



Universidade Federal do Pará
Campus Universitário de Castanhal - CCAST
Faculdade de Computação - FACOMP
Bacharelado em Engenharia de Computação

Proposta metodológica para aplicação de Realidade Aumentada em Diferentes Níveis de Escolaridade.

Alícia de Almeida Maia

UFPA / CCAST / FACOMP
Campus Universitário de Castanhal
Castanhal - Pará - Brasil
2025



Universidade Federal do Pará
Campus Universitário de Castanhal - CCAST
Faculdade de Computação - FACOMP
Bacharelado em Engenharia de Computação

Alicia de Almeida Maia

Proposta metodológica para aplicação de Realidade Aumentada em Diferentes Níveis de Escolaridade.

Monografia submetida à avaliação da Banca Examinadora aprovada pelo colegiado da Faculdade de computação da Universidade Federal do Pará e julgada adequada para a obtenção do Grau de Bacharelado em Engenharia de Computação.

UFPA / CCAST / FACOMP
Campus Universitário de Castanhal
Castanhal - Pará - Brasil

2025

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

M217p Maia, Alícia de Almeida.
Proposta metodológica para aplicação de Realidade Aumentada em Diferentes Níveis de Escolaridade. / Alícia de Almeida Maia. — 2025.
70 f. : il. color.

Orientador(a): Prof^ª. Dra. Yomara Pinheiro Pires
Coorientador(a): Prof^ª. MSc. Thainá do Nascimento
Trabalho de Conclusão (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Castanhal, Faculdade de Engenharia da Computação, Castanhal, 2025.

1. Realidade Aumentada. 2. Educação . 3. Metodologia de Ensino. 4. Tecnologias Digitais. 5. Robótica Educacional. I. Título.

CDD 004.07




UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE CASTANHAL - CCAST
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO - FACOMP
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

Proposta metodológica para aplicação de Realidade Aumentada em Diferentes Níveis de Escolaridade.


Autor: Alícia de Almeida Maia Monografia apresentada à Faculdade de Computação e aprovada para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação.

Trabalho aprovado. Castanhal - Pará - Brasil, 15 de setembro de 2025.


Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **YOMARA PINHEIRO PIRES**
Data: 02/10/2025 18:37:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr^a. Yomara Pinheiro Pires
Orientador FACOMP/CCAST/UFPA


Documento assinado digitalmente
 **THAINA DO NASCIMENTO**
Data: 02/10/2025 15:10:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Ma. Thainá do Nascimento
Co-Orientador PPGEduMat/INMA/UFMS

Documento assinado digitalmente
 **IGOR RUIZ GOMES**
Data: 02/10/2025 17:20:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr^z. Igor Ruiz Gomes
(Avaliador Interno FACOMP/CCAST/UFPA)

Visto:

Documento assinado digitalmente
 **YOMARA PINHEIRO PIRES**
Data: 02/10/2025 18:37:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr^a. Yomara Pinheiro Pires
(Diretora da Faculdade de Computação/CCAST/UFPA)

A todos que me ensinaram a olhar além do horizonte e a enxergar o infinito. Este trabalho é o reflexo desse olhar.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus, pois sem Ele nada disso seria possível e eu não teria chegado até o presente momento.

Aos meus pais, Júlia e Gerson, pelo apoio incondicional, por todos os sacrifícios feitos ao longo da minha vida e por sempre acreditarem em mim. Vocês foram a base que me sustentou durante essa caminhada, proporcionando todas as condições necessárias para que eu pudesse me dedicar aos estudos. Não existem palavras capazes de expressar toda a minha gratidão.

Ao meu irmão, Fábio, pela presença constante em todos esses anos, pelos conselhos, pelas conversas sobre os mais variados assuntos e pelo apoio. Sem você, boa parte desse trabalho não seria possível.

Aos meus inseparáveis companheiros, Geovane Lima e Sarah Cabral, que foram fundamentais nessa jornada. Crescemos juntos, tanto pessoal quanto profissionalmente, e a amizade de vocês tornou esse percurso mais leve e especial.

Aos colegas Aridan e Karol, pelo apoio na elaboração do site da ARINO e pelo companheirismo na LinkJr. A todos os demais colegas da turma E.C. 2020, agradeço pela amizade, pela parceria e pelos momentos compartilhados. Foi incrível trilhar essa etapa ao lado de vocês.

À Ticiany Costa, pelo incentivo constante, pelas palavras de apoio nos momentos difíceis, pela escuta e pelas incontáveis horas de ligação que me ajudaram a seguir em frente. Sua presença foi essencial para a realização deste trabalho.

À minha orientadora, professora Yomara Pires, pela orientação, paciência e pela oportunidade de desenvolver e aplicar este trabalho. Suas orientações e conversas foram fundamentais para a minha evolução, proporcionando experiências valiosas tanto no âmbito acadêmico quanto fora dele, as quais contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

À minha co-orientadora e amiga, Thainá Nascimento, que me acompanha desde o início da minha trajetória acadêmica, sempre com dicas, incentivo, bom humor e disponibilidade. Sua contribuição foi indispensável para que este projeto se concretizasse.

À Universidade Federal do Pará, pela oportunidade de estudar, aprender e crescer profissionalmente.

Por fim, a todas as pessoas que, de forma direta ou indireta, contribuíram para que eu chegasse até aqui, deixo o meu mais sincero e profundo obrigada.

Resumo

Este trabalho tem como objetivo propor e avaliar uma metodologia para a aplicação da Realidade Aumentada (RA) em sala de aula, a fim de potencializar o processo de ensino-aprendizagem em diferentes níveis de escolaridade. A pesquisa parte da constatação de que, embora as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) estejam cada vez mais presentes no cotidiano escolar, muitos docentes ainda encontram dificuldades em utilizar recursos tecnológicos de forma efetiva, seja por falta de conhecimento técnico ou de metodologias acessíveis. Para superar esse desafio, foi desenvolvida e aplicada uma metodologia estruturada em três etapas: elaboração de uma sequência didática, obtenção e modelagem de objetos tridimensionais e, por fim, a hospedagem desses modelos em plataformas que permitem sua visualização em RA por meio de dispositivos móveis. A metodologia foi validada em três diferentes contextos: a 76ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), o Clube de Robótica da Escola Estadual Emygdio Campos Widal (MS) e a 3ª Feira de Tecnologia Educacional de Marituba (PA). Os resultados, coletados a partir de formulários aplicados a alunos e docentes, apontaram ganhos significativos de engajamento, compreensão dos conteúdos e satisfação com o uso da RA como ferramenta pedagógica. Conclui-se que a metodologia proposta representa uma alternativa viável e eficaz para auxiliar professores na inserção da realidade aumentada em sala de aula, promovendo aprendizagens mais interativas, dinâmicas e significativas.

Palavras-chaves: Realidade Aumentada. Educação. Metodologia de Ensino. Tecnologias Digitais. Robótica Educacional.

Abstract

This work aims to propose and evaluate a methodology for applying Augmented Reality (AR) in the classroom in order to enhance the teaching and learning process at different educational levels. The research starts from the observation that, although Digital Information and Communication Technologies (DICTs) are increasingly present in the school environment, many teachers still face difficulties in effectively using technological resources, either due to lack of technical knowledge or accessible methodologies. To address this challenge, a methodology was developed and applied, structured in three stages: design of a didactic sequence, acquisition and modeling of three-dimensional objects, and finally, hosting these models on platforms that allow their visualization in AR through mobile devices. The methodology was validated in three different contexts: the 76th Annual Meeting of the Brazilian Society for the Advancement of Science (SBPC), the Robotics Club at the Emygdio Campos Widal State School (MS), and the 3rd Educational Technology Fair of Marituba (PA). The results, collected through questionnaires applied to students and teachers, indicated significant gains in engagement, content comprehension, and satisfaction with the use of AR as a pedagogical tool. It is concluded that the proposed methodology represents a feasible and effective alternative to support teachers in integrating augmented reality into the classroom, promoting more interactive, dynamic, and meaningful learning experiences.

Keywords: Augmented Reality. Education. Teaching Methodology. Digital Technologies. Educational Robotics.

Lista de Figuras

Figura 1 – Representação do Continuum realidade-virtualidade	5
Figura 2 – Fluxograma da metodologia com RA	14
Figura 3 – Exemplo de pesquisa no repositório online Sketchfab	17
Figura 4 – Exemplo de modelagem no Blender	18
Figura 5 – Servomotor - SG90	23
Figura 6 – Sensor ultrassônico - HC-SR04	23
Figura 7 – Placa Uno R3	23
Figura 8 – Projeto sonar com arduino	24
Figura 9 – Fotogrametria do sensor ultrassônico	25
Figura 10 – Fotogrametria do sensor ultrassônico no Blender	25
Figura 11 – Componente modelado no Blender	26
Figura 12 – Componente texturizado no Blender	27
Figura 13 – Componente com animação no Blender	27
Figura 14 – Projeto na plataforma Assemblr	28
Figura 15 – Controladora, componentes e sensores do kit utilizados no clube	30
Figura 16 – Fotogrametria do Mathtwo	31
Figura 17 – Modelo Físico do Mathtwo com o modelo em realidade aumentada	33
Figura 18 – Alunos manipulando modelo do Mathtwo em realidade aumentada	34
Figura 19 – Modelo Físico do robô Otto com o modelo em realidade aumentada	37
Figura 20 – Nível de escolaridade dos participantes	39
Figura 21 – Distribuição das instituições de ensino	39
Figura 22 – Nível de conhecimento prévio sobre robótica	40
Figura 23 – Nível de conhecimento prévio sobre RA	41
Figura 24 – Contribuição da RA para a compreensão do funcionamento dos componentes	42
Figura 25 – Eficácia do uso da RA para ensino de robótica	43
Figura 26 – Recomendação da ferramenta para outras pessoas	44
Figura 27 – Nível de conhecimento prévio de Arduino	45
Figura 28 – Nível de conhecimento prévio sobre RA	45
Figura 29 – Nível de satisfação da aula usando robótica aumentada	46
Figura 30 – Nível de contribuição para compreensão dos componentes usados em sala	47
Figura 31 – Nível de eficácia da robótica aumentada para o ensino de robótica	47
Figura 32 – Recomendação da robótica aumentada para outras pessoas	48

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Resumo dos Trabalhos Correlatos	12
Tabela 2 – Estrutura do Formulário de Avaliação da Ferramenta de RA	19
Tabela 3 – Estrutura do Formulário de Avaliação da Experiência do Aluno	20
Tabela 4 – Estrutura do Formulário de Avaliação da Aplicação pelo Educador	21
Tabela 5 – Usabilidade da plataforma.	49
Tabela 6 – Percepção do aprendizado.	50

Lista de abreviaturas e siglas

RV	Realidade Virtual
RA	Realidade Aumentada
RM	Realidade Mista
TDICs	Tecnologias Digitais da Informação
SD	Sequência Didática
3D	Tridimensional
LED	Light Emitting Diode (Diodo Emissor de Luz)

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Contextualização	1
1.2	Justificativa	2
1.3	Objetivos	2
1.3.1	Geral	2
1.3.2	Específicos	2
1.4	Organização do Trabalho	3
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
2.1	Ambientes Imersivos e suas Tecnologias	4
2.2	Fundamentos Técnicos da Realidade Aumentada	6
2.3	Realidade Aumentada na educação	7
2.4	Considerações finais sobre este capítulo	8
3	TRABALHOS CORRELATOS	10
3.1	Considerações Iniciais	10
3.2	Levantamento do Estado da Arte	10
3.3	Considerações finais sobre este capítulo	12
4	MATERIAIS E MÉTODOS	14
4.1	Considerações Iniciais	14
4.2	Metodologia	14
4.2.1	Elaboração do modelo de sequencia didática	15
4.2.2	Obtenção do modelo	15
4.2.3	Hospedagem do modelo	18
4.3	Formulários	18
4.4	Considerações finais sobre este capítulo	21
5	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	22
5.1	Momento 1: SBPC - Belém(PA)	22
5.1.1	Aplicação da etapa de elaboração do modelo de sequencia didática	22
5.1.2	Aplicação da etapa de obtenção do modelo	24
5.1.2.1	Aplicação da etapa de fotogrametria	24
5.1.2.2	Aplicação da etapa de modelagem	26
5.1.3	Aplicação da etapa de hospedagem dos modelos	28
5.1.4	Aplicação da etapa de criação do site	28

5.1.5	Exposição no evento	29
5.2	Momento 2: Clube de Robótica	29
5.2.1	Aplicação da etapa de elaboração do modelo de sequência didática	30
5.2.2	Aplicação da etapa de obtenção do modelo	31
5.2.2.1	Aplicação da etapa de fotogrametria	31
5.2.2.2	Aplicação da etapa de modelagem	32
5.2.3	Aplicação da etapa de hospedagem do modelo	33
5.2.4	Exposição em sala de aula	33
5.3	Momento 3: FETEDMA - MARITUBA(PA)	35
5.3.1	Aplicação da etapa de elaboração do modelo de sequência didática	35
5.3.2	Aplicação da etapa de obtenção do modelo	35
5.3.3	Aplicação da etapa de hospedagem do modelo	36
5.3.4	Exposição no evento	36
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
6.1	SBPC	38
6.1.1	Perfil dos respondentes	38
6.1.2	Conhecimento prévio	40
6.1.3	Avaliação da ferramenta	41
6.2	Clube de robótica	44
6.2.1	Avaliação com alunos	45
6.2.2	Avaliação com docente	48
7	CONCLUSÕES	52
7.1	Limitações e Dificuldades Encontradas	52
7.2	Trabalhos Futuros	53
	Referências	55

1 Introdução

O presente capítulo tem como finalidade apresentar a fundamentação do estudo, introduzindo o leitor ao tema e à sua estrutura. A primeira seção, a Contextualização, traça um panorama geral da área de pesquisa, destacando a importância do tema no contexto contemporâneo. A seção seguinte, a Justificativa, aprofunda-se nas motivações e nos desafios que originaram esta pesquisa, articulando o problema central e a lacuna na literatura que este trabalho visa suprir. Na sequência, são definidos os Objetivos, geral e específicos, que estabelecem as metas e direcionam o escopo da investigação. Finalmente, é apresentada a Estrutura do Trabalho, que descreve a organização dos capítulos subsequentes, a fim de guiar o leitor e facilitar a compreensão da progressão lógica da pesquisa.

1.1 Contextualização

A inserção de tecnologias digitais no ambiente escolar tem se tornado uma constante, transformando práticas pedagógicas e permitindo aos professores a criação de espaços de ensino mais interativos e dinâmicos (Silva; Bilessimo; Machado, 2021). Essa evolução na busca por novas metodologias de ensino, apoiadas pelas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs), viabilizou a implementação de ambientes imersivos no contexto educacional, abrindo novas fronteiras para a interação com o conteúdo.

Diante da crescente imersão dos estudantes em ambientes e mídias digitais, torna-se necessário que os docentes adotem ferramentas pedagógicas alinhadas a essa nova realidade, que possam contribuir significativamente para o processo de aprendizagem. Nesse sentido, a pesquisa de (Lobo; Barwaldt, 2022) demonstra o grande potencial das tecnologias imersivas para o engajamento discente, destacando que a inclusão de elementos virtuais no processo educativo promove um aumento notável na motivação dos estudantes.

Entre as tecnologias imersivas, a Realidade Aumentada (RA) surge como uma ferramenta particularmente promissora. Sua capacidade de sobrepor elementos virtuais ao mundo real enriquece a percepção do ambiente e transforma a maneira como o conhecimento é assimilado. Conforme elucidam (Meroto *et al.*, 2024), a aplicação da RA em contextos educacionais não apenas facilita a compreensão de conceitos abstratos e complexos, mas também proporciona experiências de aprendizagem marcadamente interativas e imersivas.

Apesar do seu reconhecido potencial, a adoção da RA por educadores ainda enfrenta barreiras significativas. Em seu trabalho, (Rezende *et al.*, 2021) aponta que, embora a tecnologia esteja cada vez mais presente no cotidiano, é crucial promover meios para que os professores a incorporem em suas práticas pedagógicas, visto que muitos não detêm o

conhecimento técnico necessário para sua implementação. Essa lacuna é agravada pela escassez de trabalhos que apresentem metodologias claras e acessíveis para a aplicação da RA em sala de aula.

Este trabalho propõe o desenvolvimento e a validação de uma metodologia para a aplicação da RA no contexto educacional. O objetivo é facilitar sua integração ao planejamento didático dos professores, tornando o processo de ensino-aprendizagem mais interativo e engajador para os alunos.

1.2 Justificativa

Apesar do potencial da RA no contexto educacional, sua adoção ainda enfrenta desafios significativos. (Lima *et al.*, 2025) destaca a falta de infraestrutura adequada, o custo elevado dos dispositivos e a necessidade de treinamento especializado para os professores como barreiras que dificultam a implementação generalizada de tecnologias imersivas nas escolas. Essa visão é corroborada pela observação de que, além das dificuldades técnicas, a falta de conhecimento técnico por parte dos docentes e a necessidade de metodologias acessíveis e eficazes também representam obstáculos. Assim, embora os benefícios da RA sejam evidentes, é necessário superar essas barreiras para garantir sua disseminação no ambiente educacional.

Neste cenário, a presente pesquisa visa o desenvolvimento de uma metodologia que auxilie docentes na criação e aplicação de modelos de RA em sala de aula, visando otimizar o processo de ensino-aprendizagem. Para isso, busca-se investigar o estado da arte sobre o uso de realidade aumentada na educação, desenvolver protótipos de modelos para diferentes disciplinas e avaliar sua eficácia por meio de testes práticos com professores e alunos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Essa pesquisa tem por objetivo o desenvolvimento de uma metodologia que permita aos docentes criar e implementar modelos de realidade aumentada em sala de aula, considerando diferentes contextos de ensino.

