



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS QUIXADÁ

CURSO DE GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

CARLOS CAUET FERREIRA COSTA

**MUSEU MATRIOSCA: REALIDADE AUMENTADA COMO ARQUIVO VIVO DE
EXPOSIÇÕES ITINERANTES DA CASA DE SABERES CEGO ADERALDO**

QUIXADÁ

2026

CARLOS CAUET FERREIRA COSTA

MUSEU MATRIOSCA: REALIDADE AUMENTADA COMO ARQUIVO VIVO DE
EXPOSIÇÕES ITINERANTES DA CASA DE SABERES CEGO ADERALDO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Sistemas de Informação
do Campus Quixadá da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
grau de bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador: Prof. Dr. João Vilnei de Oli-
veira Filho.

QUIXADÁ

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C871m Costa, Carlos Cauet Ferreira.

Museu Matriosca : realidade aumentada como arquivo vivo de exposições itinerantes da Casa de Saberes Cego Aderaldo / Carlos Cauet Ferreira Costa. – 2026.
107 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Curso de Sistemas de Informação, Quixadá, 2026.

Orientação: Prof. Dr. João Vilnei de Oliveira Filho.

1. Realidade aumentada. 2. Exposições itinerantes. 3. Acervo digital. 4. WebAR. 5. Museologia. I. Título.
CDD 005

CARLOS CAUET FERREIRA COSTA

MUSEU MATRIOSCA: REALIDADE AUMENTADA COMO ARQUIVO VIVO DE
EXPOSIÇÕES ITINERANTES DA CASA DE SABERES CEGO ADERALDO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Sistemas de Informação
do Campus Quixadá da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
grau de bacharel em Sistemas de Informação.

Aprovada em: 22/01/2026.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Vilnei de Oliveira Filho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Sérgio Rafael Tomé das Neves Eliseu
Universidade de Aveiro, Portugal (UA)

Prof. Dra. Flávia Campos Junqueira
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

À minha família, em especial à minha mãe e à minha irmã, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando. Aos meus avós, que são minha grande inspiração e construíram as bases para que eu seja quem sou hoje.

AGRADECIMENTOS

Ao longo da minha graduação, muitas pessoas me marcaram e contribuíram para o meu crescimento, mostrando que o processo até aqui era possível e podia ser agradável. Esta seção é dedicada a todos que participaram dessa caminhada.

Primeiramente, agradeço à minha mãe, que foi quem tornou isso possível. O sonho dessa conclusão vai além de mim e também perpassa por ela e por todo o seu trabalho para que eu tivesse a liberdade de chegar neste momento.

À minha irmã, que sempre me apoiou em tudo e tornou essa caminhada mais tranquila, trilhando esse caminho antes de mim e me preparando.

Aos meus avós, que sempre me mostraram que era possível sonhar e que não existe idade para ter o desejo de aprender. Seus sonhos estão em mim e eu vou carregá-los até onde for possível, e este trabalho também é uma forma de expressar isso.

Ao meu padrasto, que sempre acreditou no meu potencial e me ensinou lições valiosas para a vida adulta.

À minha família, por todo o apoio que sempre recebi e pelo esforço em sempre me fazer acreditar que a educação é o caminho. Chegar aqui só foi possível por todo o trabalho das pessoas que cuidaram de mim e firmaram minha base.

Aos meus amigos, Vanessa Lima, Giovanna Moncayo e Lucas Braga, com quem dividi a graduação do início ao fim. Cada abraço, risada e conselho foram essenciais para tornar esse processo mais tranquilo. A nossa amizade é um dos maiores tesouros que já encontrei e vai estar sempre comigo até onde a vida nos levar.

Ao meu namorado, Marcus Vinicius, que esteve comigo durante esses anos difíceis e sempre me impulsionou a ficar bem. Seu apoio foi essencial para me mostrar que é possível encontrar leveza mesmo nos piores momentos. Obrigado por tanto.

Ao meu orientador, Prof. Dr. João Vilnei de Oliveira Filho, obrigado por aceitar ser meu guia nesse processo. Suas aulas de Realidade Aumentada foram essenciais para que eu encontrasse esse caminho, que nem passava pela minha mente até então. Agradeço pela ideia do trabalho, por acreditar que tudo daria certo e, principalmente, pelo título “Museu Matriosca”.

Para concluir, agradeço à educação pública por tornar esse sonho possível. Sua existência fez com que a minha vida e a da minha família mudassem e mostrou que, mesmo com tantos obstáculos, é possível ser muito mais do que o estigma imposto às pessoas do interior.

"Vivemos em cidades que você nunca verá nas telas." (Lorde, *Team*)

RESUMO

Este estudo propõe a criação do projeto Museu Matriosca e o uso da realidade aumentada (RA) como ferramenta para documentar e disseminar digitalmente um registro imagético das exposições itinerantes realizadas na Casa de Saberes Cego Aderaldo, em Quixadá, ao longo de 2025. Fundamentada em um referencial teórico que aborda a RA, as exposições itinerantes e os desafios do arquivamento digital, a pesquisa destaca o potencial do WebAR como ferramenta de mediação cultural e de prolongamento de mostras temporárias. Projetos relacionados que aplicam RA em contextos museológicos foram analisados, revelando diferentes estratégias para interação e preservação do patrimônio. A metodologia adotada segue abordagem qualitativa, estruturada em quatro etapas: curadoria digital do acervo, projeto da arquitetura da aplicação, implementação da aplicação e avaliação com usuários. A aplicação WebAR desenvolvida, acessível via navegador móvel, utiliza tecnologias como Three.js, AR.js e WebXR para possibilitar a visualização, em RA, de paredes expositivas reconstruídas digitalmente, integradas ao espaço físico da Casa de Saberes. A avaliação de usabilidade, realizada com oito participantes em contexto real de uso, combinou testes de tarefas, questionário pós-uso e aplicação da System Usability Scale (SUS). Os resultados indicaram altas taxas de sucesso nas tarefas, percepção positiva sobre clareza da navegação e organização das exposições e uma pontuação SUS em torno de 97,8 em uma escala de 0 a 100, enquanto as principais dificuldades se concentraram na robustez da RA em dispositivos mais antigos e nas limitações de suporte à WebXR. O projeto oferece, assim, uma solução tecnológica que contribui para a continuidade, ampliação de acesso e mediação digital das exposições temporárias da Casa de Saberes Cego Aderaldo e, potencialmente, de outros museus que façam uso da mesma tecnologia.

