuais dos alunos.

As Figuras XI a XII mostram dos resultados da implementação do circuito na montagem prática dos modelos, reproduzidas com êxito pelos estudantes:

Figura XI – Processo de montagem

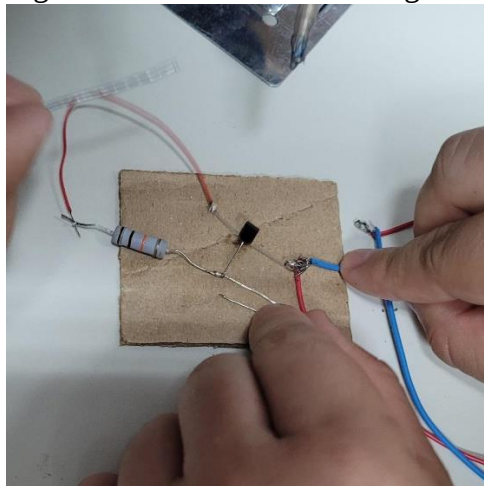


Figura XII – União dos motores à base

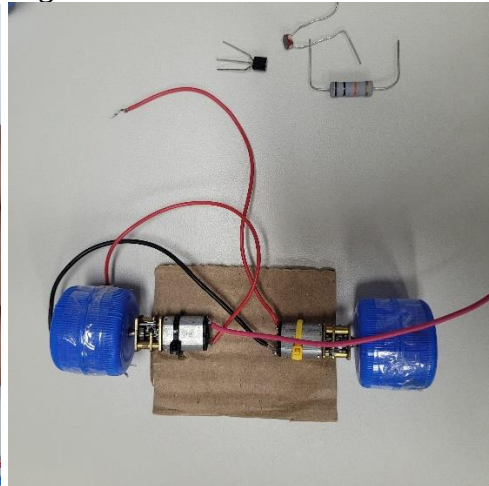
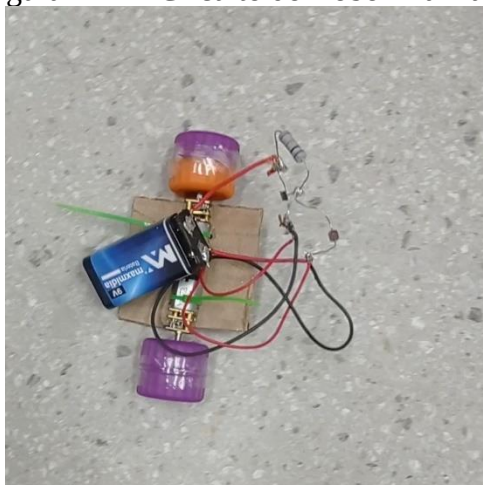


Figura XIII – Circuito do Robô finalizado



Fonte: Autoria (2024)

Este *feedback* proporciona uma base sólida para melhorarmos a metodologia e garantir uma experiência ainda mais abrangente.

Para o aperfeiçoamento do tutorial, seria ideal aumentar a quantidade da amostra de pessoas para validar a eficiência deste método de aprendizado, bem como a melhoria dos modelos 3D, visando facilitar a interação com o usuário e, caso necessário, adicionar novos passos que auxiliem no entendimento do circuito.

## 5 CONCLUSÃO

A aplicação da realidade aumentada como ferramenta de auxílio na construção de um robô de baixo custo para as aulas de robótica educacional apresenta um potencial significativo para estimular a criatividade dos alunos. A integração dos elementos virtuais ao ambiente real torna as aulas mais envolventes, proporcionando uma experiência mais significativa. Além disso, o uso de materiais de baixo custo e a adaptação dos projetos para a redução dos valores faz com que a robótica seja mais acessível nas escolas.

O tutorial com a Realidade Aumentada permitiu que os alunos visualizassem e compreendessem os conceitos de eletrônica e robótica de forma interativa. Através da imersão neste ambiente, os estudantes puderam explorar os modelos 3D e descrições dos componentes do circuito, facilitando a assimilação dos conteúdos teóricos apresentados. A montagem prática do robô proporcionou uma oportunidade para os alunos aplicarem seus conhecimentos, promovendo uma compreensão mais profunda dos princípios discutidos.

Apesar da abordagem ter sido eficiente, os alunos sentiram algumas dificuldades na reprodução do circuito na prática. Essas dificuldades se manifestaram de forma significativa quando um dos grupos acabou construindo o robô com um dos componentes posicionado incorretamente. Além disso, a falta da visualização do circuito animado fez com que não fosse tão intuitivo sua construção, resultando uma experiência menos intuitiva durante a montagem do robô, uma vez que os alunos não puderam visualizar de maneira clara como cada parte se relacionava com as outras.