1.3.2 Específicos

- (a) Investigar o estado da arte sobre o uso da realidade aumentada na educação;

- (b) Desenvolver protótipos de modelos de realidade aumentada para diferentes disciplinas e contextos educacionais;
- (c) Testar e avaliar a eficácia da metodologia proposta com professores e alunos;
- (d) Analisar e discutir os desafios e limitações da aplicação dos modelos de realidade aumentada em sala de aula.

1.4 Organização do Trabalho

Este trabalho está estruturado da seguinte forma:

Capítulo 1: Apresenta uma introdução sobre realidade aumentada aplicada à educação e a importância da sua implementação, justificando a relevância desta pesquisa. Ademais, expõe os objetivos da investigação e destaca sua importância.

Capítulo 2: Fornecer uma revisão bibliográfica dos conceitos fundamentais e técnicas relacionadas a ambientes imersivos e realidade aumentada.

Capítulo 3: Apresenta estudos correlatos que fundamentaram a elaboração deste trabalho, detalhando suas contribuições e limitações.

Capítulo 4: Explica a metodologia aplicada, detalhando as etapas para a aplicação da metodologia desenvolvida.

Capítulo 5: Apresenta os três momentos em que foi aplicada a metodologia desenvolvida e detalha como foram realizadas.

Capítulo 6: Descreve os resultados obtidos através das aplicações realizadas e a eficácia das estratégias testadas, discutindo os impactos no processo de ensino-aprendizagem do professor e aluno.

Capítulo 7: Apresenta as considerações finais do trabalho, os principais desafios encontrados e sugestões para futuras pesquisas e aprimoramento da metodologia proposta.

2 Fundamentação Teórica

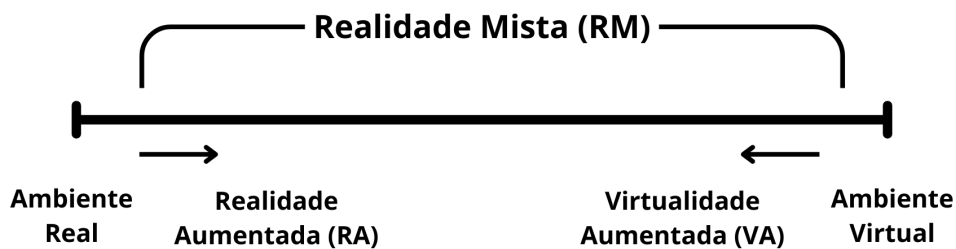
Esta seção apresenta a fundamentação teórica que serve de base para o presente trabalho. Inicialmente, analisa-se o conceito de Ambientes Imersivos, diferenciando as principais tecnologias que os compõem, como a Realidade Virtual (RV), a Realidade Mista (RM) e a Realidade Aumentada (RA), este último como foco do trabalho. Adicionalmente, explora-se o conceito de Robótica Aumentada como uma aplicação interdisciplinar relevante. Em seguida, o texto aprofunda-se nos fundamentos técnicos que viabilizam as aplicações de RA e culmina em uma discussão sobre seu potencial pedagógico e seus usos práticos no contexto educacional. O objetivo desta revisão é construir um alicerce conceitual para contextualizar a metodologia e a análise dos resultados que serão apresentados nos capítulos seguintes.

2.1 Ambientes Imersivos e suas Tecnologias

A concepção de Ambientes Imersivos descreve sistemas nos quais a fronteira entre o mundo real e o virtual é atenuada. Esses ambientes modificam a percepção do usuário ao fornecer estímulos consistentes aos seus canais sensoriais, como a visão e a audição, com o objetivo de gerar uma sensação de presença dentro do ambiente digital. O grau de imersão pode variar significativamente, dependendo da capacidade do sistema de envolver múltiplos sentidos e de responder de forma coerente às ações do usuário (Morgado, 2022).

Para organizar a relação entre os ambientes real e virtual, (Milgram; Kishino, 1994) introduziram o conceito de Continuum Realidade-Virtualidade. Essa estrutura, ilustrada na Figura 1, posiciona o ambiente puramente real e o ambiente puramente virtual em extremos opostos de um espectro. O espaço intermediário, que abrange qualquer combinação de elementos reais e virtuais, é genericamente classificado como Realidade Mista. Dentro da RM, a RA se localiza mais próxima do extremo real, enquanto a VA se aproxima do extremo virtual. Embora o modelo original tenha um foco primário em exibições visuais, ele permanece como uma referência fundamental para classificar e compreender as tecnologias imersivas com base na forma como mesclam objetos do mundo real e virtual.

Figura 1 – Representação do Continuum realidade-virtualidade



Fonte: Adaptado de (Milgram; Kishino, 1994)

A RV é uma tecnologia focada na imersão completa do usuário em um ambiente digital interativo. Segundo (Tori; Hounsell, 2020), a RV se baseia em ambientes artificiais projetados para serem percebidos como reais pelo usuário. Essa sensação de presença é construída a partir de estímulos sensoriais consistentes, primariamente visuais, mas que podem ser enriquecidos com elementos auditivos e táteis. Para seu funcionamento, a tecnologia depende de dispositivos específicos, como óculos de RV, que isolam o usuário do ambiente físico, e periféricos que permitem a interação com os objetos virtuais.

Para uma compreensão clara da RA, é fundamental distingui-la da RV. Embora ambas as tecnologias envolvam a interação com objetos digitais, elas diferem em aspectos cruciais, como a forma de exibição, os dispositivos de entrada e a integração de dados (Carr *et al.*, 2023). A realidade aumentada, conforme elucidado por (Calazans *et al.*, 2016), utiliza marcadores e webcams para sobrepor elementos virtuais ao mundo real em tempo real, comumente visualizados em telas de monitores e dispositivos móveis. Em contraste, a realidade virtual, conforme descrita por (Sousa *et al.*, 2020), é uma tecnologia imersiva que exige o uso de óculos de realidade virtual e configurações de sala com sensores específicos, permitindo a exploração e interação com objetos 3D em ambientes completamente virtuais.

A RM, por sua vez, está situada entre a RV e a RA, considerando o aspecto de imersão. Essa tecnologia permite que não somente objetos virtuais sejam sobrepostos ao mundo real, mas também possui a capacidade de interagir com ele, convertendo a manipulação de objetos físicos em ações com consequências diretas no ambiente virtual (Ferreira, 2020).

A realidade aumentada, tecnologia em constante evolução, tem suas raízes em conceitos estabelecidos há décadas. A definição clássica de (Azuma, 1997) descreve a realidade aumentada como um sistema que sobrepõe objetos 3D virtuais, gerados por computador, ao ambiente real, criando a ilusão de coexistência em tempo real. Apesar do avanço tecnológico, essa definição seminal permanece relevante, capturando a essência da realidade aumentada como uma ferramenta que enriquece o ambiente real com informações digitais, proporcionando uma experiência imersiva.

A principal distinção da RA em relação à RV reside na forma como o usuário interage com o ambiente digital. Em vez de imergir o indivíduo em um ambiente completamente virtual, a RA enriquece o mundo real ao sobrepor elementos digitais a ele. Conforme aponta (Tori; Hounsell, 2020), essa abordagem tem como objetivo trazer o conteúdo digital para o espaço físico do usuário, promovendo uma interação mais intuitiva e que, frequentemente, dispensa treinamentos complexos.

Derivada da aplicação da RA em campos da engenharia, a Robótica Aumentada emerge da interação entre sistemas robóticos físicos e ambientes de RA. (Viana; Ribeiro; Figueiredo, 2021) definem o conceito como a fusão entre a robótica tradicional e a RA, permitindo uma comunicação e interação direta entre os componentes reais e virtuais. No contexto educacional, a sinergia dessas tecnologias é particularmente promissora, pois possibilita a visualização de conceitos abstratos de eletrônica e robótica de forma concreta, facilitando a compreensão e a experimentação por parte dos alunos.

2.2 Fundamentos Técnicos da Realidade Aumentada

O funcionamento de um sistema de RA é tipicamente estruturado em um ciclo de três etapas contínuas.

1. **Percepção do Ambiente:** A primeira etapa consiste na aquisição de dados do mundo real. Sensores, primariamente câmeras, capturam um fluxo de vídeo e informações sobre a orientação e posição do dispositivo.
2. **Processamento e Rastreamento:** Os dados capturados são processados para compreender a cena e estabelecer um ponto de referência (âncora). O sistema rastreia continuamente a localização e a perspectiva do dispositivo em relação a essa âncora, garantindo que o objeto virtual permaneça estável e corretamente posicionado.
3. **Renderização e Sobreposição:** Na etapa final, o conteúdo virtual é renderizado e sobreposto à imagem do mundo real na tela do dispositivo. Essa renderização é constantemente atualizada com base nos dados de rastreamento para criar uma experiência coesa e interativa.

A eficácia da RA depende diretamente da sua capacidade de rastrear o ambiente e ancorar objetos virtuais. As metodologias para realizar essa tarefa se dividem em duas categorias principais (Syed *et al.*, 2023).

- **RA Baseada em Marcadores (*Marker-based*):** Esta abordagem utiliza marcadores visuais predefinidos, como QR codes ou imagens-alvo, para calcular a posição e a orientação da câmera. O objeto virtual é, então, ancorado sobre esse marcador.
- **RA Não Baseada em Marcadores (*Markerless*):** Esta abordagem dispensa o uso de marcadores e utiliza algoritmos para analisar o ambiente em tempo real. As técnicas mais proeminentes incluem:
 - **Baseada em Localização:** Utiliza dados de sensores como GPS, bússola e acelerômetro para sobrepor conteúdo virtual em coordenadas geográficas específicas.
 - **Mapeamento e Localização Simultâneos (SLAM):** Constrói um mapa 3D do entorno enquanto localiza o dispositivo dentro desse mapa. Essa técnica permite que o sistema reconheça superfícies planas (como mesas e pisos) e fixe objetos virtuais a elas de forma robusta e contextualizada.

A interação com sistemas de RA é mediada por dispositivos de hardware específicos, que evoluíram para atender a diferentes necessidades de uso (Zilak; Car; Culjak, 2022).

- **Dispositivos Móveis (Smartphones e Tablets):** Representam a forma mais acessível e difundida de RA, pois integram câmera, processador e tela em um único aparelho portátil.
- **Óculos de RA (*AR Glasses*):** São dispositivos vestíveis que projetam o conteúdo digital diretamente no campo de visão do usuário. Ao permitir uma experiência de "mãos livres", são ideais para aplicações profissionais e imersivas.

A escolha da abordagem de rastreamento e do dispositivo de exibição impacta diretamente o desenvolvimento e a aplicação de soluções de RA, sendo crucial para o planejamento de intervenções educacionais.

2.3 Realidade Aumentada na educação

No âmbito educacional, a RA demonstra um potencial significativo como ferramenta pedagógica, oferecendo benefícios substanciais para o aprendizado dos alunos. (Teles; Zucolotto; Ghisleni, 2019) destacam a capacidade da realidade aumentada em motivar o

aprendizado, aumentar o engajamento em sala de aula e proporcionar um ensino personalizado. A elaboração de modelos próprios, por exemplo, pode auxiliar na compreensão dos materiais didáticos, evidenciando os múltiplos benefícios da realidade aumentada para o ensino e a aprendizagem.

A aplicação da RA no contexto educacional encontra forte embasamento na teoria do Construcionismo, desenvolvida por (Papert, 1980). Esta abordagem defende que a aprendizagem é potencializada quando o aluno está ativamente engajado na construção de artefatos, sejam eles físicos ou digitais. Conforme discute (Brochado; Carvalho, 2021), a interação entre o sujeito e o objeto de estudo é fundamental nesse processo, pois promove a construção do conhecimento através da experimentação, da identificação de erros e da busca por soluções.

Nesse sentido, a RA se alinha diretamente aos princípios construcionistas. Ao permitir que o aluno manipule, explore e interaja com objetos virtuais como se fossem artefatos concretos em seu próprio ambiente, a tecnologia transforma o aprendizado em uma atividade de construção. O estudante deixa de ser um mero receptor de informações para se tornar um agente ativo, que constrói seu próprio entendimento ao interagir com o conteúdo digital de forma significativa.

A capacidade da realidade aumentada de integrar informações e objetos ao ambiente físico possibilita sua aplicação em diversas áreas do conhecimento. (Caldeira *et al.*, 2024) evidencia resultados promissores da realidade aumentada em áreas como ciências, matemática, história, estudos sociais, educação inclusiva, medicina, engenharia e arquitetura. Essa versatilidade demonstra o potencial da realidade aumentada em impactar positivamente os estudantes, auxiliando na compreensão de conceitos complexos em diferentes disciplinas.

A RA possui um potencial significativo para impulsionar a aprendizagem em diversos níveis de conhecimento. (Santana *et al.*, 2020) demonstram essa capacidade ao destacar a utilização da RA na medicina, onde ela proporciona maior precisão, segurança e eficácia em cirurgias e outros procedimentos clínicos. Especificamente, a RA facilita a compreensão de conceitos complexos, permitindo simulações de cirurgias em ambientes controlados, o que contribui para o desenvolvimento de habilidades profissionais e técnicas, minimizando erros. A abrangência da RA permite sua adaptação a diferentes variáveis, como ambientes de aprendizagem, tipos de aplicações e faixas etárias de alunos.

2.4 Considerações finais sobre este capítulo

A fundamentação teórica desenvolvida neste capítulo permitiu estabelecer um panorama abrangente das tecnologias imersivas, situando a realidade aumentada como foco central deste trabalho. Ao diferenciar a realidade aumentada da realidade virtual e da realidade mista, observou-se que a realidade aumentada se destaca por integrar elementos

digitais ao ambiente físico, ampliando as possibilidades de interação do usuário sem romper com sua percepção do mundo real.

No contexto educacional, destacou-se o alinhamento da realidade aumentada a perspectivas pedagógicas que valorizam a aprendizagem ativa, oferecendo recursos que favorecem o engajamento, a motivação e a compreensão de conceitos abstratos. Essa característica evidencia o potencial da tecnologia em apoiar práticas de ensino em diferentes áreas do conhecimento, consolidando-se como uma ferramenta interdisciplinar e inovadora.

Portanto, este capítulo organizou os conceitos que sustentam a pesquisa e reforçou o papel da realidade aumentada como recurso pedagógico relevante. Esses elementos constituem o suporte teórico necessário para a definição da metodologia e para a análise dos resultados que serão apresentados nos próximos capítulos.

3 Trabalhos Correlatos

3.1 Considerações Iniciais

Este capítulo apresenta um panorama dos principais estudos sobre a utilização da realidade aumentada no contexto educacional brasileiro. As pesquisas iniciais concentraram-se em verificar os benefícios da realidade aumentada no processo de ensino-aprendizagem, avaliando principalmente critérios como o engajamento e a retenção da atenção dos alunos. Deste modo, este capítulo analisará estudos sobre a temática, com o objetivo de fornecer uma base teórica para contextualizar a presente pesquisa e identificar lacunas na literatura que possam ser abordadas em futuras investigações.

3.2 Levantamento do Estado da Arte

O levantamento bibliográfico deste trabalho foi realizado a partir de pesquisas em bases de dados acadêmicas e repositórios científicos, como Google Acadêmico, Scielo e portais de universidades. Foram selecionados trabalhos publicados a partir de 2020, cuja temática central fosse a aplicação da realidade aumentada no contexto educacional do Brasil.

Para uma análise detalhada, foram escolhidos três trabalhos que demonstram grande similaridade com a temática e a metodologia desenvolvida nesta pesquisa.

O estudo de (Neinas, 2020) realiza uma análise sistemática de três trabalhos sobre a aplicação da realidade aumentada no ensino da matemática. São apresentadas diferentes ferramentas para a aplicação da metodologia, todas específicas para essa área do conhecimento. Entre as dificuldades identificadas pela autora, destaca-se a falta de encorajamento do corpo docente para adotar ferramentas tecnológicas, uma vez que a ausência de domínio sobre seu uso gera insegurança frente aos alunos.

A pesquisa de (Macêdo *et al.*, 2022) analisa quatro trabalhos sobre a aplicação da realidade aumentada na educação básica no Brasil, listando o uso de ferramentas como AppiRAmide¹, GeoTransform3D², LAYAR³ e Unity⁴. O estudo organiza os artigos por áreas do conhecimento: Linguagens e Códigos, Matemática e suas Tecnologias, Ciências Humanas e Ciências da Natureza, ressaltando a ausência de trabalhos na primeira área. Os autores destacam que a adoção da realidade aumentada em contextos educacionais

¹ <https://www.seer.ufrgs.br/renote/article/view/70688>

² <https://publicacoes.unigranrio.edu.br/recm/article/view/4413>

³ <https://scarfedigitalsandbox.teach.educ.ubc.ca/layar-augmented-reality-platform/>

⁴ <https://unity.com/pt>

representa um importante mecanismo para a prática educativa, ampliando as possibilidades de estratégias de ensino-aprendizagem.

O trabalho de (Borborema; Maurício, 2024) discute o uso da realidade aumentada como ferramenta pedagógica para professores dos anos iniciais do ensino fundamental. A pesquisa, realizada com docentes participantes de uma oficina de formação, apontou que um dos principais motivos para a baixa adesão da realidade aumentada no cotidiano escolar está ligado à falta de conhecimento sobre tecnologias adequadas e à dificuldade de aplicar a tecnologia em certas áreas. Adicionalmente, foi citada a falta de confiança dos docentes no uso da tecnologia devido ao pouco conhecimento sobre o tema.

A análise dos trabalhos selecionados revela um panorama consistente, que evidencia os benefícios pedagógicos da RA e, ao mesmo tempo, os desafios recorrentes ligados à capacitação docente. Para sintetizar os pontos-chave discutidos e oferecer uma visão comparativa das contribuições de cada pesquisa, a Tabela 1 apresenta um resumo de seus objetivos, lacunas e principais resultados.