Palavras-chave: realidade aumentada; exposições itinerantes; acervo digital; WebAR; museologia; usabilidade.

ABSTRACT

This study proposes the creation of the Museu Matriosca project and the use of augmented reality (AR) as a tool to digitally document and disseminate a visual record of the itinerant exhibitions held at the Casa de Saberes Cego Aderaldo, in Quixadá, throughout 2025. Grounded in a theoretical framework that addresses augmented reality, itinerant exhibitions, and the challenges of digital archiving, the research highlights the potential of WebAR as a tool for cultural mediation and for extending the lifespan of temporary exhibitions. Related projects that apply AR in museological contexts were analyzed, revealing different strategies for interaction and heritage preservation. The adopted methodology follows a qualitative approach, structured into four stages: digital curation of the collection, application architecture design, application implementation, and user evaluation. The developed WebAR application, accessible via a mobile web browser, uses technologies such as Three.js, AR.js, and WebXR to enable AR visualization of digitally reconstructed exhibition walls integrated into the physical space of the Casa de Saberes. The usability evaluation, conducted with eight participants in a real use context, combined task-based tests, a post-use questionnaire, and the application of the System Usability Scale (SUS). The results indicated high task success rates, a positive perception of navigation clarity and exhibition organization, and a SUS score of approximately 97.8 on a scale from 0 to 100. The main difficulties were related to the robustness of AR on older devices and to limitations in WebXR support. The project thus offers a technological solution that contributes to the continuity, expanded access, and digital mediation of the temporary exhibitions of the Casa de Saberes Cego Aderaldo and, potentially, of other museums that adopt the same technology.

Keywords: augmented reality; itinerant exhibitions; digital collection; WebAR; museology; usability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Contínuo Realidade-Virtual, adaptado por Tori (2017).	17
Figura 2 – ARCooci em funcionamento, exibindo os modelos 3D.	25
Figura 3 – Modelos de cangaceiros exibidos pelo aplicativo.	26
Figura 4 – Processo de captura e processamento, através do Scaniverse.	27
Figura 5 – Fluxo de Etapas	29
Figura 6 – Tela inicial da aplicação, página de seleção da exposição e detalhes da exposição selecionada.	34
Figura 7 – <i>Popup</i> com informações curatoriais e recurso de áudio, expansão da imagem das obras e botão para iniciar a interação em Realidade Aumentada (RA).	35
Figura 8 – Estrutura da RA, destacando a parede aumentada, a moldura tridimensional e a imagem bidimensional da obra.	36
Figura 9 – Instruções indicam como utilizar a RA.	36
Figura 10 – A <i>exposição Tesouros Vivos do Ceará</i> no contexto original.	37
Figura 11 – A <i>exposição Ancestralidade, Resistência e Transmissão</i> no contexto original.	37
Figura 12 – A <i>exposição Quixadá Fantástico</i> no contexto original.	37
Figura 13 – Interação em RA com a exposição <i>Tesouros Vivos do Ceará</i>	38
Figura 14 – Interação em RA com a exposição <i>Ancestralidade, Resistência e Transmissão</i>	38
Figura 15 – Interação em RA com a exposição <i>Quixadá Fantástico</i>	38
Figura 16 – Interação em RA com a exposição <i>Linhas da Vida</i>	104
Figura 17 – Interação em RA com a exposição <i>Sertão Monumental</i>	104
Figura 18 – Interação em RA com a exposição <i>Retratos do Voo</i>	105
Figura 19 – Interação em RA com a exposição <i>Cotidiano</i>	105
Figura 20 – Interação em RA com a exposição <i>Bicha Passarin</i>	106

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparação entre projetos baseados em RA em contextos museológicos	27
Quadro 2 – Perfil dos participantes dos testes de usabilidade.	40
Quadro 3 – Contexto técnico de uso e situação da RA por participante.	41
Quadro 4 – Resumo dos testes de usabilidade por tarefa.	42
Quadro 5 – Resumo descritivo dos itens do questionário SUS.	44

LISTA DE CÓDIGOS-FONTE

Código-fonte 1	– Script principal da aplicação (main.js)	59
Código-fonte 2	– Configuração da cena RA com Three.js (ar-setup.js)	63
Código-fonte 3	– Interface e interação do usuário (ui.js)	66
Código-fonte 4	– Renderização das obras na parede RA (wall-utils.js)	81
Código-fonte 5	– Funções auxiliares de vídeo (video-utils.js)	96
Código-fonte 6	– Página HTML principal (index.html)	99

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RA	Realidade Aumentada
RM	Realidade Misturada
RV	Realidade Virtual
Secult Ceará	Secretaria da Cultura do Estado do Ceará
SUS	System Usability Scale
UTAUT	Unified Theory of Acceptance and Use of Technology
W3C	World Wide Web Consortium

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivo Geral	15
1.2	Objetivos Específicos	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Realidade Aumentada	16
2.1.1	<i>Tecnologias e Ferramentas</i>	17
2.1.2	<i>Aplicação em Museus</i>	18
2.2	Exposições Itinerantes	20
2.3	Casa de Saberes Cego Aderaldo	21
2.4	Memória e Arquivo na Era Digital	22
3	TRABALHOS RELACIONADOS	24
3.1	ARCOCOCI: desenvolvimento de uma aplicação com realidade aumentada para o Museu de Parambu	24
3.2	Preservação Cultural no Museu do Cangaço através da Realidade Aumentada	25
3.3	Museus e a digitalização de trajes: Da preservação à realidade aumentada	26
3.4	Comparação entre os Trabalhos	27
4	METODOLOGIA	29
4.1	Estruturação do Acervo	29
4.2	Arquitetura da Aplicação	30
4.3	Implementação da Aplicação	31
4.4	Avaliação de Usabilidade e Experiência do Usuário	31
4.4.1	<i>Planejamento e participantes</i>	32
4.4.2	<i>Procedimentos de teste de usabilidade</i>	32
4.4.3	<i>Questionário pós-uso</i>	33
4.4.4	<i>Estratégia de análise dos dados</i>	33
5	RESULTADOS	34
5.1	Resultados da Implementação	34
5.1.1	<i>Interface e navegação</i>	34
5.1.2	<i>Visualização em realidade aumentada</i>	35