O *feedback* dos alunos, coletado por meio do sistema de avaliação do Google Forms, demonstrou a relevância e eficácia da Realidade Aumentada como ferramenta de auxílio no ensino da robótica. A maioria dos participantes destacou a importância da Realidade Aumentada na compreensão dos passos de montagem do robô e

expressou interesse em recursos interativos adicionais, como quizzes e exercícios práticos. Esses resultados indicam o potencial da Realidade Aumentada para melhorar a experiência de aprendizado dos alunos e promover um ensino mais dinâmico e envolvente.

Em conclusão, a integração da Realidade Aumentada na robótica educacional representa uma abordagem eficaz para maximizar a qualidade do ensino de tecnologias de forma acessível. Com a experiência de aprendizado imersiva e prática, a AR proporciona o incentivo da participação ativa e interesse por parte dos alunos. Com o contínuo aprimoramento e desenvolvimento dessa abordagem, espera-se que mais estudantes possam desfrutar de uma educação interativa e significativa no campo da robótica educativa.

## REFERÊNCIAS

A. A. Candido, “A percepção do uso da tecnologia na educação por alunos do 9º ano,” 2015. 7 IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS , Vol. 7, No. 7, Oct 2020

Associação Brasileira de Estudos Sociais, “Estatísticas abres,” 2022. Acesso em 15 de abril de 2024.

A. de Comunicação Social do Inep, “Mec e inep divulgam resultados do censo escolar 2023.”

C.-H. Chen, C.-K. Yang, K. Huang, and K.-C. Yao, “Augmented reality and competition in robotics education: Effects on 21st century competencies, group collaboration and learning motivation,” *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 36, no. 6, pp. 1052–1062, 2020.

J. M. Ferreira, H. G. M. Júnior, F. B. S. da Silva, J. J. S. Lima, M. M. de Souza, E. G. da Silva, D. F. de Sousa, and C. M. do Nascimento, “Educational robotics as a learning-enhancing technology,” *CONTRIBUÇÕES A LAS CIENCIAS SOCIALES*, vol. 17, no. 2, pp. e5184–e5184, 2024.

J.-C. Sekinger, “Scissors,” Sketchfab, 2020. Licenciado sob Creative Commons Attribution 4.0 International License.

J. Kuba, “Lowpoly resistor.” Sketchfab, 2018. Licenciado sob Creative Commons Attribution 4.0 International License.

J. Kuba, “Lowpoly transistor.” Sketchfab, 2018. Licenciado sob Creative Commons Attribution 4.0 International License.

L. Brando, R. M. Dutra, and E. C. Furtado, “Proposta de uma metodologia de robótica educacional como um instrumento redutor de evasão em escolas públicas,” in *Anais do VI Congresso sobre Tecnologias na Educação*, pp. 21–30, SBC, 2021.

L. M. M. Santos, O. F. Paulino, and S. C. M. dos Santos, “Contribuições da robótica educacional para o ensino:: Uma perspectiva bibliográfica,” *Amazônica-*

Revista de Psicopedagogia, Psicologia escolar e Educação, vol. 17, no. 1 jan-jun, pp. 63–86, 2024.

N. A. A. Nordin, N. A. Abd Majid, and N. F. A. Zainal, “Mobile augmented reality using 3d ruler in a robotic educational module to promote stem learning,” Bulletin of Electrical Engineering and Informatics, vol. 9, no. 6, pp. 2499–2506, 2020.

R. A. Liono, N. Amanda, A. Pratiwi, and A. A. Gunawan, “A systematic literature review: learning with visual by the help of augmented reality helps students learn better,” Procedia Computer Science, vol. 179, pp. 144–152, 2021.

ROBOTPARK, “Robotpark 12mm Mini Dc Motor.” Sketchfab, 2016. Licenciado sob Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Stichting Consortium Beroepsonderwijs, “Lichtgevoelige weerstand (LDR).” Sketchfab, 2021. Licenciado sob Creative Commons Attribution 4.0 International License.

W. B. Andriola, “Avaliação da familiaridade de alunos do ensino fundamental com a robótica educacional,” Educação e Linguagem, pp. 33–53, 2021.

R. B. Silva Filho and R. M. de Lima Araújo, “Evasão e abandono escolar na educação básica no brasil: fatores, causas e possíveis consequências,” Educação por escrito, vol. 8, no. 1, pp. 35–48, 2017.