Tabela 1 – Resumo dos Trabalhos Correlatos

Referência	Objetivos	Lacunas	Resultados
(Neinas, 2020)	Investigar a utilização da realidade aumentada aplicado ao ensino de sólidos geométricos no ensino básico.	falta de encorajamento e a insegurança dos professores em utilizar as Tecnologias da Informação (TI) por não dominarem seu uso.	Análise de trabalhos relacionados mostrou que a aplicação da RA no ensino de geometria pode melhorar em mais de 80% a compreensão do conteúdo pelos alunos.
(Macêdo <i>et al.</i> , 2022)	Identificar aplicações de realidade aumentada no contexto da Educação Básica no Brasil através de um mapeamento sistemático de literatura.	Limitação na quantidade de estudos sobre a adoção de realidade aumentada na educação básica brasileira.	A adoção da realidade aumentada em ambientes educacionais representa um importante mecanismo de prática educativa que amplia as possibilidades de estratégias de ensino e aprendizagem.
(Borborema; Maurício, 2024)	Contribuir para o desenvolvimento da competência digital de docentes dos anos iniciais, fomentando o uso da realidade aumentada como recurso pedagógico.	Falta de conhecimento por parte dos docentes sobre tecnologia de realidade aumentada.	Percepções positivas sobre a realidade aumentada por parte dos docentes.

Fonte: Autora, 2025.

3.3 Considerações finais sobre este capítulo

Os trabalhos analisados destacam os desafios para a aplicação da realidade aumentada no contexto educacional. A partir das limitações observadas, é possível identificar lacunas significativas que demandam aprimoramento para uma implementação consistente da realidade aumentada na educação.

Os estudos apontaram limitações relacionadas à falta de conhecimento técnico e de incentivo aos docentes para adotarem novas tecnologias. Para superar esses desafios, este trabalho foca no desenvolvimento de uma metodologia de aplicação acessível, que não exige conhecimento avançado em tecnologia, tornando-se viável para profissionais de

diferentes áreas.

Portanto, esta seção se dedicou à análise dos trabalhos correlatos que fundamentaram esta pesquisa. A próxima seção expõe detalhadamente a metodologia empregada neste estudo, abordando as etapas de aplicação e buscando contribuir para o avanço do uso da realidade aumentada no campo da educação.

4 Materiais e Métodos

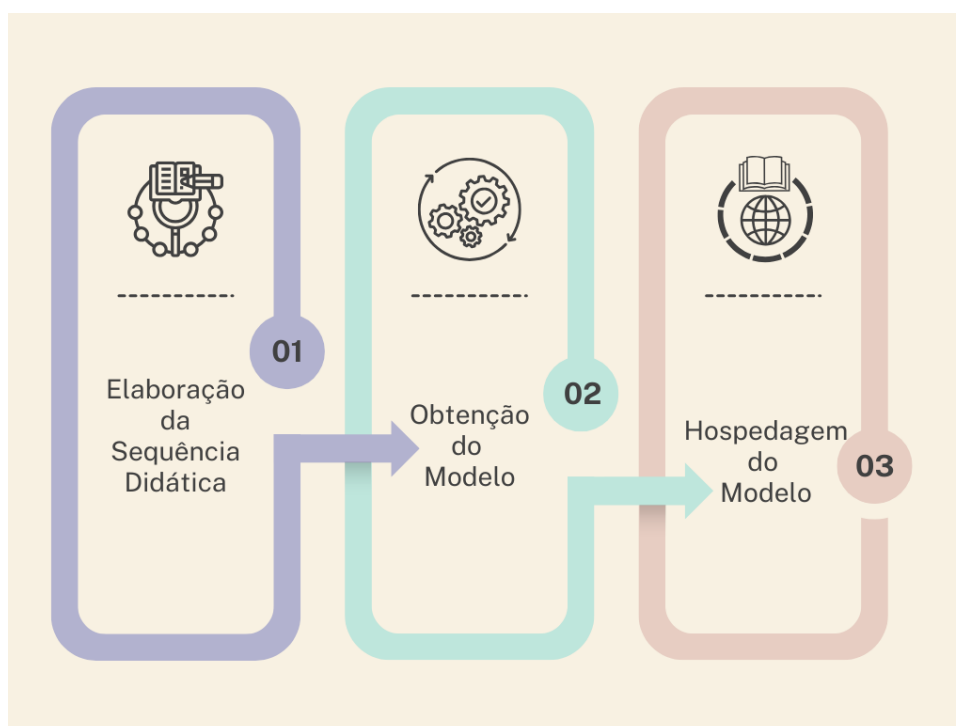
4.1 Considerações Iniciais

Esta seção detalha os procedimentos metodológicos adotados no presente estudo. O processo foi organizado em etapas sequenciais, iniciando pela elaboração da sequência didática. Subsequentemente, são descritos os métodos para a obtenção do modelo 3D e os aspectos técnicos envolvidos na sua hospedagem em uma plataforma online. Por fim, apresenta-se a construção do instrumento de coleta de dados, que consistiu na elaboração de formulários para avaliação da metodologia.

4.2 Metodologia

Para este trabalho, foi desenvolvida uma metodologia que permite a aplicação de realidade aumentada em sala de aula por meio de dispositivos móveis. A qual ficou dividida em três etapas principais: elaboração do conteúdo da sequência didática, obtenção do modelo e, hospedagem do modelo. A figura 2 abaixo mostra a sequência das etapas da metodologia:

Figura 2 – Fluxograma da metodologia com RA.



Fonte: Autora, 2025.

A metodologia de desenvolvimento foi aplicada em três momentos distintos, com diferentes públicos-alvo. A primeira aplicação ocorreu durante a 76ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), realizada na Universidade Federal do Pará(UFPA) em Belém-PA em 9 de julho de 2024, direcionada principalmente a estudantes de nível superior. A segunda foi realizada no Clube de Robótica da Escola Estadual Emygdio Campos Widal, em Campo Grande-MS, em parceria com a Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), com foco em alunos do ensino médio. A terceira aplicação aconteceu na 3ª edição da Feira de Tecnologia Educacional de Marituba (FETEDMA), entre 27 e 29 de novembro de 2024, abrangendo alunos do 6º ao 9º ano do ensino fundamental de mais de 25 escolas públicas do município de Marituba-PA.

4.2.1 Elaboração do modelo de sequencia didática

Nesta etapa inicial, a elaboração da sequência didática para a aplicação da metodologia envolve a definição de elementos cruciais: os objetivos de aprendizagem, que especificam o conhecimento e as habilidades a serem desenvolvidas pelos alunos; a seleção do conteúdo e do tema a serem explorados com a RA, considerando os aspectos da aprendizagem que podem ser potencializados por essa tecnologia; e a escolha dos modelos 3D que serão integrados à atividade.

4.2.2 Obtenção do modelo

Nesta etapa, escolhe-se o método para obter os modelos 3D selecionados na etapa anterior, além do software ou plataforma. Com isso, têm-se duas opções: a primeira não exige conhecimento prévio sobre modelagem, sendo a mais indicada para pessoas com pouca ou nenhuma experiência acerca do assunto; já a segunda exige conhecimento prévio sobre ferramentas de modelagem, sendo indicada para pessoas com experiência ou entusiastas. Além disso, devemos considerar também se a obtenção do modelo será em repositórios online ou se através da modelagem 3D, conforme descrito a seguir:

- **Repositório online:** Esta opção consiste na pesquisa de modelos 3D prontos, já existentes em repositórios online. Sendo uma opção que exige tempo para a procura de um modelo mais semelhante ao desejado, além de o formato do arquivo precisar ser compatível com a plataforma de hospedagem escolhida. Alguns exemplos de repositórios online:
 - **Sketchfab:** Plataforma com vasta quantidade de modelos 3D das mais diversas áreas.
 - **GrabCAD Community:** Plataforma focada em modelos funcionais e peças para projetos de engenharia.

- **Autodesk Community Gallery:** Uma biblioteca online com milhões de modelos 3D gratuitos para download.
- **TinkerCAD Thing:** Esta plataforma, oferece uma coleção de modelos educacionais criados pelos usuários, além de recursos para professores e alunos.

Dentre as principais vantagens da utilização desse modo de obtenção estão: a não necessidade de capacitação do docente, podendo ser feito por qualquer pessoa sem conhecimento em modelagem 3D; a velocidade de obtenção, pois o processo de pesquisa dos modelos é mais rápido que o processo de modelagem; a grande variedade de modelos disponíveis.

Já entre as desvantagens, pode-se destacar: limitação de personalização, onde o modelo pode não atender exatamente às necessidades; licenças de direitos autorais, os modelos podem apresentar limitação de uso de acordo com o projeto a ser utilizado; problemas de compatibilidade, pode haver problemas de compatibilidade com a plataforma de hospedagem, caso o tipo de arquivo do modelo seja diferente do aceito pela plataforma.

- **Modelagem:** A modelagem consiste na construção do modelo 3D desejado, iniciando com a fotogrametria, técnica que permite obter uma visão 360° do objeto por meio da captura de imagens. Subsequentemente, realiza-se a modelagem propriamente dita no software definido inicialmente, compreendendo a construção da forma do objeto 3D, a texturização para aplicar cores e texturas aos seus materiais, e a animação do modelo, caso necessário, para adicionar movimento. Finalmente, o modelo deve ser exportado em um formato de arquivo compatível com a plataforma de hospedagem. Essa opção requer conhecimento prévio em modelagem 3D para sua execução, mas possibilita a criação de um objeto 3D conforme as especificações desejadas. Alguns softwares e sites que podem ser utilizados nesta fase incluem:
 - **Blender:** Software de modelagem 3D profissional, gratuito e de código aberto. Apresenta curva de aprendizado mais acentuada, mas com imenso poder e flexibilidade para projetos complexos.
 - **TinkerCAD:** Plataforma online gratuita e intuitiva para modelagem 3D. Focado em uma abordagem de construção com blocos, tornando-o ideal para iniciantes e para fins educacionais.

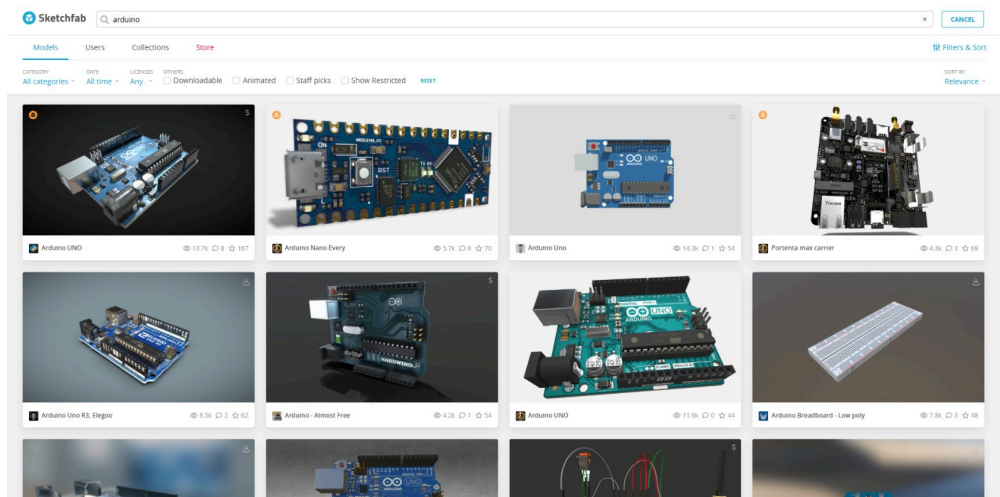
Dentre as principais vantagens da utilização desse modo de obtenção estão: personalização do modelo, onde o modelo é feito exatamente como se deseja, adaptado às necessidades do projeto; controle sobre o processo, podendo ajustar detalhes técnicos como textura, quantidade de polígonos e animações; compatibilidade com a

plataforma de hospedagem, o arquivo pode ser exportado já no formato aceito pela plataforma.

Dentre as desvantagens, destacam-se : curva de aprendizado, o processo de modelagem 3D pode ser complexo para pessoas sem experiência; tempo de produção, o processo de criação de um modelo do zero exige um tempo elevado; software apropriado para a modelagem, para a construção dos modelos é necessário softwares próprios para modelagem, onde eles exigem uma configuração mínima do computador para funcionarem.

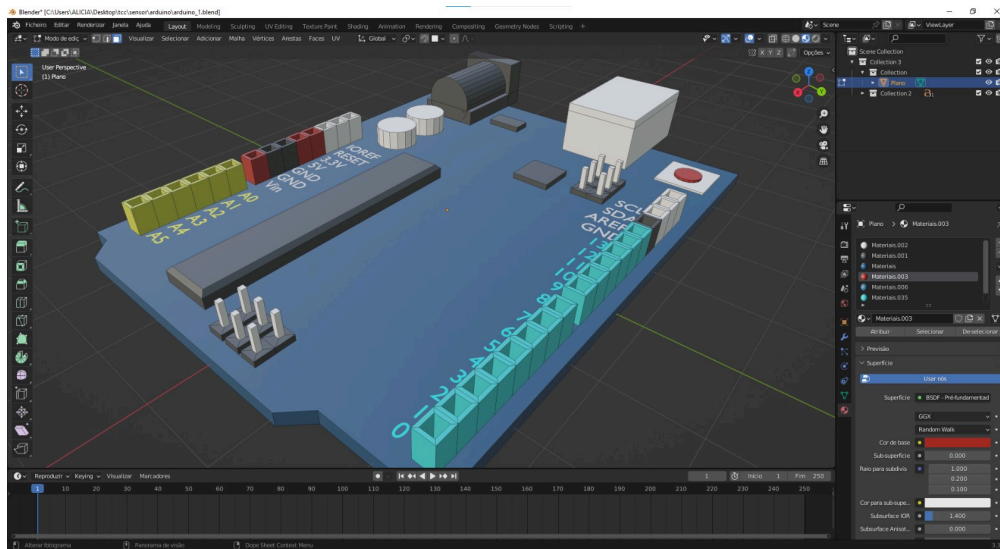
As figuras 3 e 4 a seguir exemplificam os dois tipos de obtenção do modelo: repositório online e modelagem, respectivamente.

Figura 3 – Exemplo de pesquisa no repositório online Sketchfab



Fonte: Sketchfab, 2025.

Figura 4 – Exemplo de modelagem no Blender



Fonte: Autora, 2025.

4.2.3 Hospedagem do modelo

Na última etapa, os modelos serão carregados em uma plataforma de hospedagem que permita a conversão desse modelo para a realidade aumentada. Onde cada plataforma possui características particulares, exigindo uma configuração diferente para realizar o upload do modelo e deixá-lo disponível para acesso online, podendo ser acessados de qualquer dispositivo.

Durante a elaboração e aplicação deste trabalho, foi escolhida a plataforma **Assemblr**^[1], levando em consideração critérios de desempenho e facilidade de uso da plataforma, além dos requisitos para execução nos aparelhos.

4.3 Formulários

Para a análise da eficácia da metodologia, foram aplicados formulários utilizando a escala Likert^[2], com uma escala de 1 a 5 demonstrando o grau de concordância ou discordância dos respondentes com a questão ou afirmação. Além disso, foram incluídas perguntas subjetivas para o melhor entendimento da opinião sobre a metodologia.

O primeiro instrumento, detalhado na Tabela ^[2], foi um questionário geral para avaliar a ferramenta de Realidade Aumentada AR.INO. Composto por 9 perguntas, sendo 3 subjetivas e 6 objetivas, o formulário foi estruturado para coletar dados em quatro

¹ <https://www.assemblrworld.com/>

² LIKERT, Rensis. A Technique for the Measurement of Attitudes. Archives of Psychology, n. 140, p. 1-55, 1932.

áreas principais: perfil demográfico dos participantes, conhecimento prévio em robótica e realidade aumentada, percepção sobre a ferramenta e feedback qualitativo por meio de uma questão aberta para sugestões.

Tabela 2 – Estrutura do Formulário de Avaliação da Ferramenta de RA

Pergunta	Objetivo
1. Idade	Coletar dados demográficos sobre a idade dos participantes.
2. Nível de escolaridade	Identificar o grau de formação acadêmica dos participantes.
3. Nome da instituição de ensino	Identificar a afiliação institucional dos participantes.
4. Qual o seu nível de conhecimento em Robótica antes de utilizar a ferramenta?	Avaliar o conhecimento prévio dos usuários sobre Robótica.
5. Qual o seu nível de conhecimento em Realidade Aumentada antes de utilizar a ferramenta?	Avaliar o conhecimento prévio dos usuários sobre Realidade Aumentada.
6. Em uma escala de 1 a 5, quanto a Realidade Aumentada contribuiu para a sua compreensão do funcionamento dos componentes robóticos?	Medir a percepção de utilidade da ferramenta para o aprendizado de componentes robóticos.
7. Em uma escala de 1 a 5, quanto você consideraria a Realidade Aumentada uma ferramenta eficaz para o ensino de Robótica?	Medir a percepção sobre a eficácia da Realidade Aumentada como ferramenta de ensino.
8. Em uma escala de 1 a 5, quanto você recomendaria a Realidade Aumentada para outras pessoas que desejam aprender sobre Robótica?	Avaliar a probabilidade de recomendação da ferramenta para outros aprendizes.
9. Quais sugestões você teria para melhorar a ferramenta de Realidade Aumentada com aplicação na robótica?	Coletar feedback qualitativo e sugestões para melhorias futuras.

Fonte: Autora, 2025.

O segundo instrumento, apresentado na Tabela 3, foi direcionado especificamente aos alunos para capturar suas impressões após uma aula com o modelo em robótica aumentada. Este formulário de 7 perguntas, sendo 6 objetivas e 1 subjetiva, inicia com a verificação do conhecimento prévio dos alunos em Arduino e realidade aumentada. Em seguida, utiliza uma série de questões em escala Likert para mensurar o nível de satisfação com a aula, a contribuição percebida da ferramenta para a aprendizagem, sua eficácia no contexto educacional e a probabilidade de recomendação. Ao final, reserva um espaço para sugestões de melhoria.