5.1.3	<i>Exposições integradas ao Museu Matriosca</i>	39
5.2	Resultado dos testes de usabilidade	40
5.2.1	<i>Perfil dos participantes</i>	40
5.2.2	<i>Desempenho nas tarefas de uso</i>	42
5.2.3	<i>Percepções sobre a interface, as exposições e a RA</i>	43
5.2.4	<i>Resultados da System Usability Scale</i>	44
6	CONCLUSÃO	46
	REFERÊNCIAS	48
	APÊNDICE A – Roteiro dos testes de usabilidade	52
	APÊNDICE B – Questionário de avaliação de usabilidade	54
	APÊNDICE C – Códigos da Aplicação	59
	APÊNDICE D – Exposições em RA	104

1 INTRODUÇÃO

A palavra matriosca, de origem russa, refere-se às tradicionais bonecas que se abrem ao meio para revelar outra semelhante em seu interior, sucessivamente (Priberam, 2021?). De maneira análoga, a RA pode acrescentar novas camadas à experiência expositiva em museus, permitindo ao público enxergar além do que está fisicamente exposto, por meio de recursos interativos que revelam níveis de informação sobrepostos à realidade visível (Oliveira; Scheiner, 2020).

Essa capacidade de agregar camadas de significados tornou-se ainda mais relevante diante dos desafios contemporâneos. Nas últimas décadas, especialmente após a pandemia de COVID-19, os museus passaram a repensar suas formas de mediação cultural (Ribeiro *et al.*, 2022). Como destaca Silva (2021), o isolamento social impôs uma necessidade urgente de adaptação, impulsionando a incorporação de tecnologias, como a RA, nos espaços museológicos e acelerando a transição para o ambiente digital, o que promoveu uma ressignificação das práticas museológicas. Entre os exemplos citados pelo autor está o Riga Motor Museum, na Letônia, que passou a utilizar recursos de RA para proporcionar ao visitante uma experiência interativa e informacional, mesmo fora do espaço físico do museu. No Brasil, em resposta a esse mesmo contexto de distanciamento social, o Popular (2020) destacou a ação “MAM na Cidade”, em que o Museu de Arte Moderna de São Paulo exibiu obras em painéis urbanos e projeções públicas. Cada obra incluía um QR Code que levava a áudios no Spotify, com comentários de personalidades sobre os artistas e contextos das obras.

Nesse contexto de transformação, os museus formados por exposições itinerantes enfrentam limitações particulares que tornam o uso da RA ainda mais estratégico. Tradicionalmente, o museu é concebido como um espaço de preservação da arte e da história, representado por coleções físicas de objetos (Casimiro, 2014). No entanto, quando a principal dinâmica envolve exposições temporárias e móveis, o acervo não é totalmente fixo ou, quando presente, é mantido em escala reduzida. Essa configuração gera entraves relacionados à continuidade do acesso, já que as exposições itinerantes deixam de estar disponíveis ao público local após um período limitado de exibição.

Diante dos obstáculos mencionados anteriormente, uma solução viável para a limitação do acervo consiste na utilização da RA como meio de registro digital das exposições itinerantes, formando um acervo virtual permanente e disponível no próprio museu. A proposta que vai ser desenvolvida nesta pesquisa visa ampliar o acesso às obras apresentadas na Casa de

Saberes Cego Aderaldo, estendendo sua permanência e alcance. Sua aplicação é direcionada principalmente à equipe do museu e seus visitantes, oferecendo-lhes uma ferramenta interativa para acesso contínuo ao conteúdo expositivo, mesmo após o encerramento das mostras temporárias. Como destacam Araújo *et al.* (2023), a RA representa um recurso eficaz para a valorização do patrimônio cultural, ao potencializar a visibilidade e o engajamento com o conteúdo museológico.

1.1 Objetivo Geral

Registrar e tornar acessíveis, por meio de uma aplicação *web* baseada em RA, parte das exposições itinerantes realizadas na Casa de Saberes Cego Aderaldo, ampliando a interação do público com o conteúdo que foi exposto em 2025.

1.2 Objetivos Específicos

1. Estruturar um acervo digital com dados organizados das obras expostas em 2025.
2. Implementar uma aplicação *web* móvel com recursos de RA que integrem conteúdos digitais ao espaço físico do museu.
3. Avaliar a experiência de uso da aplicação com a equipe do museu e visitantes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, apresenta-se o referencial teórico que fundamenta este trabalho, servindo de base para a construção dos conceitos e para a compreensão dos aspectos técnicos e aplicativos que envolvem a proposta desta pesquisa.

2.1 Realidade Aumentada

A RA é uma tecnologia que viabiliza a integração entre o cenário físico e elementos digitais gerados computacionalmente, de forma interativa e em tempo real. Sua principal característica é a sobreposição de objetos virtuais ao contexto tangível, proporcionando ao utilizador a sensação de que ambos coexistem no mesmo espaço e momento (Tori; Hounsell, 2020). Essa definição alinha-se com os critérios estabelecidos por Azuma *et al.* (2001), que identificou três componentes fundamentais para a RA: a combinação entre o tangível e o digital, a interatividade em tempo real e o registro preciso entre os universos físico e computacional.

Duas abordagens técnicas são comumente utilizadas para viabilizar essa sobreposição no espaço físico: RA baseada em marcadores (*marker-based*) e RA sem marcadores (*markerless*). A primeira utiliza padrões visuais previamente definidos, como QR codes ou símbolos geométricos, que funcionam como referências para o posicionamento dos elementos virtuais. Já a abordagem *markerless* dispensa tais padrões e se baseia em características naturais do ambiente, como bordas, texturas ou planos, capturados pela câmera do dispositivo em tempo real, para realizar a ancoragem dos objetos digitais (Oufqir *et al.*, 2020).

Diferentemente da Realidade Virtual (RV), que busca transportar o indivíduo para um espaço completamente simulado, a RA tem como foco o engrandecimento do mundo concreto por meio de informações digitais. Enquanto a RV isola o utilizador do ambiente físico, a RA ancora-se nesse espaço, ampliando sua percepção com dados adicionais e favorecendo interações mais fluidas entre o mundo físico e o digital (Billinghurst *et al.*, 2015). Essa abordagem torna a ferramenta especialmente eficaz em contextos nos quais é importante manter o contato com a realidade circundante, como na educação, medicina, indústria, turismo, entre outros.

Além disso, o conceito de RA também está inserido no chamado "Contínuo Realidade-Virtual", proposto por Milgram e Kishino (1994). Esse contínuo estabelece uma escala entre o plano real e o virtual, sendo a RA uma forma intermediária que mescla elementos de ambos os extremos (ver Figura 1). Dentro desse espectro, a RA é frequentemente confundida com, ou

utilizada como sinônimo de, Realidade Misturada (RM). Esta, por sua vez, tende a envolver uma integração ainda mais profunda entre os mundos físico e digital, incorporando frequentemente sensores ambientais, inteligência contextual e uma maior adaptabilidade às condições do entorno (Tori; Hounsell, 2020).

Figura 1 – Contínuo Realidade-Virtual, adaptado por Tori (2017).



Fonte: Tori e Hounsell (2020)

Neste trabalho, a RA é vista como uma ponte que aproxima o público do conteúdo cultural. A sobreposição de elementos digitais ao ambiente físico tende a ampliar as possibilidades de experiência, criando condições para que informações e conteúdos sejam acessados por meio de novas perspectivas, ultrapassando possíveis limitações físicas e temporais.

2.1.1 Tecnologias e Ferramentas

A criação de experiências em RA na *web* requer a integração de diversos recursos computacionais, como *frameworks* gráficos, bibliotecas de rastreamento espacial e ferramentas de modelagem tridimensional.

Dentre as abordagens predominantes, as soluções *WebAR* permitem que conteúdos aumentados sejam executados diretamente em navegadores, dispensando a instalação de *softwares* nativos. Tal alternativa simplifica o acesso ao conteúdo digital ao eliminar barreiras técnicas e ampliar seu uso em diferentes cenários. Adicionalmente, sua facilidade de utilização, por não exigir conhecimentos especializados, torna a tecnologia acessível a públicos variados (Andrade *et al.*, 2025).

Para viabilizar aplicações *WebAR*, frequentemente se empregam bibliotecas como a *Three.js*, um conjunto de ferramentas *JavaScript* de código aberto essencial para renderizar gráficos tridimensionais em navegadores modernos. Esta simplifica a complexidade do *WebGL*¹, facilitando a criação de cenas, animações e modelos com relativa praticidade (Three.js-Manual,

¹WebGL é um padrão aberto para gráficos 3D de baixo nível no navegador (Khronos, 2025?).

2025?). O *AR.js*, por sua vez, complementa este ecossistema como uma opção leve e eficiente voltada especificamente à RA, com foco no reconhecimento de marcadores e rastreamento de imagens. Isso possibilita ancorar elementos digitais, como objetos 3D e vídeos, ao ambiente real, exibindo-os em tempo real sobre a imagem capturada pela câmera (Ar.js-Manual, 2025?).

A integração entre essas bibliotecas, como *Three.js* e *AR.js*, e a uniformidade da experiência entre navegadores e dispositivos são facilitadas pelo *WebXR Device API*, desenvolvido pelo World Wide Web Consortium (W3C). Essa interface padronizada oferece suporte tanto à RA quanto à RV diretamente no navegador, promovendo interoperabilidade entre sistemas e maior consistência no comportamento das aplicações (W3c, 2023). Ao reduzir a fragmentação e eliminar a dependência de aplicativos dedicados, o *WebXR* favorece a escalabilidade das soluções *WebAR*, consolidando-se como um componente estratégico para o ecossistema digital.

2.1.2 *Aplicação em Museus*

A inserção da RA em instituições museológicas reflete uma tendência crescente no setor cultural, impulsionada pela busca por formas inovadoras de interação com o público e pela valorização da experiência de visita (Sebrae, 2023). Museus, centros de ciência e espaços culturais têm adotado projetos que utilizam RA como meio de modernização, educação patrimonial e atração de novos perfis de visitantes (Charr, 2024).

Ao permitir a sobreposição de objetos digitais, como modelos tridimensionais, vídeos, animações ou informações contextuais, sobre elementos físicos ou ambientes reais, a RA propicia formas alternativas de interpretação do acervo. Tais funcionalidades permitem visualizar peças em seus contextos originais, reconstruir elementos perdidos ou danificados e simular eventos históricos, promovendo uma mediação interativa entre o visitante e o conteúdo expositivo (Marçal, 2018).

Nesse cenário, a *WebAR* desponta como uma solução particularmente promissora para o campo museológico, uma vez que proporciona acesso às experiências diretamente pelos navegadores de dispositivos móveis, sem a necessidade de baixar aplicativos adicionais. Essa abordagem mitiga obstáculos técnicos, amplia a acessibilidade das iniciativas culturais e permite maior flexibilidade na criação de conteúdos complementares à visita (Andrade *et al.*, 2025).

Além de enriquecer a vivência dentro do espaço museal, a RA também tem sido aplicada em ações que extrapolam os limites físicos das instituições. Projetos baseados em geolocalização, por exemplo, permitem integrar tecnologia a circuitos urbanos, promovendo

a história de monumentos, edifícios e regiões e atraindo novos públicos. Um exemplo é o projeto da National Gallery, em Londres, que utilizou um aplicativo de RA para inserir obras de artistas como Ticiano, Van Gogh e Tracey Emin em pontos urbanos movimentados, levando a arte para além das paredes do museu (Charr, 2024). No Brasil, destaca-se a iniciativa do Museu do Cangaço, em Serra Talhada (PE), que desenvolveu um aplicativo com modelos 3D de figuras como Lampião e Maria Bonita, possibilitando aos visitantes interagir com essas personagens em ambientes reais, inclusive por meio de fotos (Araújo *et al.*, 2023). Assim, a RA assume uma função estratégica não apenas educacional, mas também de valorização patrimonial e fortalecimento da identidade cultural. Conforme argumenta Carvalho e Maia (2022), a tecnologia se apresenta como um instrumento eficaz para preservar e divulgar o patrimônio, ao oferecer experiências imersivas e informativas que integram os visitantes ao contexto histórico e cultural do espaço urbano. Além disso, promove a inclusão social e supera barreiras de acesso por meio de dispositivos móveis e inovações voltadas à interação com o público.