Tabela 3 – Estrutura do Formulário de Avaliação da Experiência do Aluno

Pergunta	Objetivo
1. Qual o seu nível de conhecimento em Arduino antes de utilizar a ferramenta?	Avaliar o conhecimento prévio dos usuários sobre Arduino.
2. Qual o seu nível de conhecimento em Realidade Aumentada antes de utilizar a ferramenta?	Avaliar o conhecimento prévio dos usuários sobre Realidade Aumentada.
3. Em uma escala de 1 a 5, quanto você gostou da aula utilizando Robótica Aumentada?	Medir o nível de satisfação geral dos alunos com a experiência.
4. Em uma escala de 1 a 5, quanto a Robótica Aumentada contribuiu para a sua compreensão do funcionamento dos componentes?	Medir a percepção de utilidade da ferramenta para a aprendizagem.
5. Em uma escala de 1 a 5, quanto você consideraria a Robótica Aumentada uma ferramenta eficaz para o ensino de Robótica?	Medir a percepção sobre a eficácia da ferramenta no contexto educacional.
6. Em uma escala de 1 a 5, quanto você recomendaria a Robótica Aumentada para outras pessoas?	Avaliar a probabilidade de recomendação da ferramenta.
7. Quais sugestões você teria para melhorar a ferramenta de Robótica Aumentada?	Coletar feedback qualitativo e sugestões para melhorias futuras.

Fonte: Autora, 2025.

O terceiro instrumento, descrito na Tabela 4, foi elaborado para educadores, com o objetivo de avaliar a metodologia proposta sob uma perspectiva de aplicação pedagógica. Suas 8 perguntas investigam a usabilidade da ferramenta, como a curva de aprendizado e a facilidade de uso, e coletam feedback sobre a experiência geral e possíveis dificuldades de configuração. Adicionalmente, o formulário mede o impacto da ferramenta em sala de aula, avaliando sua capacidade de cobrir o conteúdo, o potencial de aplicação em outras atividades e sua influência na atenção e compreensão dos alunos.

Tabela 4 – Estrutura do Formulário de Avaliação da Aplicação pelo Educador

Pergunta	Objetivo
1. Em uma escala de 1 a 5, quanto você precisou estudar para utilizar a plataforma?	Avaliar a curva de aprendizado e a complexidade inicial da ferramenta.
2. Em uma escala de 1 a 5, quanto a plataforma foi fácil de utilizar?	Medir a usabilidade e a facilidade de manipulação da plataforma.
3. Como foi usar a plataforma?	Coletar um feedback qualitativo geral sobre a experiência de uso do educador.
4. Você sentiu alguma dificuldade de colocar o modelo na plataforma e configurá-lo?	Identificar pontos específicos de dificuldade técnica ou de usabilidade.
5. Em uma escala de 1 a 5, quanto utilizando a ferramenta você conseguiu abordar o conteúdo desejado?	Avaliar a adequação da ferramenta para cobrir o conteúdo programático planejado.
6. Em uma escala de 1 a 5, quanto você poderia aplicar o que aprendeu em outras atividades?	Medir o potencial de replicação e adaptação da ferramenta para outros contextos educacionais.
7. Em uma escala de 1 a 5, quanto a utilização deste aplicativo ajudou a manter a atenção dos alunos?	Avaliar o impacto da ferramenta no engajamento e na atenção dos estudantes.
8. Em uma escala de 1 a 5, quanto este aplicativo permitiu aos alunos compreender melhor o conteúdo?	Medir a percepção do educador sobre a eficácia da ferramenta na melhoria da compreensão dos alunos.

Fonte: Autora, 2025.

4.4 Considerações finais sobre este capítulo

Diante do exposto, este capítulo detalhou a abordagem metodológica utilizada para o desenvolvimento e validação da proposta de uso de Realidade Aumentada. Foi apresentada a estrutura sequencial para a criação e implementação dos modelos, bem como os procedimentos de aplicação e avaliação da metodologia em cenários educacionais reais. Tais métodos foram fundamentais para a coleta dos dados que serão apresentados e discutidos nos próximos capítulos.

5 Aplicação da metodologia

Esta seção descreve a aplicação da metodologia em suas etapas descritas na seção anterior, aplicadas nos três momentos distintos: o primeiro momento na 76ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), em 9 de julho de 2024, o segundo momento no Clube de Robótica da Escola Estadual Emygdio Campos Widal, em Campo Grande-MS para alunos do ensino médio e, o terceiro momento na 3ª Edição da Feira de Tecnologia Educacional de Marituba (FETEDMA) com alunos do 6º ao 9º ano do ensino fundamental.

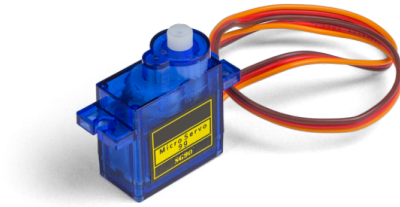
5.1 Momento 1: SBPC - Belém(PA)

Para a aplicação deste trabalho na 76ª reunião anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) foram realizadas as etapas citadas anteriormente para o desenvolvimento de um modelo de um projeto de sonar utilizando Arduino. As etapas que foram realizadas seguiram a seguinte estrutura:

5.1.1 Aplicação da etapa de elaboração do modelo de sequencia didática

Nesta etapa, inicialmente foi definido que o objetivo de aprendizagem seria evidenciar o funcionamento de componentes utilizados comumente na robótica que possuem conceitos de física para seu funcionamento. Para isso, seria construído um protótipo de sonar, com o objetivo de demonstrar o funcionamento do sensor ultrassônico e do servomotor, que envolve conceitos de física como: ondas mecânicas e transferência de torque. Em seguida, foi definido que o conteúdo a ser abordado seria robótica aumentada; a partir disso, foram definidos 4 componentes a serem desenvolvidos: servomotor, sensor ultrassônico, Arduino Uno R3 e o projeto do sonar, como mostrado nas figuras [5](#), [6](#), [7](#) e [8](#) respectivamente.

Figura 5 – Servomotor - SG90



Fonte: Robocore, 2025.

Figura 6 – Sensor ultrassônico - HC-SR04



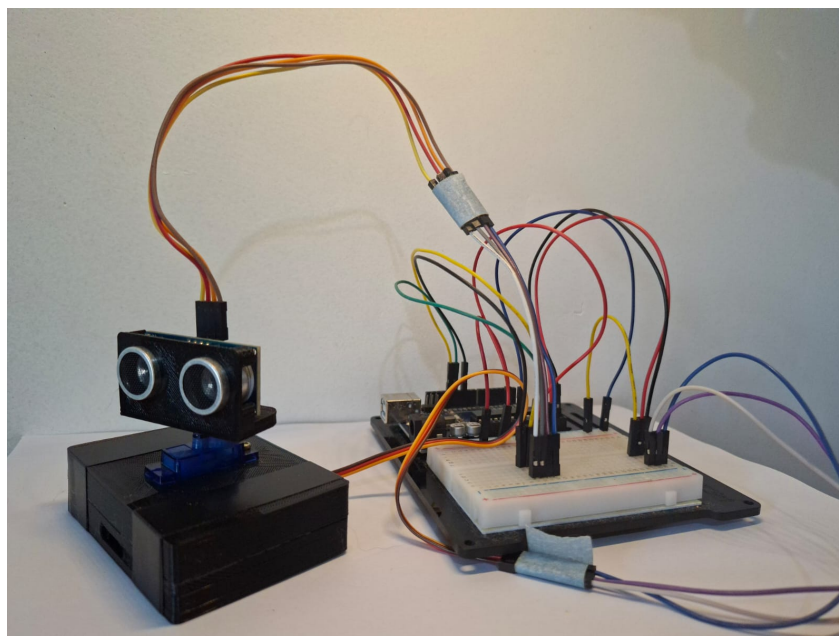
Fonte: Robocore, 2025.

Figura 7 – Placa Uno R3



Fonte: Robocore, 2025.

Figura 8 – Projeto sonar com arduino



Fonte: Autora, 2025.

5.1.2 Aplicação da etapa de obtenção do modelo

Nesta etapa a metodologia escolhida para a obtenção do modelo foi a de modelar a partir da fotogrametria, considerando a exigência de os componentes conterem partes específicas a serem destacadas, além de ter sido decidida a construção de 3 modelos para cada componente, sendo os dois últimos opcionais, o primeiro mostrando o componente e suas partes principais, o segundo explicando o funcionamento do modelo e o terceiro mostrando as conexões para o funcionamento do componente.

Com os sensores já definidos, em seguida foi selecionado o software Blender¹ para a construção dos modelos, tendo em vista a gratuidade e as ferramentas para construção e animação disponibilizadas pelo software.

5.1.2.1 Aplicação da etapa de fotogrametria

Para a construção de cada modelo, é necessária uma visualização completa em 360° do objeto. Para tal, foram capturadas imagens de suas principais perspectivas: frontal, traseira, superior, inferior, lateral esquerda e lateral direita. Esse método garante que todos os detalhes essenciais para a modelagem sejam registrados, conforme exemplificado pelo processo de fotogrametria do sensor ultrassônico na Figura 9 e sua posterior modelagem no Blender com as imagens alinhadas, na Figura 10.

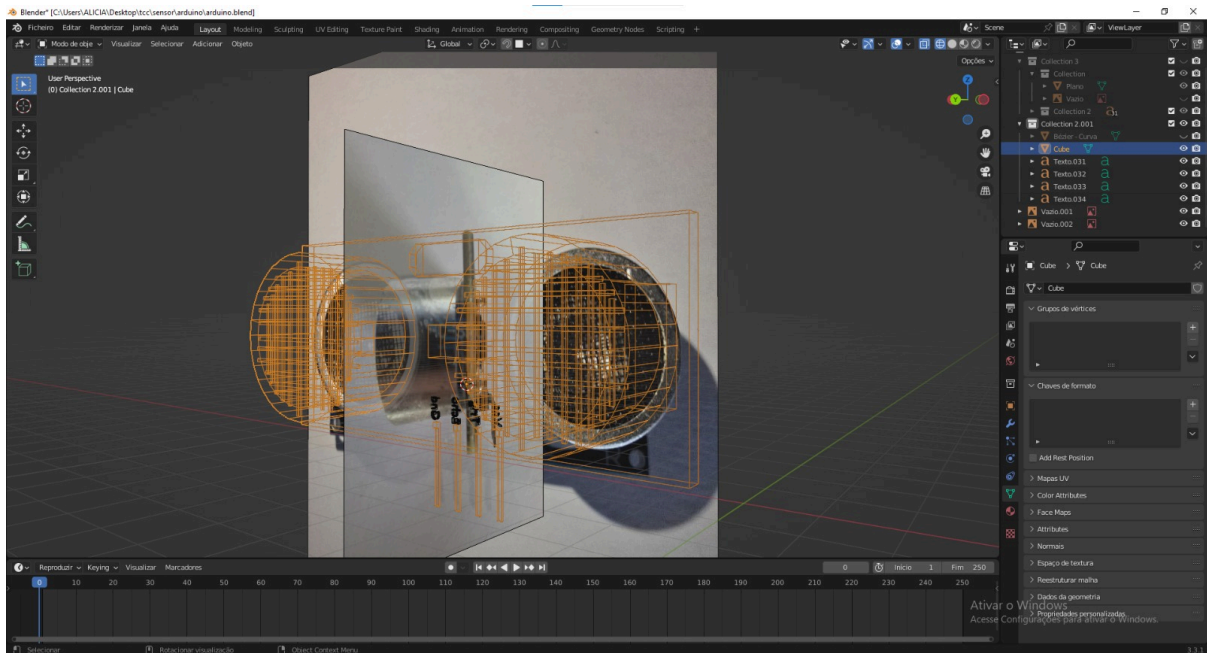
¹ <https://www.blender.org/>

Figura 9 – Fotogrametria do sensor ultrassônico



Fonte: Autora, 2024.

Figura 10 – Fotogrametria do sensor ultrassônico no Blender



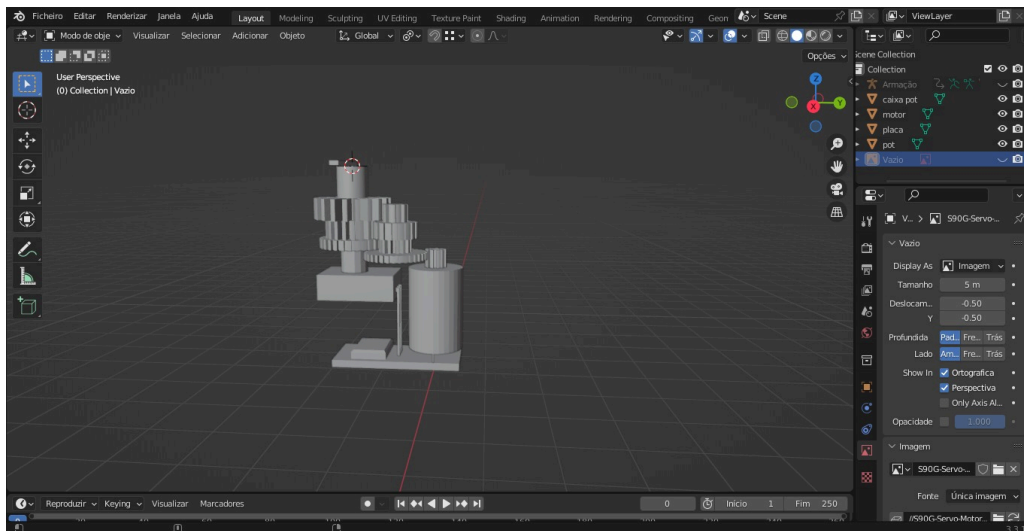
Fonte: Autora, 2024.

5.1.2.2 Aplicação da etapa de modelagem

Obtidas as imagens, definiu-se que os modelos seriam desenvolvidos em baixa fidelidade, utilizando o método Low Poly ². Esse método consiste em empregar modelos com uma quantidade reduzida de polígonos, visando diminuir o tamanho final do arquivo. No software, inicialmente, foram inseridas as imagens obtidas na etapa de fotogrametria, que serviram como referência para a modelagem dos componentes. A partir delas, iniciou-se a modelagem, priorizando as partes principais dos componentes, especialmente aquelas diretamente relacionadas ao funcionamento ou à captação de informações.

A Figura 11 ¹ exibe o resultado da primeira parte, a modelagem, na qual a malha de polígonos foi construída sobre as imagens de referência para formar a estrutura tridimensional do objeto.

Figura 11 – Componente modelado no Blender

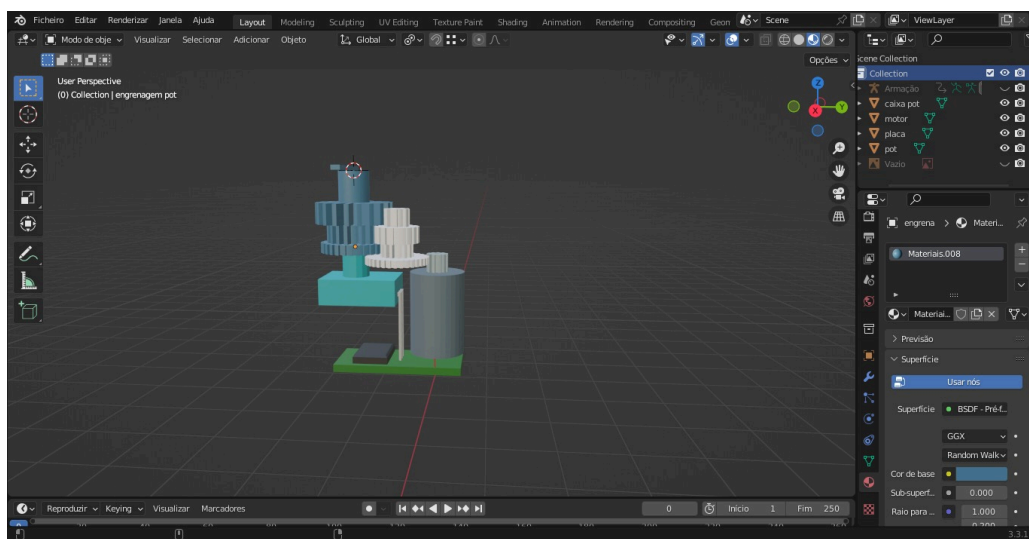


Fonte: Autora, 2025.

Em seguida, foi realizada a texturização do componente, com o objetivo de destacar as partes principais dos modelos, utilizando cores que se destacam das demais, deixando o modelo de fácil visualização e aprendizagem. A figura 12 ² abaixo mostra o modelo 3D da visão interna do servo motor com seus principais componentes em cores destacadas:

² GAO, Z.; WU, R.; PAN, Z. Low-poly Mesh Generation for Building Models. In: SIGGRAPH '22: ACM SIGGRAPH 2022 Posters. Vancouver, BC, Canada: Association for Computing Machinery, 2022. Artigo n. 19, p. 12.

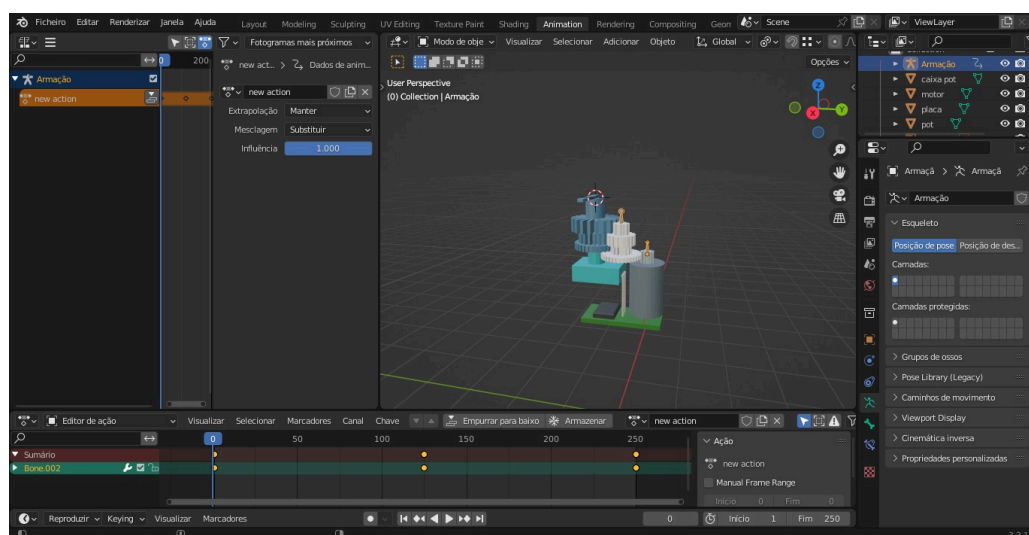
Figura 12 – Componente texturizado no Blender



Fonte: Autora, 2025.

Por fim, foram feitas as animações dos modelos que mostravam o funcionamento dos componentes, utilizando a estrutura Bone, que permite animar objetos diferentes em uma única animação, facilitando a integração entre as partes do modelo, como mostrado na figura 13. Em seguida, foi realizada a exportação do modelo em formato .glb, formato este aceito pela plataforma Assemblr.

Figura 13 – Componente com animação no Blender



Fonte: Autora, 2025.

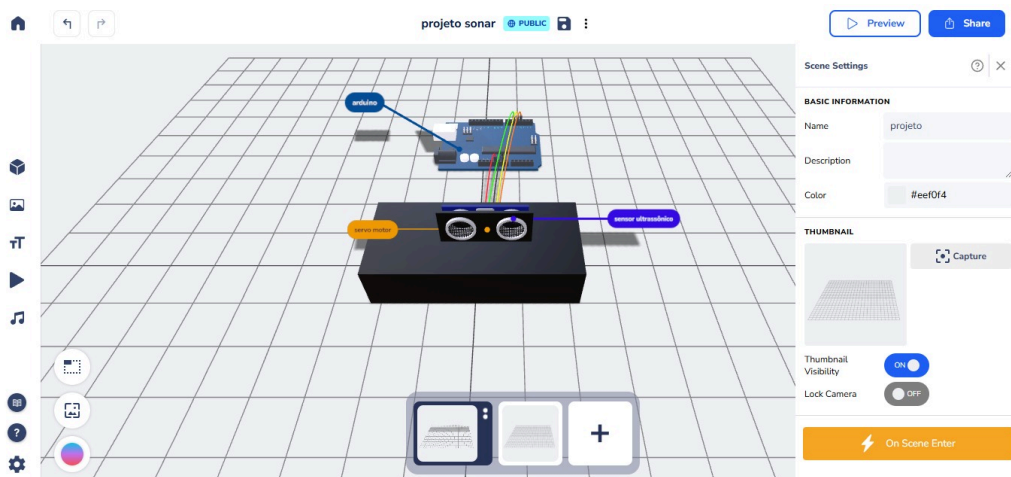
5.1.3 Aplicação da etapa de hospedagem dos modelos

Na etapa final de produção, foi realizada a escolha da plataforma onde seriam hospedados os modelos, a plataforma escolhida foi a Assemblr, considerando critérios como: gratuidade, requisitos de hardware para funcionamento da aplicação, armazenamento disponível para upload e as funções existentes para manipulação dos modelos.

Primeiramente foram criados os projetos para cada um dos componentes escolhidos, sendo selecionada a opção do estúdio completo. Em seguida, com os arquivos dos modelos já no formato indicado pela plataforma, foram realizados os uploads, sendo cada um organizado em um cenário diferente com nome relacionado: o primeiro para uma visão geral do componente, o segundo para a visão do funcionamento do mesmo e o último para as conexões desse componente com o Arduino.

Ainda no estúdio da plataforma, foram adicionadas, de forma individual, pequenas descrições sobre a utilização ou funcionamento de cada parte dos componentes. Por fim, com as configurações relacionadas ao modelo já finalizadas, foram realizadas as configurações do objeto em relação à sua visualização através da realidade aumentada, sendo elas: um link de acesso, para que qualquer dispositivo pudesse acessar o modelo, independentemente do local, sem a necessidade de uma âncora; QR Code, para uma visualização e experiências mais estáveis. A figura 14 detalha esta etapa.

Figura 14 – Projeto na plataforma Assemblr



Fonte: Autora, 2025.

5.1.4 Aplicação da etapa de criação do site

Esta foi uma etapa adicional feita para o evento em questão, visando facilitar o acesso aos modelos em realidade aumentada. Nesta etapa do trabalho, foi utilizada uma ferramenta web para a criação do site da AR.INO. O nome do site foi concebido através da junção entre a sigla AR (augmented reality) e o nome Arduino, o site foi criado com

o intuito de explicar o funcionamento do projeto com RA, os componentes utilizados no projeto radar e como se utilizavam para a apresentação no SBPC.

Durante o desenvolvimento da página web, foram feitas 3 partes principais para a sua elaboração:

1. **Home:** Página principal do site, que contém os modelos em 3d dos componentes desenvolvidos.
2. **Sobre:** Página que mostra qual o objetivo do site e quais as vantagens na utilização dos modelos de RA.
3. **Blog:** Página específica de cada modelo que contém um botão de acesso ao modelo em RA, além de informações pertinentes ao aprendizado sobre o componente.

5.1.5 Exposição no evento

Durante o evento, para demonstração de forma dinâmica do projeto, foram dispostos o modelo físico do projeto do radar com Arduino, juntamente com um aparelho celular e um tablet para visualização dos modelos em realidade aumentada. Além desses, foi disponibilizado um QR code que direcionava o usuário para o site da AR.INO, com o objetivo de permitir que o público explorasse os modelos em realidade aumentada e suas explicações. Ao final da aplicação web, havia um link encaminhando para o formulário sobre a experiência que a ferramenta proporcionou e sobre a sua utilização e no entendimento de robótica, sendo utilizado para a coleta de dados.

5.2 Momento 2: Clube de Robótica

No período de 24 de julho a 18 de setembro de 2024, foi realizada a aplicação da metodologia dentro do clube de robótica da Escola Estadual Emygdio Campos Widal, em Campo Grande-MS, em parceria com a Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), sob responsabilidade da docente Thainá do Nascimento, doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, onde os encontros ocorriam uma vez por semana no contraturno dos estudantes, esses com duração de 180 minutos.

A aplicação surgiu a partir de uma dificuldade identificada pela responsável pelo clube de robótica. Os kits utilizados eram compostos por componentes encapsulados, o que impedia que os alunos tivessem contato direto ou visibilidade sobre os elementos com os quais trabalhavam. Assim, eles se limitavam a realizar conexões e programações, sem compreender de fato a estrutura interna dos componentes. Dessa forma, embora conseguissem montar os modelos sugeridos pelo manual que acompanhava o kit, não compreendiam o funcionamento dos componentes ou do microcontrolador responsável pela

execução do projeto. A figura 15 mostra a controladora, alguns sensores e componentes que fazem parte desse kit.

Figura 15 – Controladora, componentes e sensores do kit utilizados no clube



Fonte: Thainá do Nascimento, 2024.

5.2.1 Aplicação da etapa de elaboração do modelo de sequência didática

Durante a fase inicial de elaboração da sequência didática, foram realizadas 3 reuniões, em formato online, objetivando entender qual a necessidade do docente para a construção da sequência didática e quais assuntos seriam abordados na mesma, a qual ficou inicialmente dividida em três encontros. No primeiro encontro, seria abordado o conceito de robótica aumentada, arduino e seus componentes; no segundo encontro, seria mostrado o modelo do MathTwo em robótica aumentada, onde os alunos tentariam reproduzir com o kit de arduino. No terceiro encontro, haveria uma continuação da utilização do modelo do robô. Após esses encontros, seriam passados formulários para os alunos e para o docente para avaliação da sequência didática aplicada com o uso de Robótica Aumentada.

Após definidos os assuntos a serem abordados nos encontros do clube, definiu-se a construção do modelo 3D do robô MathTwo³, robô esse composto por protoboard, arduino uno r3, LEDs, resistores, sensor ultrassônico e jumpers, além da estrutura de suporte das peças. Para melhor visualização das conexões e facilitação da reprodução do

³ NASCIMENTO, Thainá do; MAIA, Alcía de Almeida; CHIARI, Aparecida Santana de Souza; PIRES, Yomara Pinheiro. Explorando a robótica aumentada para o ensino de arduino em um clube de robótica. In: SEMINÁRIO SUL-MATO-GROSSENSE DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NA ESCOLA, 1., 2024, Campo Grande. *Anais* [...]. Campo Grande: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2024.

projeto com componentes físicos, optando-se pela construção de apenas um modelo em realidade aumentada, mostrando o projeto por completo.

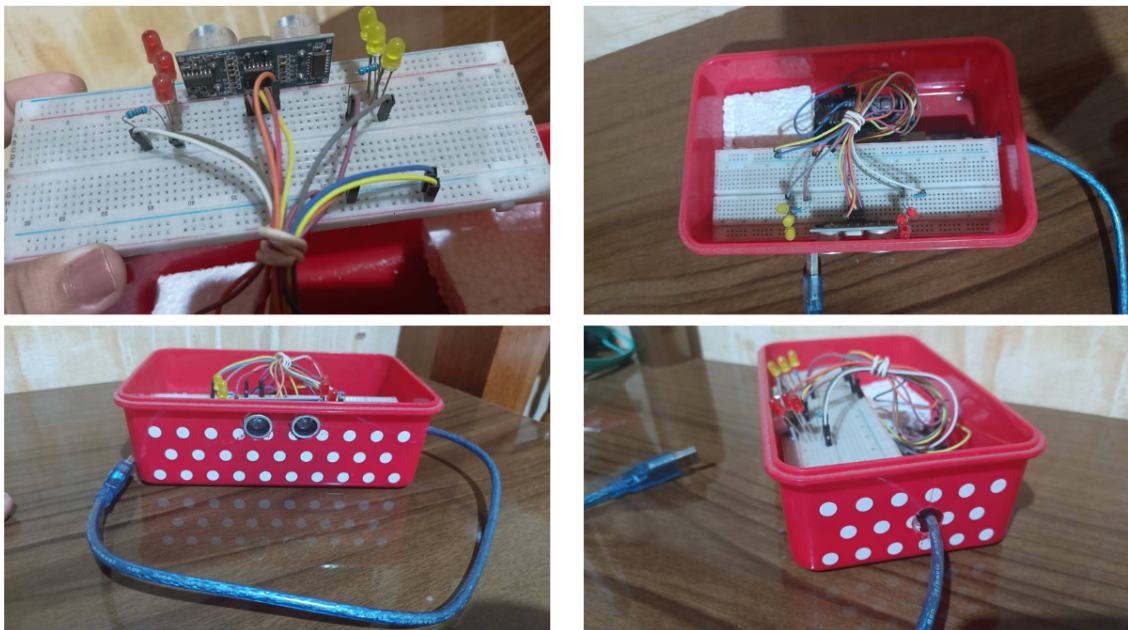
5.2.2 Aplicação da etapa de obtenção do modelo

Com todos os sensores e modelos já definidos na etapa anterior da metodologia, deu-se início à segunda etapa, onde a partir do modelo real do robô MathTwo foi construído o protótipo em robótica aumentada. Para isso, foram necessárias duas subetapas: a fotogrametria, responsável pela obtenção de um panorama geral visual do robô; e a modelagem, onde o robô foi modelado em robótica aumentada e texturizado, que foi realizada no software Blender, pela familiaridade com o mesmo, facilidade de utilização e gratuidade do software.

5.2.2.1 Aplicação da etapa de fotogrametria

Para esta etapa, foi solicitado o envio de imagens do robô MathTwo para que pudesse ser obtida a visualização de todos os ângulos do projeto. As imagens precisaram contemplar todas as direções de visualização do robô, além de evidenciar quais eram os componentes existentes no protótipo, bem como suas conexões. A seguir, as imagens disponibilizadas do MathTwo para a realização da fotogrametria:

Figura 16 – Fotogrametria do Mathtwo



A partir dessas imagens, foi possível identificar a utilização dos seguintes componentes:

- 6 LEDs, sendo 3 amarelos e 3 vermelhos;
- 2 resistores de 237 Ohms;
- 1 protoboard de 800 pontos;
- 1 sensor ultrassônico;
- 1 Arduino Uno R3;

5.2.2.2 Aplicação da etapa de modelagem

Com os componentes e conexões já listados, deu-se início à fase de construção do modelo, onde, como definido na estruturação do projeto, foi utilizado o software Blender, o qual possui as ferramentas necessárias para a construção do modelo proposto. Como o robô a ser modelado possuía formas geométricas simples, foi aplicada a técnica de Low Poly, visando construir um modelo com baixa quantidade de polígonos, gerando um arquivo final de menor tamanho e que demande menor poder computacional para seu processamento.

Com isso, inicialmente foi carregada uma imagem de referência para ser a base do modelo, a foto foi colocada para servir de referencial para o tamanho e localização das partes que compõem o todo do modelo. Em seguida, foi modelado primeiro o corpo do robô, visto ser a maior parte do modelo e a de menor quantidade de detalhes, seguido da modelagem da protoboard nas quais os componentes ficariam dispostos. Em seguida, foram feitas as modelagens dos LEDs e resistores. Como o sensor ultrassônico e o Arduino uno r3 já estavam prontos do projeto anterior, esses arquivos só foram carregados e redimensionados para caber no projeto. Por fim, foram feitos os jumpers, para mostrar as conexões dos componentes com a placa de prototipagem.

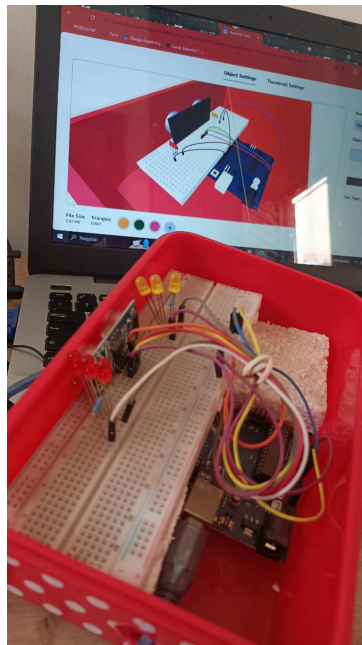
Após a modelagem individual dos componentes do robô, foi feita a texturização dos materiais, a fim de aproximar o modelo tridimensional do modelo real. Assim, as cores foram aplicadas a cada parte individualmente. Apenas os Jumpers que não seguiram fielmente as cores reais do projeto, como o intuito era facilitar a identificação das conexões, foram escolhidas cores vibrantes e de fácil identificação.

Com as partes já modeladas e texturizadas, foi feita uma checagem com a criadora do robô para validar se o nível de fidelidade estava satisfatório e eventuais mudanças ou correções, caso necessário. Com a validação feita, o modelo foi exportado no formato de extensão .glb. Finalizando, deste modo, a etapa de modelagem.

5.2.3 Aplicação da etapa de hospedagem do modelo

Para esta etapa da metodologia, foi solicitado ao docente que fizesse a hospedagem e organização do modelo na plataforma. Como a docente não possuía conhecimento prévio sobre esse tipo de procedimento, foi realizada a elaboração e gravação de um tutorial em vídeo, onde foi apresentada a plataforma, realização do cadastro, login, criação de um projeto dentro da plataforma, utilização do estúdio de edição do projeto e suas ferramentas, publicação do projeto, acesso ao QRcode e link do projeto. O vídeo foi disponibilizado pelo Google Drive, para que a docente tivesse acesso em tempo integral ao conteúdo e pudesse realizar o procedimento de hospedagem no ritmo desejado.

Figura 17 – Modelo Físico do Mathtwo com o modelo em realidade aumentada



Fonte: (Nascimento *et al.*, 2024)

A figura 17 foi registrada pela docente responsável, demonstrando o modelo físico do MathTwo ao lado do modelo na plataforma Assemblr. Após isso, foi realizada uma validação para a verificação do modelo e suas configurações.

5.2.4 Exposição em sala de aula

Para a aplicação do modelo em robótica aumentada na sala de aula, foi dividida em três encontros, onde a primeira aula ocorreu no dia 28 de agosto de 2024; nela foi inicialmente apresentado modelos físicos do Arduino Uno, protoboard, resistores e jumpers, mostrando suas conexões e como utilizá-los. Na sequência, foi mostrado o modelo físico do protótipo MathTwo, com o intuito de demonstrar a montagem do projeto, conhecimentos dos hardwares físicos utilizados na sua composição e a ligação dos componentes entre si.

Na segunda aula, 04 de setembro 2024, foram apresentados os conceitos de robótica aumentada e realidade aumentada, mostrando exemplos de cada um deles. Com os conceitos já introduzidos, foi disponibilizado o QR code para acesso do modelo em robótica aumentada do MathTwo, onde, por meio de smartphones, os alunos puderam manipular o modelo. Após os alunos explorarem o modelo, foram entregues kits de Arduino com todos os componentes necessários para a montagem do circuito do MathTwo, sendo instruídos a tentar replicar a montagem do modelo utilizando o modelo em robótica aumentada como material orientador. Por conta de problemas de conexão com a internet, alguns alunos preferiram utilizar o modelo através do computador, visto que este possuía rede cabeada, proporcionando uma conexão estável.

Figura 18 – Alunos manipulando modelo do Mathtwo em realidade aumentada



Fonte: Thainá do Nascimento, 2024.

Os encontros do clube possuíam duração de uma hora, assim a montagem do projeto não conseguiu ser finalizada na mesma aula, sendo necessário que os kits fossem guardados. Com isso, ao final da segunda aula, foi aplicado um questionário para entender a percepção e aceitação dos alunos frente à utilização desse tipo de tecnologia dentro da sala de aula.

Na terceira aula, 18 de setembro de 2024, a docente, ao chegar na sala, percebeu que, para a organização do ambiente, os kits foram desmontados e guardados, sendo necessárias alterações no plano de aula. A terceira aula tinha por objetivo ensinar a utilização do sensor ultrassônico; para isso, os alunos iniciaram novamente a montagem

do circuito baseado no modelo em robótica aumentada do MathTwo. Vale ressaltar que, durante a terceira aula, houve a entrada de três novos alunos no clube de robótica; esses foram distribuídos entre os grupos já existentes e foram assistidos pelos outros alunos e conseguiram acompanhar a atividade.