Sob essa perspectiva, as aplicações de RA no ambiente museológico podem ser organizadas segundo seus propósitos centrais, de acordo com a tipologia sugerida por Fernandes (2023), com base na percepção de profissionais atuantes na área:

- **Direção:** uso da RA como ferramenta de orientação espacial, guiando o visitante pelo ambiente físico e facilitando a navegação na exposição. Um exemplo é o sistema de museu inteligente descrito por Muthusundari *et al.* (2021), que utiliza beacons, pequenos dispositivos de transmissão por Bluetooth, para acionar automaticamente conteúdos em dispositivos móveis conforme a posição do visitante, oferecendo descrições, vídeos e modelos 3D das obras, e orientando a circulação pelo espaço expositivo.
- **Aprimoramento:** incorporação de conteúdos digitais que ampliam a compreensão das obras, oferecendo informações complementares em múltiplas mídias. Na exposição Heróis e Lendas, do Centro Espacial Kennedy, a RA projeta hologramas que dão rosto e voz a figuras do programa espacial, permitindo que visitantes escutem relatos em primeira pessoa e se conectem mais profundamente às histórias (Charr, 2024).
- **Renovação:** reinterpretação de exposições existentes por meio de camadas digitais interativas, sem necessidade de modificações físicas. O projeto ReBlink, da Galeria de Arte de Ontário, exemplifica essa abordagem ao adicionar elementos contemporâneos a obras clássicas, ampliando o engajamento do público, 84% dos visitantes relataram maior envolvimento com a arte (Charr, 2024).

- **Recriação:** reconstrução virtual de objetos desaparecidos ou contextos históricos, oferecendo novas formas de imersão e entendimento. O aplicativo Chronos, desenvolvido com apoio do Ministério da Cultura da Grécia, utiliza RA para restaurar virtualmente a aparência original de monumentos da Acrópole, incluindo esculturas e estruturas há muito perdidas (Estado, 2023).
- **Manipulação Participativa:** incentivo à interação do público com os elementos aumentados, permitindo personalização ou controle da experiência. O aplicativo do Museu do Cangaço (PE) ilustra essa categoria ao possibilitar que o visitante posicione, redimensione e fotografe modelos 3D de personagens históricos como Lampião e Maria Bonita em seu entorno (Araújo *et al.*, 2023).

Ao incorporar recursos de RA aos discursos curatoriais, os museus não apenas acompanham a evolução tecnológica, mas também reafirmam seu papel como agentes de inovação e experimentação (Marçal, 2018). Tal integração expande as possibilidades narrativas e de mediação, além de tornar o conteúdo mais acessível, consolidando a RA como uma ferramenta relevante para articular passado e presente, acervo e público.

2.2 Exposições Itinerantes

De acordo com Desvallées e Mairesse (2013), a exposição é uma das funções centrais do museu, concebida como um meio de comunicação que pode ocorrer tanto em instituições museais quanto em espaços não convencionais, sem que isso comprometa sua legitimidade. Assim, a exposição não se limita a um espaço fixo, podendo assumir diferentes formatos conforme o contexto. Entre esses formatos, destaca-se a exposição itinerante, entendida como uma extensão dessa função. Conforme aponta o Grupo Espanhol do ICC (2012)², a intensificação desse tipo de exposição no Brasil, a partir da década de 1990, acompanhou a profissionalização das equipes e o aumento dos intercâmbios institucionais. Pautadas na mobilidade e na temporalidade, essas exposições têm como objetivo ampliar o acesso ao patrimônio, embora envolvam desafios técnicos, especialmente no que se refere à conservação preventiva e à logística (ICC, 2012).

Nesse sentido, como destaca Dominici (2014), ao alcançar comunidades sem tradição ou infraestrutura museológica consolidada, as exposições itinerantes tornam-se instrumentos fundamentais para a democratização cultural. Elas ampliam o acesso ao patrimônio e ao conhecimento em territórios historicamente marginalizados pelas políticas públicas de cultura,

²International Institute for Conservation (IIC).

promovendo a fruição e o fortalecimento do pertencimento cultural junto a públicos diversos.

Alguns autores propõem classificações para compreender as múltiplas configurações que essas exposições podem assumir. Xavier (2014) identifica três formatos principais: museus itinerantes autocontidos, como ônibus-museus ou contêineres adaptados que operam como unidades completas; exposições temporárias transportadas e exibidas em espaços públicos ou instituições parceiras; e serviços itinerantes, que envolvem ações educativas e de mediação junto às comunidades visitadas. Em todas essas modalidades, a efemeridade é um traço inerente, marcando experiências pontuais.

Ainda segundo Xavier (2014), essas exposições também podem ser classificadas quanto à duração e ao local de instalação:

- **Exposições de curta e longa duração:** Definidas pelo tempo de permanência em cada localidade.
- **Exposições internas e abertas:** As internas são restritas à circulação entre museus, enquanto as abertas ocupam espaços públicos variados, como escolas, praças e centros comunitários, alcançando um público mais amplo e diversificado.

Essas tipologias revelam não apenas a diversidade das exposições itinerantes, mas sobretudo sua flexibilidade diante de distintos contextos sociais e espaciais. Ao superarem as barreiras físicas e institucionais dos museus convencionais, tais iniciativas afirmam-se como recursos museológicos de grande alcance. Sua capacidade de deslocar o patrimônio e o conhecimento até públicos variados, como reforça Dominici (2014), fortalece os processos de inclusão e justiça cultural. Embora marcadas pela transitoriedade, consolidam-se como estratégias eficazes para expandir o acesso à cultura e fortalecer o sentimento de pertencimento em comunidades frequentemente excluídas dos circuitos culturais formais.