5.3 Momento 3: FETEDMA - MARITUBA(PA)

A 3ª edição da Feira de Tecnologia Educacional de Marituba (FETEDMA) ocorreu durante os dias 27, 28 e 29 de novembro. A feira tem por objetivo incentivar o ensino de ciências e tecnologias, bem como o interesse pela carreira científica, contando com a participação de alunos de nível fundamental, 6º ao 9º ano, de 25 escolas municipais de Marituba. Durante a feira, foi realizada a aplicação da metodologia de ensino com o objetivo de verificar a aceitação dos alunos, professores e pais responsáveis.

5.3.1 Aplicação da etapa de elaboração do modelo de sequencia didática

Primeiramente, para a aplicação da metodologia no evento, foi realizado um levantamento sobre projetos viáveis para demonstração no evento, levando em consideração fatores como atratividade e simplicidade, levando assim à escolha do robô Otto. O robô Otto é uma iniciativa de robótica educacional de código aberto, que visa propagar o ensino de robótica de forma facilitada e acessível, abrangendo pessoas de diversos níveis de conhecimento (Palacio, 2017); com isso, optou-se por escolher o modelo do robô Otto bípede.

5.3.2 Aplicação da etapa de obtenção do modelo

Com a etapa inicial finalizada, foi iniciada a etapa de obtenção do modelo onde, como o modelo escolhido é um projeto amplamente conhecido dentro da comunidade maker, optou-se por encontrar um modelo 3D em um banco de dados online. Inicialmente, foram realizadas buscas em ferramentas de pesquisa de plataformas ou sites que possuíam bancos online de modelos tridimensionais gratuitos para download. Alguns sites como Autodesk Community Gallery, Thingiverse e Sketchfab foram selecionados para a busca.

A partir desses sites, foi selecionado o modelo do projeto intitulado *Otto DIY build your own robot in 1 hour* (Palacio, 2016) no site Autodesk Community Gallery, sendo o mais compatível com o robô montado para a feira, o arquivo baixado possuía formato de arquivo diferente do aceito pela plataforma utilizada para hospedagem do modelo. Com isso, o modelo foi alterado no software Blender, para que suas cores se assemelhassem ao modelo real montado, além da alteração da quantidade de polígonos, para diminuir o

tamanho total do arquivo. Depois, o arquivo foi exportado no formato .glb, finalizando a fase de obtenção do modelo.

5.3.3 Aplicação da etapa de hospedagem do modelo

Na etapa final de produção do modelo em realidade aumentada, optou-se pela hospedagem do modelo na plataforma Assemblr, tomando como base a facilidade de utilização da plataforma e de manipulação dos modelos em realidade aumentada, bem como seus recursos para sinalização de partes específicas do modelo. Com o arquivo obtido na etapa anterior já no formato aceito pela plataforma, foi criado um projeto novo dentro da plataforma, com a opção de editor completo, para ter acesso aos cards indicativos, os quais são utilizados para adicionar informações em partes específicas do modelo. Com o projeto criado, o modelo foi carregado e colocado no ambiente; foram colocados alguns cards para informar a localização e os nomes dos componentes que compõem o robô. Com o projeto já configurado, ele foi publicado na plataforma para obtenção do link e QR Code para acesso do modelo em realidade aumentada.

Com o modelo já disponível para acesso na plataforma Assemblr, foi realizado o acréscimo do modelo no site do AR.INO, para facilitar o acesso ao link do projeto em realidade aumentada e explicação do mesmo, com informações sobre o seu funcionamento, componentes e código para reprodução do protótipo físico.

5.3.4 Exposição no evento

Para a aplicação do modelo na III FETDMA foram utilizados um QR Code sobre uma mesa para acesso ao modelo em realidade aumentada, um QR Code para acesso ao site do AR.INO e um dispositivo celular com o aplicativo do Studio Assemblr, aplicativo próprio da plataforma Assemblr para abertura dos projetos via QR Code, já instalado para facilitar o escaneamento do QR Code e a demonstração do modelo. No estande, era possível observar o modelo físico do robô Otto, programado para realizar alguns passos de dança, juntamente com o QR Code para seu modelo em robótica aumentada, o que despertava a curiosidade dos alunos e professores. Durante o evento, os modelos foram apresentados juntos, permitindo observar e comparar o modelo em robótica aumentada próximo ao modelo real, como mostra a Figura 19.

Figura 19 – Modelo Físico do robô Otto com o modelo em realidade aumentada



Fonte: Autora, 2024.

A interação com a proposta durante o evento evidenciou o grande interesse dos participantes. A possibilidade de comparar o robô físico com sua versão em realidade aumentada gerou questionamentos e uma curiosidade em explorar o funcionamento do modelo, validando a abordagem como atrativo para a aprendizagem.

6 Resultados e Discussão

Para avaliação dos resultados obtidos na aplicação da metodologia deste trabalho, foram desenvolvidos 3 formulários, esses foram aplicados em dois momentos diferentes, sendo o primeiro no 76^o SBPC e o segundo no clube de robótica em parceria com a UFMS. O primeiro formulário foi aplicado para os visitantes do evento, sendo dividido em três partes principais: perfil do respondente, conhecimento prévio, avaliação da ferramenta. O segundo formulário foi aplicado para os alunos participantes do clube de robótica; ele foi dividido em duas partes: conhecimento prévio e avaliação da eficácia da ferramenta para aprendizagem. O terceiro formulário foi direcionado à docente responsável pelo clube de robótica; essa avaliação contou com uma divisão em dois pontos principais: usabilidade da plataforma e percepção de aprendizagem dos alunos.

É importante ressaltar que, embora a metodologia tenha sido aplicada na 31^a edição da FETEDMA, a coleta de dados por meio dos formulários eletrônicos não foi viável neste evento em decorrência de desafios de infraestrutura e conexão com a internet.

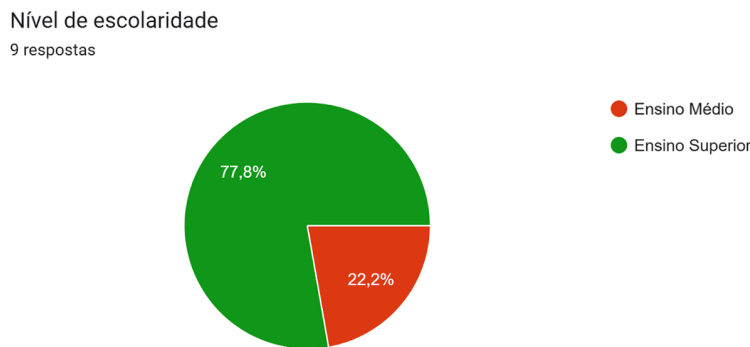
6.1 SBPC

Durante o evento SBPC, foi aplicado um questionário a nove participantes, de forma voluntária, com o objetivo de compreender de que forma a ferramenta AR.INO poderia contribuir para o entendimento do funcionamento do projeto apresentado, o qual consistia de um modelo de projeto de sonar. O perfil dos participantes é descrito na seção perfil dos respondentes a seguir.

6.1.1 Perfil dos respondentes

Os respondentes possuíam uma média de idade de 21 (faixa etária de 17 a 56 anos). Quanto ao nível de escolaridade, a mesma é exibida na figura 20 abaixo:

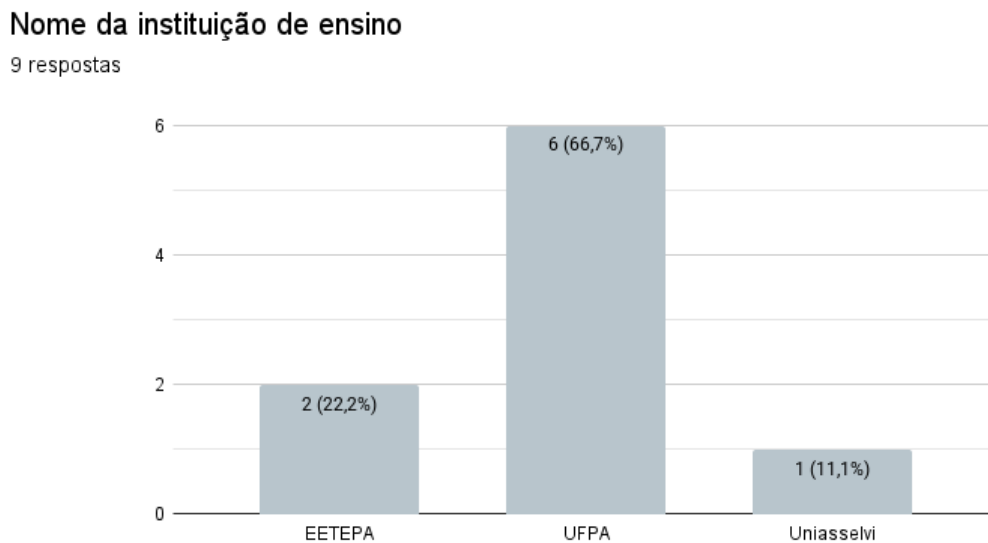
Figura 20 – Nível de escolaridade dos participantes



Fonte: Autor, 2024.

Podemos observar que o projeto gerou interesse no público de nível superior (77,8%), seguido do ensino médio (22,2%). A ausência de indivíduos no ensino fundamental e no ensino técnico permite uma definição do público-alvo da pesquisa, considerando que o perfil ao qual esse público pertence pode influenciar na percepção e interação com a ferramenta, uma vez que o formato da ferramenta, como apresentado no evento, demandava um repertório de conhecimentos alinhado aos currículos do ensino médio e superior, o que limitou sua atratividade para os demais públicos. No que se refere à instituição de ensino dos participantes da pesquisa, temos na figura 21 a seguinte distribuição:

Figura 21 – Distribuição das instituições de ensino



Fonte: Autora, 2024.

A figura 21 detalha a distribuição dos participantes em relação à instituição de

ensino à qual estão vinculados. Posto isso, tem-se uma parcela expressiva (66,7%) na Universidade Federal do Pará (UFPA), seguida da Escola de Ensino Técnico do Pará (EETEPA) com (22,2%) e, (11,1%) à Uniasselvi. Essa concentração de participantes da UFPA pode estar relacionada ao fato de que o evento foi realizado na cidade universitária - campus Guamá da UFPA, portanto com uma expressiva participação da comunidade desta instituição; bem como ao tema do projeto estar relacionado à atividades desenvolvidas em cursos da EETEPA em nível médio como robótica e programação.

A análise conjunta do nível de escolaridade e da instituição de ensino revela um perfil da amostra caracterizado majoritariamente por indivíduos com Ensino Médio completo e vinculados à UFPA, (88,9%). Essa composição deve ser levada em consideração ao interpretar os resultados da pesquisa e com o que dita a BNCC de computação para o nível médio.

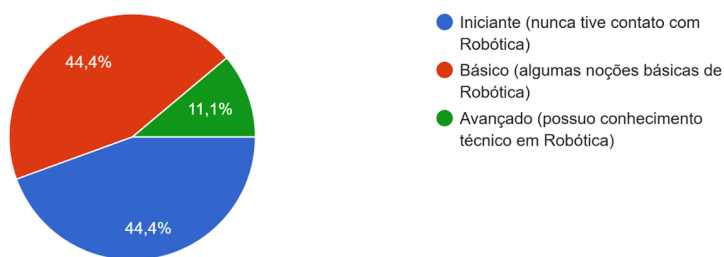
6.1.2 Conhecimento prévio

Esta seção apresenta a análise dos dados relacionados ao nível de conhecimento prévio dos participantes com relação à robótica e realidade aumentada. Tendo por intuito avaliar o quanto esse conhecimento pode ser impactante na percepção sobre a ferramenta.

Figura 22 – Nível de conhecimento prévio sobre robótica

Qual o seu nível de conhecimento em Robótica antes de utilizar a ferramenta?

9 respostas



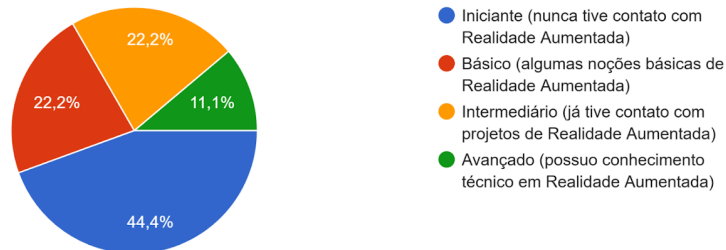
Fonte: Autora, 2024.

A figura [22](#) detalha a distribuição dos participantes quanto ao nível de conhecimento em robótica antes de ter contato com a ferramenta proposta. A análise da figura mostra que a maior parte dos respondentes está dividida entre os níveis iniciante e básico, ambos com (44,4%) de percentual, seguido de (11,1%) dos participantes alegando possuir conhecimento avançado em robótica. Demonstrando assim um público que teve pouco ou nenhum contato com robótica.

Figura 23 – Nível de conhecimento prévio sobre RA

Qual o seu nível de conhecimento em Realidade Aumentada antes de utilizar a ferramenta?

9 respostas



Fonte: Autora, 2024.

A figura 23 apresenta a disposição dos respondentes, tendo como referência o nível de conhecimento prévio sobre Realidade Aumentada antes do contato com a ferramenta. Observa-se uma predominância (44,4%) dos participantes que possuem nível iniciante, seguido de (22,2%) nos níveis básico e intermediário e (11,1%) no nível avançado. Mesmo com um percentual expressivo de participantes declararem como nunca ter tido contato com realidade aumentada (nível iniciante), pode-se observar também participantes que possuem conhecimento sobre o assunto (níveis básico e intermediário), o que demonstra a falta de realização de atividades práticas sobre o tema nas sequências didáticas realizadas em tais contextos de ensino.

A avaliação simultânea dos níveis de conhecimento prévio sobre robótica e realidade aumentada permite traçar o escopo do público, sendo constituído em sua maioria por um grupo que já possui algum conhecimento em robótica e realidade aumentada. Essa composição é de suma relevância para o entendimento sobre a percepção da ferramenta "AR.INO".

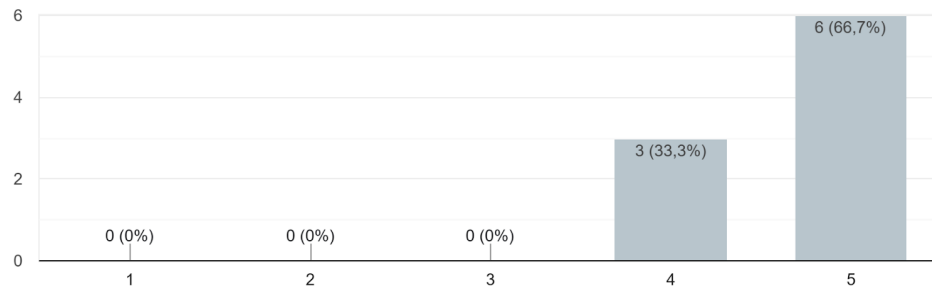
6.1.3 Avaliação da ferramenta

Esta seção concentra-se na avaliação da ferramenta AR.INO, tomando como base a utilização da RA para compreensão dos componentes do projeto e para o ensino de robótica, bem como a recomendação da ferramenta para outras pessoas.

Figura 24 – Contribuição da RA para a compreensão do funcionamento dos componentes

Em sua opinião, em uma escala de 1 a 5, sendo 1 pouco útil e 5 muito útil quanto a Realidade Aumentada contribuiu para a sua compreensão do funcionamento dos componentes robóticos?

9 respostas



Fonte: Autora, 2024.

A figura [24](#) apresenta a distribuição dos participantes quanto à concordância se a realidade aumentada contribuiu para o entendimento do funcionamento dos componentes do projeto do sonar. Nesse sentido, (66,6%) dos respondentes classificaram o projeto com nota 5, enquanto o restante (33,3%) classificou como 4. Demonstrando, desse modo, grande contribuição da realidade aumentada para o entendimento do funcionamento.

Os resultados acima, demonstram uma relevante contribuição da realidade aumentada para a compreensão dos componentes apresentados na exposição. Sua alta aprovação reforça o auxílio possibilitado pelas características dos modelos em realidade aumentada, como a sua tridimensionalidade, além de permitir a visualização dos componentes internos para o funcionamento dos sensores e motores.

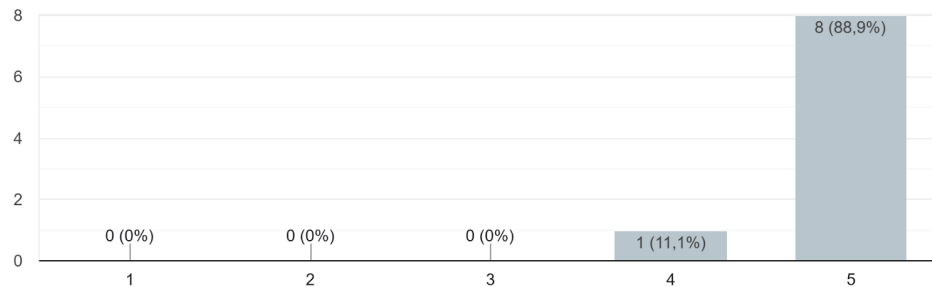
O uso desta tecnologia, através de ferramentas de baixo custo e/ou gratuitas em diferentes contextos de ensino-aprendizagem, proporciona, também, acesso a um ambiente de aprendizagem mais interativo e imersivo. No contexto do ensino médio em escolas públicas, essa tecnologia se apresenta como uma ferramenta capaz de superar algumas barreiras comuns, como a falta de infraestrutura laboratorial adequada e a dificuldade de acesso a componentes eletrônicos de forma direta.

Questionados sobre a eficácia da RA como uma ferramenta para o ensino da robótica, a figura [25](#) exhibe os seguintes resultados:

Figura 25 – Eficácia do uso da RA para ensino de robótica

Em sua opinião, em uma escala de 1 a 5, sendo 1 nada eficaz e 5 muito eficaz quanto você consideraria a Realidade Aumentada uma ferramenta eficaz para o ensino de Robótica?

9 respostas



Fonte: Autora, 2024.

A figura 25 detalha a opinião dos respondentes com relação à eficácia da realidade aumentada para o ensino de robótica. Podemos perceber que (88,9%) dos participantes indicaram como sendo muito eficaz e (11,1%) classificaram como bastante eficaz. Evidenciando a aprovação por parte do público com a metodologia abordada.

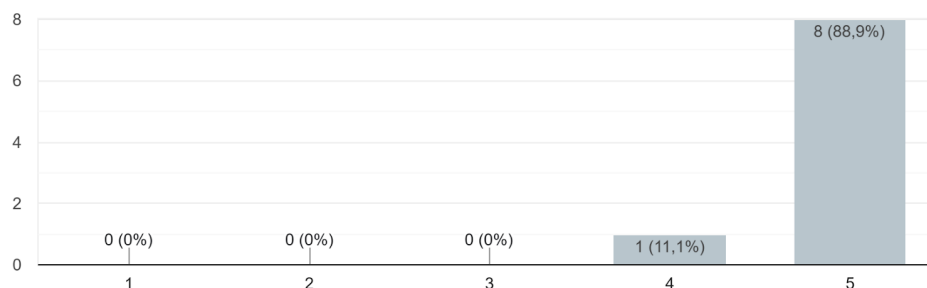
Os resultados acima apresentados validam a utilização da realidade aumentada aplicada ao ensino. A alta aceitação pelos participantes corrobora a sua utilização para o ensino de conceitos mais complexos e abstratos, ao possibilitar uma visualização tridimensional de um objeto, facilitando o processo de aprendizagem. O que converge com (Neinas, 2020) que indicou que a aplicação da RA no ensino de sólidos geométricos pode melhorar a compreensão do conteúdo pelos alunos em mais de 80%. Deste modo, reforçando que a capacidade de visualização tridimensional de um objeto é um fator importante no processo de aprendizagem.

Sobre o quesito de recomendar a ferramenta, temos os resultados descritos na figura 26 a seguir.

Figura 26 – Recomendação da ferramenta para outras pessoas

Em sua opinião, em uma escala de 1 a 5, sendo 1 não recomendaria e 5 recomendaria muito quanto você recomendaria a Realidade Aumentada...s pessoas que desejam aprender sobre Robótica?

9 respostas



Fonte: Autora, 2024.

Os resultados, apresentados na figura acima, revelam uma percepção positiva por parte dos respondentes. dos 9 participantes, 8 (88,9%) indicaram que recomendariam muito (nota 5) a utilização da RA para essa finalidade. Apenas 1 participante (11,1%) assinalou a nota 4, enquanto as notas 1, 2 e 3 não receberam nenhuma indicação. A forte concentração das respostas na nota máxima da escala sugere um alto grau de concordância entre os participantes quanto ao potencial da Realidade Aumentada como uma ferramenta valiosa para o ensino e aprendizagem de Robótica.

Esses resultados reforçam a ideia de que a realidade aumentada é vista como uma tecnologia promissora no contexto da educação em robótica. A alta recomendação por parte dos participantes indica um reconhecimento do valor agregado que a realidade aumentada pode trazer para o processo de aprendizagem, possivelmente tornando-o mais eficaz, motivador e acessível.

6.2 Clube de robótica

Durante o segundo momento de aplicação da metodologia, no clube de robótica, foram aplicados dois formulários para públicos diferentes: o primeiro destinado aos alunos, após o encontro com a utilização da ferramenta; e o segundo destinado à docente responsável pela aplicação da metodologia no clube, após os 3 encontros definidos na fase de elaboração da sequência didática.

6.2.1 Avaliação com alunos

Esta seção destina-se à análise dos dados relacionados à experiência dos alunos com a realidade aumentada e a robótica aumentada, nos seguintes pontos: o conhecimento prévio antes da aula, os níveis de satisfação da aula e da manipulação da ferramenta, contribuição e a recomendação.

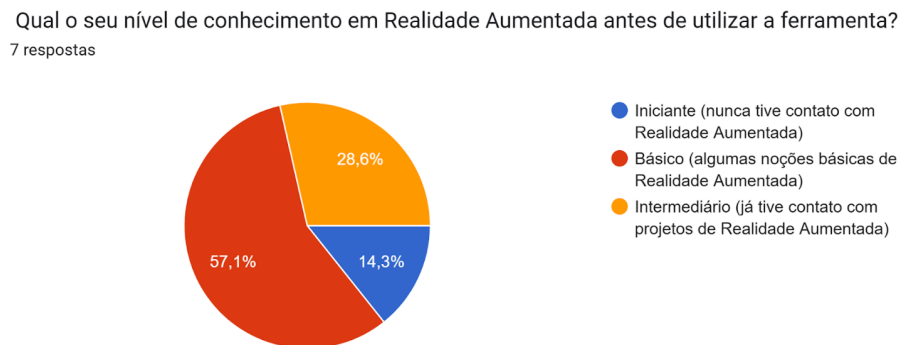
Figura 27 – Nível de conhecimento prévio de Arduino



Fonte: Autora, 2024.

Com o objetivo de identificar o perfil de conhecimento dos alunos sobre a plataforma de prototipagem Arduino, a figura [27](#) mostra que 71,4% dos alunos nunca havia tido contato com a plataforma de prototipagem, enquanto uma pequena parcela (28,6%) já havia noções básicas sobre o que se tratava o Arduino. Mostrando que a maioria dos alunos não conhecia previamente a plataforma de prototipagem com a qual iriam trabalhar, sendo necessário entender seu funcionamento para posteriormente montarem um projeto.

Figura 28 – Nível de conhecimento prévio sobre RA



Fonte: Autora, 2024.

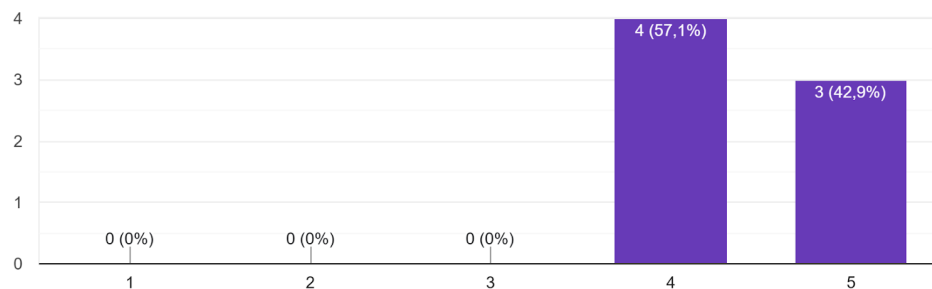
Em relação ao conhecimento sobre realidade aumentada antes da utilização da ferramenta com o modelo em RA, a figura 28 demonstra que (85,7%) dos alunos já possuía contato com a realidade aumentada, sendo destes 57,1% com conhecimentos básicos, onde já manipularam ferramentas de RA; e 28,6% com conhecimento intermediário, já tendo utilizado projetos com a tecnologia e entendem de modo básico seu funcionamento. Enquanto apenas uma pequena parcela (14,3%) afirmou que nunca teve contato com a realidade aumentada e desconhece seu funcionamento.

Posto isso, pode-se afirmar que o perfil da maioria dos alunos conta com algum conhecimento sobre a realidade aumentada, entendendo como manipular ferramentas que a utilizem. Esse aspecto deve ser levado em consideração para a análise dos resultados seguintes.

Figura 29 – Nível de satisfação da aula usando robótica aumentada

Em sua opinião, em uma escala de 1 a 5, sendo 1 insatisfeito e 5 muito satisfeito, quanto você gostou da aula utilizando Robótica Aumentada?

7 respostas



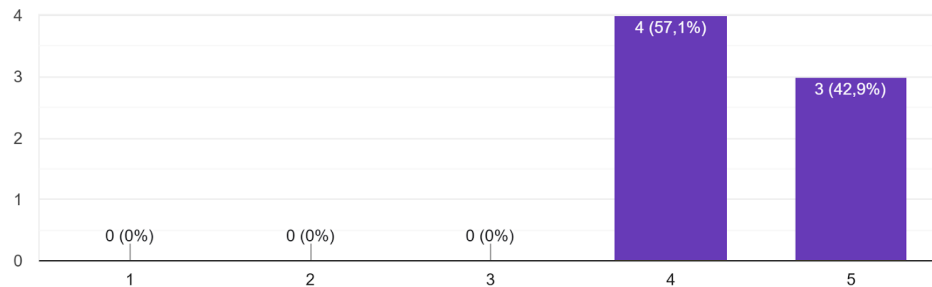
Fonte: Autora, 2024.

A figura apresentada ilustra a análise do nível de satisfação dos alunos em relação à aula que integrou a robótica aumentada. Constatou-se que 42,9% dos estudantes atribuíram o nível 5 ("Muito Satisfeito"), indicando uma ótima experiência com a temática explorada. Os 57,1% restantes classificaram sua experiência como nível 4 ("Satisfeito"), o que denota uma boa vivência com a abordagem pedagógica. Dessa forma, evidencia-se o impacto positivo da robótica aumentada na percepção dos alunos, considerando que a totalidade das avaliações se concentrou nas camadas superiores de satisfação. Esse resultado sugere o considerável potencial da Realidade Aumentada como ferramenta facilitadora e motivadora no contexto do ensino de robótica.

Figura 30 – Nível de contribuição para compreensão dos componentes usados em sala

Em sua opinião, em uma escala de 1 a 5, sendo 1 pouco útil e 5 muito útil quanto a Robótica Aumentada contribuiu para a sua compreensão do ...ento dos componentes apresentados em sala?

7 respostas



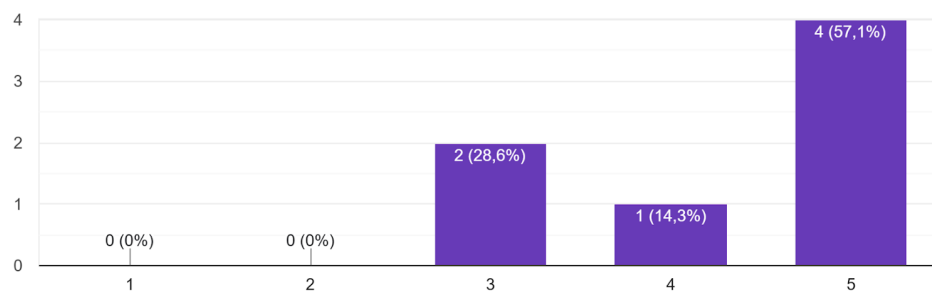
Fonte: Autora, 2024.

A figura 30 ilustra a percepção dos discentes sobre a utilidade da ferramenta na compreensão do funcionamento dos componentes abordados em aula. Os resultados indicam que 42,9% dos participantes a classificaram no nível 5 ("Muito útil") e 57,1% no nível 4 ("Útil"). Tal concentração das avaliações no espectro superior da escala evidencia a alta receptividade e o aproveitamento da ferramenta no processo de aprendizado em robótica. Esse resultado, por conseguinte, indica o potencial da Realidade Aumentada como instrumento de ensino para os conceitos mais complexos da área.

Figura 31 – Nível de eficácia da robótica aumentada para o ensino de robótica

Em sua opinião, em uma escala de 1 a 5, sendo 1 nada eficaz e 5 muito eficaz, quanto você consideraria a Robótica Aumentada uma ferramenta eficaz para o ensino de Robótica?

7 respostas



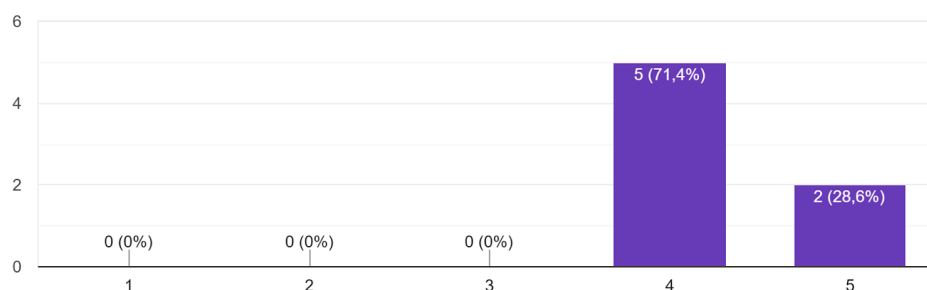
Fonte: Autora, 2024.

Com relação à eficácia da utilização da robótica aumentada para o ensino de robótica, a figura 31 revelou que a maioria das avaliações se concentrou no espectro

positivo. Notavelmente, 57,1% dos participantes classificaram a ferramenta como "Muito eficaz"(nível 5) e 14,3% como "Bastante eficaz"(nível 4), enquanto 28,6% dos respondentes a avaliaram como "Eficaz"(nível 3). Partindo dessa análise, é possível inferir que a aplicação da robótica aumentada para o ensino de robótica demonstra ser de grande valia, facilitando a compreensão de conceitos devido à possibilidade de visualização em 3D. Contudo, percebe-se que ainda há aspectos passíveis de melhorias.

Figura 32 – Recomendação da robótica aumentada para outras pessoas

Em sua opinião, em uma escala de 1 a 5, sendo 1 não recomendaria e 5 recomendaria muito, quanto você recomendaria a Robótica Aumentada p...essoas que desejam aprender sobre Robótica?
7 respostas



Fonte: Autora, 2024.

A figura [32](#) demonstra o grau de recomendação dos alunos sobre a utilização da robótica aumentada para outros interessados na área. Conforme os dados, 28,6% dos participantes classificaram a ferramenta com o nível 5 ("Recomendaria muito"), enquanto 71,4% a classificaram com o nível 4 ("Recomendaria"). Desse modo, o resultado aponta para um alto nível de recomendação da robótica aumentada por parte dos alunos. Essa característica pode ser um reflexo do grau de atratividade da ferramenta, que integra aspectos do cotidiano dos discentes em atividades dentro de sala de aula.

Com base nos resultados apresentados, reforça-se o perfil promissor da realidade aumentada como ferramenta para a aprendizagem, destacando seus diversos aspectos positivos. A alta aceitabilidade por parte dos participantes valida o potencial que a tecnologia oferece no processo de compreensão dos alunos. Isso se deve, principalmente, às suas características de facilidade de uso, atratividade e à capacidade de proporcionar a visualização tridimensional de conceitos abstratos e complexos.

6.2.2 Avaliação com docente

Esta seção destina-se à análise dos dados relacionados à experiência da docente com a aplicação da realidade aumentada e a robótica aumentada, seguindo os seguintes

pontos: experiência e usabilidade da plataforma de hospedagem do modelo; e a percepção da aprendizagem dos alunos após a aplicação em sala de aula. Essa análise foi realizada com base no formulário passado à docente e à reunião realizada com a mesma após o preenchimento do objeto de avaliação.

Inicialmente, foram avaliados aspectos sobre a experiência de utilização da plataforma que a docente teve ao realizar a etapa de hospedagem do modelo durante a aplicação da metodologia no clube de ciências.

Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 não precisei e 5 precisei estudar muito, quanto você precisou estudar para utilizar a plataforma?	1
Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 muito difícil e 5 muito fácil, quanto a plataforma foi fácil de utilizar?	4
Você sentiu alguma dificuldade de colocar o modelo na plataforma e configura-lo?	Não, as orientações por vídeo deixou bem tranquilo para colocar o modelo na plataforma e configurá-lo.
Como foi usar a plataforma?	Utilizar a plataforma foi tranquilo, pois recebi as devidas orientações por vídeo. E dessa forma consegui pausar os passos e fazer e refazer os passos quando necessário. Na aula com os alunos foi bem interessante, mas eles gostaram mais de fazer a manipulação pelo computador.

Tabela 5 – Usabilidade da plataforma.

Com base nos dados mostrados na tabela 5, a análise da usabilidade da plataforma como ferramenta de ensino demonstra uma percepção positiva por parte da docente, que apresentou facilidade na utilização da plataforma, não sendo necessário estudo prévio para utilização da ferramenta, onde classificou o nível de estudo necessário como 1 ("não precisei estudar"). Demonstrando, desse modo, que a utilização da plataforma se deu de forma intuitiva, não exigindo esforço de aprendizagem significativo para sua operação inicial.

Com relação à facilidade de uso, a docente classificou como sendo nível 4 ("fácil"), sugerindo uma experiência de interação positiva e com poucos obstáculos encontrados. Essa avaliação positiva contrasta com os estudos de (Borborema; Maurício, 2024), onde apontou que 43% das docentes tiveram uma opinião neutra sobre a facilidade de interação com a tecnologia, o que reforça a boa aceitação da ferramenta utilizada neste projeto. Essa percepção é reforçada pela resposta à pergunta sobre a dificuldade de inserção e configuração do modelo na plataforma, a qual a respondente nega ter encontrado problemas, afirmando que as orientações feitas no vídeo foram de fácil entendimento e suficientes para a compreensão de como realizar o processo sem maiores dificuldades.

Ademais, ao descrever a experiência geral de uso, a participante reforça a tranquilidade em utilizar a plataforma, mencionando que as orientações por vídeo foram de grande estima para o manejo da plataforma, permitindo que a docente realizasse os processos no seu ritmo. A aplicação em sala de aula foi considerada bem-sucedida, com ressalva de que alguns alunos demonstraram maior interesse na manipulação direta pelo computador, onde, na reunião, foi explicado que houve problemas de conexão com a internet. Portanto, conclui-se que a plataforma se apresenta como uma ferramenta de fácil aprendizagem e utilização, mostrando-se promissora para a aplicação em contextos educacionais. Isso se destaca como um diferencial da metodologia proposta, visto que a boa aceitação pela professora contrapõe as dificuldades de adesão docente frequentemente citadas na literatura por falta de capacitação (Neinas, 2020), indicando um caminho para superar essa barreira.