Diante desse cenário, compreender suas características e desafios, como a efemeridade e a mobilidade, torna-se fundamental para pensar em estratégias que garantam a continuidade do acesso e a preservação das memórias culturais. É a partir dessa necessidade que este projeto se orienta na busca por soluções digitais capazes de registrar e ampliar o alcance dessas experiências, mantendo viva a dimensão cultural mesmo após o término das ações presenciais.

2.3 Casa de Saberes Cego Aderaldo

A Casa de Saberes Cego Aderaldo foi inaugurada em dezembro de 2017 como parte das políticas de interiorização cultural promovidas pela Secretaria da Cultura do Estado

do Ceará (Secult Ceará). Localizada no município de Quixadá, a Casa é resultado de uma construção coletiva entre o poder público, instituições parceiras e agentes culturais da região. Sua criação marcou não apenas a valorização do legado do poeta Cego Aderaldo, mas também a implementação de um centro cultural dinâmico e inclusivo, comprometido com a formação e difusão das expressões culturais locais (Ceará, 2017).

O equipamento está instalado em um casarão histórico construído no início do século XX pelo primeiro juiz de Direito da comarca de Quixadá, o Sr. Adolpho de Siqueira Cavalcanti. Localizada na Rua Pascoal Crispino, em frente à Praça José de Barros, a casa ocupa uma posição estratégica no centro da cidade, sendo de fácil acesso e reconhecida como marco patrimonial da paisagem urbana de Quixadá (Secult-CE, 2024).

Desde sua fundação, a Casa de Saberes tem operado como um centro de cultura viva, reunindo salas expositivas, biblioteca, auditório, espaços multiuso e áreas de convivência. Em 2024, o espaço realizou 137 ações culturais, incluindo exposições itinerantes, oficinas, rodas de conversa e programas educativos, recebendo um público superior a 14 mil pessoas. (IDM, 2024).

Além de centro de difusão cultural, a Casa também atua como escritório regional da Secult Ceará, coordenando ações em parceria com 13 municípios do Sertão Central. Seu modelo de gestão valoriza a ancestralidade, a diversidade e a acessibilidade, operando como um polo de articulação entre patrimônio histórico e inovação artística. Ao aliar tradição e contemporaneidade, o espaço reafirma seu papel como equipamento cultural estratégico para o fortalecimento das identidades locais e para a democratização do acesso à cultura na região (IDM, 2024).

A Casa de Saberes tem como marca a valorização dos saberes do território e a busca por diálogo com diferentes públicos. Mesmo sendo um espaço físico localizado em Quixadá, sua proposta cultural se articula com temas, memórias e práticas que extrapolam o edifício (IDM, 2024). Essa concepção inspira o projeto aqui desenvolvido, que utiliza a RA para potencializar a experiência do museu, promovendo novas formas de mediação entre acervo, espaço e público.

2.4 Memória e Arquivo na Era Digital

O avanço das tecnologias digitais transformou profundamente as maneiras de lidar com a memória e os arquivos, tanto no âmbito individual quanto institucional. Arantes (2019) destaca que, embora o arquivo tenha sido tradicionalmente entendido como um conjunto ordenado de documentos físicos para a preservação do passado, na cultura digital ele se configura como

um dispositivo dinâmico, constantemente sujeito a mutações, obsolescência e reinterpretações. Nesse contexto, o arquivamento deixa de ser estático e assume um caráter operacional, com dados continuamente atualizados, recombinaos e, por vezes, esquecidos.

Seguindo essa linha, Jacques Derrida, conforme explicado por Solis (2014), revela que todo arquivo é, por natureza, incompleto e marcado pelo esquecimento. Para existir, um arquivo não deve apenas guardar informações, mas também excluir ou esquecer outras, condição essencial para sua renovação constante. Assim, o chamado “mal de arquivo” não se refere apenas à perda acidental de dados, mas constitui uma característica intrínseca ao próprio conceito de arquivo.

Essa dinâmica torna-se ainda mais complexa diante da expansão dos arquivos digitais, que, apesar de tecnicamente expansíveis e acessíveis, dependem de sistemas instáveis, sujeitos a falhas técnicas, mudanças de formato e políticas automatizadas de exclusão. Arantes (2019) enfatiza que vivemos uma “febre de arquivo”, caracterizada pelo impulso de registrar tudo, enquanto enfrentamos crescentes dificuldades para acessar e organizar essa memória digital, diante da volatilidade dos sistemas de armazenamento e da obsolescência programada (Quaranta, 2014).

Essa perspectiva desafia os limites tradicionais do museu, concebido como espaço fixo, ao propor uma mediação em rede, na qual camadas digitais sobrepostas ao ambiente físico não apenas reproduzem, mas reinterpretam o acervo. Nesse processo, o visitante assume um papel ativo ao interagir com conteúdos que resgatam, transformam e ampliam os significados das obras arquivadas digitalmente. Como realça Arantes (2019), o arquivo digital configura-se como um dispositivo em constante mutação e diálogo crítico com a memória coletiva, representando uma estratégia importante de resistência cultural e democratização do acesso.

Dessa forma, a integração entre memória, arquivo e tecnologias digitais revela um cenário em que o passado é continuamente recriado por meio de múltiplas camadas de significado. A dinâmica dos arquivos digitais amplia seu papel tradicional, tornando-os ferramentas de engajamento cultural capazes de ampliar o acesso e aproximar o público do conteúdo.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo, analisam-se três pesquisas que exploram o uso da RA para intensificar a interação e o engajamento em contextos museológicos. Essas iniciativas, alinhadas ao escopo deste projeto, são comparadas para evidenciar suas contribuições e convergências.

3.1 ARCOCOCI: desenvolvimento de uma aplicação com realidade aumentada para o Museu de Parambu

Soriano (2022) propôs o desenvolvimento da aplicação ARCOCOCI para o Museu de Parambu, com o objetivo de valorizar o distrito de Cococi, antiga vila no interior do Ceará, atualmente desabitada e conhecida como “cidade fantasma”. Esse local representa um importante patrimônio da memória sertaneja, mas seu isolamento compromete o acesso do público. Como solução, o projeto recorreu à RA para reconstruir digitalmente os principais edifícios da região.

A aplicação, implementada com Unity³ e Vuforia⁴, opera por meio de marcadores visuais inseridos em fotografias do acervo físico. Ao posicionar a câmera sobre essas imagens, o visitante visualiza modelos 3D detalhados das construções, acompanhados por áudios narrativos que contextualizam a história local (ver Figura 2). A proposta resultou em uma experiência imersiva e educativa, viável mesmo em ambientes com baixa infraestrutura tecnológica.

Este trabalho se assemelha ao ARCOCOCI na proposta de ressignificar acervos físicos via RA, ampliando o alcance e promovendo a preservação de narrativas históricas pouco acessíveis. No entanto, diferenciam-se quanto à implementação: enquanto o ARCOCOCI depende de marcadores, esta solução adota uma abordagem *markerless*, acessível em qualquer dispositivo com navegador. Além disso, ao contrário do foco territorial fixo e desabitado do ARCOCOCI, este trabalho é voltado a exposições temporárias e itinerantes, com ênfase na construção de uma memória digital do espaço.

³Unity é uma engine para criação de experiências 2D, 3D e XR, com ferramentas integradas para animação, física e gráficos em tempo real (Unity, 2025?).

⁴Vuforia é uma plataforma de RA para rastreamento de imagens e objetos, usada em dispositivos móveis e Unity (PTC Inc., 2025?).

Figura 2 – ARCoCoci em funcionamento, exibindo os modelos 3D.



Fonte: Soriano (2022)

3.2 Preservação Cultural no Museu do Cangaço através da Realidade Aumentada

O artigo de Araújo *et al.* (2023) teve como motivação o desafio de atrair novos públicos, especialmente jovens, ao Museu do Cangaço em Serra Talhada (PE). Para isso, foi criada uma aplicação de RA baseada no ARCore⁵, que insere modelos tridimensionais de Lampião e Maria Bonita no ambiente real (ver Figura 3). Os visitantes podem posicionar e interagir com os personagens, além de registrar fotos personalizadas para compartilhamento.

A proposta foi bem recebida por 33 participantes durante testes, destacando-se pela estabilidade e pelo caráter interativo. A ludicidade, intensificada pela presença de figuras emblemáticas, foi apontada como diferencial positivo. Como sugestões de aprimoramento, destacaram-se o aumento da variedade de personagens e a simplificação da interface (Araújo *et al.*, 2023).

Este projeto se aproxima do presente trabalho na adoção da RA *markerless* e no objetivo de aproximar o público dos conteúdos museológicos por meio da tecnologia. Ambos favorecem a imersão e a interatividade como estratégias de valorização cultural. Todavia, diferem em suas finalidades: enquanto o Museu do Cangaço utiliza personagens históricos para promover engajamento afetivo, este trabalho prioriza a documentação e apresentação de acervos expositivos, com foco na memória, arquivamento e continuidade das exposições.

⁵Plataforma de realidade aumentada do Google que utiliza rastreamento de movimento, detecção de superfícies e estimativa de luz para integrar elementos virtuais ao ambiente físico (Developers, 2025?). Mais informações disponíveis em: <https://developers.google.com/ar/develop>.

Figura 3 – Modelos de cangaceiros exibidos pelo aplicativo.



Fonte: Araújo *et al.* (2023)

3.3 Museus e a digitalização de trajes: Da preservação à realidade aumentada

A dissertação de Faria (2023) aborda a preservação de vestuário histórico por meio da digitalização tridimensional e da modelagem computacional. Conduzido no Museu Nacional do Traje, em Lisboa, o estudo avaliou diferentes tecnologias de escaneamento, incluindo Sensores LIDAR⁶, fotogrametria⁷ via smartphone e softwares como Polycam⁸ e Scaniverse⁹, com foco na fidelidade visual e no custo-benefício das técnicas (ver Figura 4).

Embora a integração com RA esteja ainda em fase de proposição, o trabalho defende seu uso futuro como meio de exibição dos modelos digitais, tanto em exposições físicas quanto em ambientes virtuais. A abordagem combina saberes de conservação têxtil, design digital e museografia, destacando-se pelo rigor técnico e caráter interdisciplinar.

Há afinidade entre essa pesquisa e o presente trabalho no propósito de preservar conteúdos museológicos com suporte digital e na preocupação com o acesso remoto e a sustentabilidade da preservação. Contudo, distinguem-se pelo escopo: enquanto o estudo de Faria (2023) concentra-se na digitalização de peças individuais, este projeto aborda exposições como um todo, organizando, conectando e apresentando obras e informações de forma integrada. Além disso, a RA já se encontra incorporada à experiência do usuário, e não apenas prevista como etapa futura.

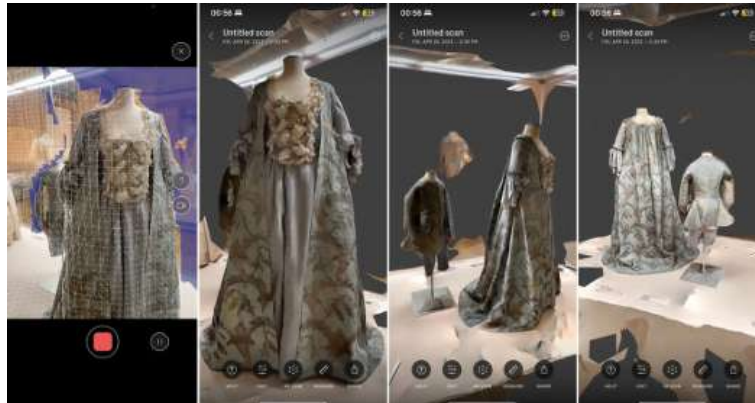
⁶Tecnologia que emite pulsos de luz para mapear o ambiente com precisão (IBM, 2023).

⁷Técnica de obtenção de modelos 3D por meio da captura de imagens 2D (Santos, 2009).

⁸Aplicativo móvel que utiliza fotogrametria e LIDAR para capturar e gerar modelos 3D (Polycam, 2025?).