Em seguida, avaliou-se critérios referentes à percepção de aprendizagem dos alunos mediante a exposição da ferramenta em sala de aula.

Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 não consegui abordar nada e 5 consegui abordar tudo, quanto utilizando a ferramenta você conseguiu abordar o conteúdo desejado?	5
Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 não conseguiria e 5 conseguiria com facilidade, quanto você poderia aplicar o que aprendeu com este aplicativo em outras atividades?	5
Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 não ajudou e 5 ajudou muito, quanto a utilização deste aplicativo ajudou a manter a atenção dos alunos na atividade?	5
Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 não permitiu e 5 compreenderam tudo, quanto este aplicativo permitiu aos alunos compreender melhor o conteúdo educacional?	5

Tabela 6 – Percepção do aprendizado.

A análise da tabela 6, sobre a percepção do aprendizado dos alunos mediado pela aplicação da metodologia, apresenta eficácia na visão da docente. Onde, quando avaliado sobre a aplicação da ferramenta, é capaz de abordar o conteúdo programático, a respondente classificou como sendo nível 5 ("consegui abordar tudo"), indicando um impacto positivo no processo de ensino, permitindo uma cobertura completa da matéria planejada.

Além disso, ao avaliar a replicabilidade desse conhecimento adquirido em outras

atividades, foi classificado como nível 5 ("conseguiria com facilidade"), indicando que a aplicação dessa metodologia em novos contextos se daria de forma fácil. Esta análise sugere que a ferramenta não apenas facilitou a compreensão de um tópico específico, mas também promoveu uma aprendizagem versátil e transferível.

No que tange a respeito do engajamento discente, a utilização da ferramenta foi avaliada como nível 5 ("ajudo muito"), por ter facilitado a manutenção da atenção dos alunos na atividade proposta. Por fim, o impacto na compreensão do conteúdo educacional foi igualmente avaliado como nível 5 ("compreenderam tudo"), indicando que os alunos atingiram o nível de compreensão desejado durante a atividade proposta. Em suma, os resultados obtidos apontam que a aplicação da metodologia se mostrou uma ferramenta eficaz para a abordagem do conteúdo, aplicabilidade do conhecimento, manutenção da atenção e compreensão dos alunos. Essa percepção da eficácia da docente é pertinente ao estudo de (Borborema; Maurício, 2024), em que a totalidade dos professores entrevistados (100%) concorda que as tecnologias digitais influenciam na aprendizagem do aluno. Assim, os dados apresentados nesta pesquisa demonstram o sucesso da aplicação e reforçam o potencial das ferramentas digitais no meio educacional.

7 Conclusões

Este estudo teve como objetivo apresentar e aplicar uma metodologia para o uso da realidade aumentada como ferramenta de ensino. Por meio de uma abordagem prática, com a aplicação em três momentos distintos, foi possível avaliar os impactos da RA no processo de ensino-aprendizagem, bem como a usabilidade da metodologia, seu potencial de adaptabilidade e as limitações inerentes à sua implementação.

Os resultados obtidos nesta pesquisa evidenciam o impacto positivo da utilização da realidade aumentada no contexto educacional. Ao analisar a eficácia da ferramenta, sua contribuição para a aprendizagem, o nível de satisfação dos alunos, a usabilidade e a percepção de aprendizagem, a metodologia se mostrou eficiente em alcançar os resultados esperados. Desse modo, a metodologia reforça sua importância no processo de ensino-aprendizagem e cumpre seu papel como uma ferramenta de fácil aplicação e adoção por parte dos docentes.

Adicionalmente, os dados coletados são de grande relevância para mensurar a qualidade da metodologia desenvolvida. Sua comprovada replicabilidade em contextos diversificados reforça o impacto positivo dentro do cenário educacional, validando a realidade aumentada como uma ferramenta auxiliar efetiva no processo de ensino-aprendizagem.

Diante do contexto da inserção da realidade aumentada na educação, uma das principais lacunas identificadas na literatura é a necessidade de conhecimento prévio para a aplicação de ferramentas imersivas em sala de aula. Essa lacuna é preenchida pelo presente trabalho, pois os resultados demonstram que a metodologia proposta não exige conhecimento prévio para sua aplicação ou estudos correlatos, evidenciando sua capacidade de ser implementada por profissionais das mais diversas áreas do conhecimento.

7.1 Limitações e Dificuldades Encontradas

Apesar de este trabalho ter demonstrado os benefícios na aplicação da metodologia, levando em consideração aspectos educacionais e de ensino-aprendizagem, alguns percalços foram perceptíveis durante a execução do projeto. Um dos problemas enfrentados durante a aplicação da metodologia foi referente às restrições técnicas relativas aos dispositivos dos usuários não serem capazes de reproduzir o modelo em realidade aumentada ou reproduzi-lo de forma fluida. Outro ponto que limitou a experiência dos usuários foi a dependência de uma conexão de internet estável, fatores esses que impactaram diretamente a experiência de uso da solução e a fluidez do processo de aprendizagem.

Uma das limitações encontradas foi a heterogeneidade e a capacidade técnica dos

dispositivos móveis utilizados pelos participantes. Constatou-se que nem todos os aparelhos possuíam os requisitos de hardware necessários para executar a aplicação de realidade aumentada de forma satisfatória. Especificamente, a reprodução fluida e sem interrupções dos modelos 3D foi comprometida em dispositivos com menor capacidade de processamento gráfico ou memória RAM, levando a travamentos e, em alguns casos, à incompatibilidade total com a plataforma, o que restringiu o acesso e a participação de alguns dos usuários.

Adicionalmente, a dependência de uma conexão de internet de alta velocidade e estabilidade representou outro obstáculo significativo. A plataforma utilizada para renderizar os modelos em realidade aumentada exige um carregamento contínuo de dados, processo que se mostrou vulnerável a oscilações e latência de rede. Em cenários com conectividade deficiente, os usuários experimentaram longos tempos de espera para o carregamento dos modelos ou, em casos mais graves, a falha completa na visualização do conteúdo, prejudicando a continuidade e a qualidade da experiência de ensino-aprendizagem proposta pela metodologia.

Apesar dos desafios encontrados, a metodologia proposta demonstrou o potencial da realidade aumentada como uma ferramenta de ensino-aprendizagem, fornecendo evidências de seu impacto positivo na motivação e no engajamento dos alunos. Contudo, o estudo abre caminhos para futuras investigações que possam superar as limitações técnicas e operacionais identificadas. Em particular, destaca-se a necessidade de desenvolver estratégias que minimizem a dependência de uma conexão de internet de alta qualidade, garantindo a acessibilidade e a fluidez da experiência para um público mais amplo.

7.2 Trabalhos Futuros

Por fim, este trabalho abre espaço para novas investigações para trabalhos futuros, recomenda-se a expansão e a validação da metodologia em maior escala. Sugere-se a aplicação do método a públicos mais amplos e heterogêneos, bem como a realização de estudos longitudinais, com sessões mais duradouras e um número maior de encontros. Tal abordagem permitiria a coleta de dados quantitativos e qualitativos mais robustos, consolidando os resultados aqui apresentados e possibilitando uma análise aprofundada sobre o impacto da realidade aumentada no processo de ensino-aprendizagem a longo prazo.

Outra vertente promissora para investigações futuras consiste na diversificação da aplicação da metodologia para outras áreas do conhecimento, como ciências exatas, tecnologia, saúde e artes. A adaptação do modelo para diferentes contextos curriculares permitiria avaliar sua transversalidade e eficácia em domínios variados. Adicionalmente, os resultados obtidos nesta pesquisa podem ser utilizados como base para o aprimoramento da metodologia proposta, refinando suas etapas e melhorando seu potencial pedagógico

para futuras implementações.

Referências

AZUMA, Ronald T. A Survey of Augmented Reality. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, v. 6, n. 4, p. 355–385, ago. 1997. DOI:

[10.1162/pres.1997.6.4.355](https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355), eprint: <https://direct.mit.edu/pvar/article-pdf/6/4/355/1623026/pres.1997.6.4.355.pdf>. Disponível em:

<https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>. Citado na p. [6](#).

BORBOREMA, Silvana; MAURÍCIO, Claudio. Realidade aumentada como recurso pedagógico para docentes dos anos iniciais do ensino fundamental. *In*: ANAIS Estendidos do XXVI Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada. Manaus/AM: SBC, 2024.

p. 101–105. DOI: [10.5753/svr_estendido.2024.244762](https://doi.org/10.5753/svr_estendido.2024.244762). Disponível em:

https://sol.sbc.org.br/index.php/svr_estendido/article/view/30460. Citado nas pp. [11](#), [12](#), [49](#), [51](#).

BROCHADO, Rafael; CARVALHO, Marco. Revisão sistemática de estudos e aplicações de modelos pedagógicos diversificados. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 29, n. 0, p. 718–745, 2021. ISSN 2317-6121. DOI:

[10.5753/rbie.2021.29.0.718](https://doi.org/10.5753/rbie.2021.29.0.718). Disponível em:

<http://milanesa.ime.usp.br/rbie/index.php/rbie/article/view/v29p718>. Citado na p. [8](#).

CALAZANS, Patricia Procopio *et al.* GEOVISUALIZAÇÃO EM AMBIENTES DE REALIDADE VIRTUAL E SUA APLICAÇÃO NA EXPLORAÇÃO MINERAL.

Revista Brasileira de Cartografia, EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlândia, v. 68, n. 1, fev. 2016. ISSN 1808-0936. DOI: [10.14393/rbcv68n1-44470](https://doi.org/10.14393/rbcv68n1-44470).

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/rbcv68n1-44470>. Citado na p. [5](#).

CALDEIRA, Vanessa Morgado Madeira *et al.* Realidade Aumentada na Educação: Reimaginando Experiências de Aprendizado com Tecnologia Imersiva. **Revista Aracê**, Revista Aracê, v. 6, n. 2, p. 2552–2565, 2024. ISSN 2358-2572. DOI:

[10.56238/arev6n2-124](https://doi.org/10.56238/arev6n2-124). Disponível em:

<https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/821>. Citado na p. [8](#).

CARR, Caroline Nunes *et al.* Modelagem de dados para realidade virtual e aumentada: desafios e soluções ao lidar com dados espaciais e interativos. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, South Florida Publishing LLC, v. 21,

n. 12, p. 24120–24134, dez. 2023. ISSN 1696-8352. DOI: [10.55905/oelv21n12-037](https://doi.org/10.55905/oelv21n12-037).

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.55905/oelv21n12-037>. Citado na p. [5](#).

FERREIRA, Jorge Miguel Ribeiro. **Interação em Realidade Virtual Através de Tangíveis Passivos**. Jun. 2020. Diss. (Mestrado) – Universidade de Coimbra, Coimbra. Dissertação de Mestrado em Design e Multimédia, Faculdade de Ciências e Tecnologia,

Departamento de Engenharia Informática. Disponível em:

<https://hdl.handle.net/10316/92494>. Citado na p. [5](#).

LIMA, Bruno Gadelha de *et al.* EXPLORANDO O POTENCIAL DA REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA NA EDUCAÇÃO: INOVAÇÕES E APLICAÇÕES PRÁTICAS. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 11, n. 1, p. 2005–2023, jan. 2025. DOI: [10.51891/rease.v11i1.17999](https://doi.org/10.51891/rease.v11i1.17999). Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/17999>. Citado na p. [2](#).

LOBO, Deisiré Amaral; BARWALDT, Regina. Práticas Pedagógicas Inovadoras e Tecnologias Digitais Imersivas na Educação Infantil. **Periferia**, v. 13, n. 3, p. 230–256, mar. 2022. DOI: [10.12957/periferia.2021.63513](https://doi.org/10.12957/periferia.2021.63513). Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/periferia/article/view/63513>. Citado na p. [1](#).

MACÊDO, Vanderlan Feitosa de *et al.* Mapeamento dos Recursos de Realidade Aumentada adotados no contexto da Educação Básica no Brasil / Mapping of Augmented Reality Resources adopted in the context of Basic Education in Brazil. **ID on line. Revista de psicologia**, v. 16, n. 63, p. 611–623, out. 2022. DOI: [10.14295/idonline.v16i63.3572](https://doi.org/10.14295/idonline.v16i63.3572). Disponível em: <https://idonline.emnuvens.com.br/id/article/view/3572>. Citado nas pp. [10](#), [12](#).

MEROTO, Monique Bolonha das Neves *et al.* ALÉM DA LOUSA: EXPLORANDO O POTENCIAL DA REALIDADE AUMENTADA NO AMBIENTE EDUCACIONAL. **REVISTA FOCO**, v. 17, n. 1, e4114, jan. 2024. DOI: [10.54751/revistafoco.v17n1-050](https://doi.org/10.54751/revistafoco.v17n1-050). Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/4114>. Citado na p. [1](#).

MILGRAM, Paul; KISHINO, Fumio. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. **IEICE TRANSACTIONS on Information**, E77-D, n. 12, p. 1321–1329, dez. 1994. Citado nas pp. [4](#), [5](#).

MORGADO, Leonel. Ambientes de aprendizagem imersivos. **Video Journal of Social and Human Research**, v. 1, n. 2, p. 102–116, 2022. DOI: [10.18817/vjshr.v1i2.32](https://doi.org/10.18817/vjshr.v1i2.32). Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.2/12989>. Citado na p. [4](#).

NASCIMENTO, Thainá do *et al.* Explorando a robótica aumentada para o ensino de arduíno em um clube de robótica. *In: ANAIS do I Seminário Sul-Mato-Grossense de Tecnologias Digitais na Escola (I SeSTeD)*. Campo Grande: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, nov. 2024. Citado na p. [33](#).

NEINAS, Patrícia. **Ensino de matemática com o auxílio da realidade aumentada**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil. Citado nas pp. [10](#), [12](#), [43](#), [50](#).

- PALACIO, Camilo Parra. **Otto DIY**. [S. l.]: Otto DIY, 2017. Disponível em: <https://www.ottodiy.com/>. Acesso em: 5 ago. 2025. Citado na p. 35.
- PALACIO, Camilo Parra. **Otto DIY build your own robot in 1 hour**. [S. l.]: Autodesk Community, 2016. Disponível em: <https://www.autodesk.com/community/gallery/project/92148/otto-diy-build-your-own-robot-in-1-hour>. Acesso em: 5 ago. 2025. Citado na p. 35.
- PAPERT, Seymour. **Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas**. New York, NY, USA: Basic Books, Inc., 1980. Citado na p. 8.
- REZENDE, Sandro M *et al.* A realidade aumentada em situações de aprendizagem na educação básica: uma revisão de literatura. *In: SBC. WORKSHOP sobre as Implicações da Computação na Sociedade (WICS)*. [S. l.: s. n.], 2021. p. 102–111. DOI: <https://doi.org/10.5753/wics.2021.15968>. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wics/article/view/15968>. Citado na p. 1.
- SANTANA, Jéssica Raquel de *et al.* O uso da realidade aumentada na educação médico-cirúrgica / The use of augmented reality in medical-surgical education. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 35497–35511, jun. 2020. DOI: [10.34117/bjdv6n6-185](https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/11323). Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/11323>. Citado na p. 8.
- SILVA, Juarez Bento da; BILESSIMO, Simone Meister Sommer; MACHADO, Leticia Rocha. INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO: PROPOSTA DE MODELO PARA CAPACITAÇÃO DOCENTE INSPIRADA NO TPACK. **Educação em Revista**, Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, v. 37, e232757, 2021. ISSN 0102-4698. DOI: [10.1590/0102-4698232757](https://doi.org/10.1590/0102-4698232757). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-4698232757>. Citado na p. 1.
- SOUSA, Leopoldo *et al.* Aplicações de Realidade Virtual em Coordenação de Projeto de Engenharia Civil. *In: FEUP. 30 Congresso Português de 'Building Information Modelling'*. [S. l.: s. n.], 2020. p. 773–784. DOI: [10.24840/978-972-752-272-9_0773-0784](http://dx.doi.org/10.24840/978-972-752-272-9_0773-0784). Disponível em: http://dx.doi.org/10.24840/978-972-752-272-9_0773-0784. Citado na p. 5.
- SYED, Toqeer Ali *et al.* In-Depth Review of Augmented Reality: Tracking Technologies, Development Tools, AR Displays, Collaborative AR, and Security Concerns. **Sensors**, v. 23, n. 1, 2023. ISSN 1424-8220. DOI: [10.3390/s23010146](https://www.mdpi.com/1424-8220/23/1/146). Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/1/146>. Citado na p. 7.
- TELES, Danilo Krebs; ZUCOLOTTO, Marcele Pereira; GHISLENI, Taís Steffenello. O uso da realidade aumentada aplicado em ensino. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 7, p. 1–20, maio 2019. DOI: [10.33448/rsd-v8i7.1080](https://www.redalyc.org/journal/5606/560662198052/html/). Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/5606/560662198052/html/>. Citado na p. 7.

TORI, Romero; HOUNSELL, Marcelo da Silva. Introdução a realidade virtual e aumentada. **Sociedade Brasileira de Computação**, 2020. Citado nas pp. [5](#), [6](#).

VIANA, Gilberto de Oliveira; RIBEIRO, Rafael João;
FIGUEIREDO, Gregory Vinicius Conor. Robótica aumentada: Interação entre robôs reais e cenários virtuais projetados com aplicação no ensino de Física. **Ensino e Tecnologia em Revista**, v. 5, n. 2, p. 108–124, 2021. ISSN 2594-3901. DOI: [10.3895/etr.v5n2.14323](https://doi.org/10.3895/etr.v5n2.14323). Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/etr/article/view/14323>. Citado na p. [6](#).

ZILAK, Matea; CAR, Zeljka; CULJAK, Ivana. A Systematic Literature Review of Handheld Augmented Reality Solutions for People with Disabilities. **Sensors**, v. 22, n. 20, 2022. ISSN 1424-8220. DOI: [10.3390/s22207719](https://doi.org/10.3390/s22207719). Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/20/7719>. Citado na p. [7](#).