⁹Aplicativo para captura, edição e compartilhamento de modelos 3D em dispositivos móveis (Niantic, 2021).

Figura 4 – Processo de captura e processamento, através do Scaniverse.



Fonte: Faria (2023)

3.4 Comparação entre os Trabalhos

A análise comparativa dos três estudos, ARCOCOCI, Museu do Cangaço e Faria, junto ao trabalho aqui desenvolvido, demonstra que, embora todos utilizem a RA como elemento central, suas abordagens diferem significativamente, abrangendo desde a reconstrução arquitetônica (ARCOCOCI), passando pela interação lúdica com personagens históricos (Museu do Cangaço) e a digitalização técnica de vestuário (Faria), até a criação de um acervo itinerante e expansível, proposta adotada neste estudo, evidenciando o potencial da RA como tecnologia versátil para mediação cultural e preservação patrimonial. O Quadro 1 apresenta uma comparação entre esses trabalhos, destacando seus objetivos, tecnologias utilizadas e públicos-alvo.

Quadro 1 – Comparação entre projetos baseados em RA em contextos museológicos

	Este trabalho	ARCOCOCI (Soriano, 2022)	Museu do Cangaço (Araújo et al., 2023)	Digitalização de Trajes (Faria, 2023)
Tecnologia e Método	Web + RA markerless (JS/WebAR)	Unity + Vuforia (RA com marcadores)	ARCore + Sceneform (RA markerless)	Fotogrametria + LIDAR + RA planejada
Objetivo Principal	Construir um acervo digital contínuo para exposições itinerantes	Reconstituir virtualmente o patrimônio de Cococi	Estimular o engajamento de jovens com personagens do Cangaço	Preservar trajes históricos e ampliar o acesso remoto
Público-Alvo	Visitantes, curadores e pesquisadores da Casa de Saberes Cego Aderaldo	Visitantes do Museu de Parambu	Jovens, estudantes e turistas	Pesquisadores e usuários de plataformas digitais

Fonte: Elaborado pelo autor.

Embora apresentem métodos variados, os trabalhos avaliados evidenciam que a RA representa uma solução eficiente para a conservação, o acesso ampliado e a valorização do patrimônio cultural, promovendo uma nova forma de interação com esses elementos.

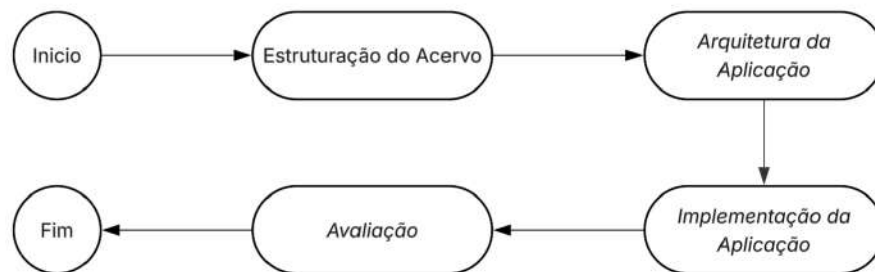
4 METODOLOGIA

Este estudo configura-se como pesquisa aplicada, voltada à solução de problemas concretos mediante construção e validação de artefatos tecnológicos. Conforme Prodanov e Freitas (2013), tal ótica tem como objetivo gerar conhecimento de aplicação prática imediata, materializado no desenvolvimento e avaliação da aplicação proposta.

Para alcançar esse fim, adotou-se abordagem qualitativa, que viabiliza compreensão aprofundada da experiência do usuário na interação com o sistema de RA. Ainda segundo Prodanov e Freitas (2013), este enfoque permite explorar percepções, significados e valores atribuídos pelos participantes, aspectos intangíveis por métodos quantitativos, mediante análise contextual de discursos e comportamentos.

A estratégia metodológica estrutura-se em fases sequenciais e interdependentes, conforme ilustrado na Figura 5, compreendendo: (1) estruturação do acervo digital; (2) projeto da arquitetura técnica; (3) implementação da aplicação; e (4) avaliação da usabilidade e experiência do usuário.

Figura 5 – Fluxo de Etapas



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1 Estruturação do Acervo

A estruturação do acervo digital fundamentou-se em visitas à Casa de Saberes Cego Aderaldo, onde foram realizadas ações de curadoria digital e documentação museológica. O processo seguiu os princípios metodológicos propostos por Desvallées e Mairesse (2013), que enfatizam a contextualização cultural, espacial e simbólica das peças, além de sua descrição técnica.

Cada obra integrante das exposições foi catalogada individualmente, registrando-se dados como título, autoria, técnica, data de criação, procedência e contexto histórico-artístico.

Também foram coletadas informações sobre a curadoria da exposição como um todo, incluindo conceitos curatoriais, tema geral e relação entre as obras.

A documentação incluiu a produção de fotografias digitais de cada peça e da sua disposição no espaço físico, com atenção especial à montagem expositiva nas paredes. Essa etapa foi fundamental para preservar a lógica narrativa concebida pela curadoria original.

Com base nesse levantamento, elaborou-se um repositório digital que reuniu metadados textuais e visuais das obras, organizados para alimentação da aplicação. Para fins de visualização aumentada, escolheu-se uma das paredes principais de cada exposição como base para a construção do ambiente interativo. Essa seleção foi feita considerando critérios de relevância temática, representatividade visual e centralidade na narrativa expositiva.

A partir das imagens capturadas e dos dados catalogados, foram produzidas composições tridimensionais que simulam com fidelidade a escala, o volume, as texturas e as molduras das obras originais. Essas composições consistem na integração de imagens bidimensionais com estruturas tridimensionais programadas, de modo a criar a ilusão de quadros físicos, com profundidade e presença no espaço virtual. O objetivo é superar a limitação da representação plana e preservar a espacialidade e o impacto visual da exposição na experiência de RA.

4.2 Arquitetura da Aplicação

A aplicação foi estruturada com arquitetura modular e escalável, baseada em tecnologias *web*, direcionada para navegadores móveis modernos. Essa abordagem eliminou a necessidade de instalação de apps nativos, ampliando o acesso e a experiência do usuário por meio do padrão *WebXR*.

A arquitetura contempla três camadas principais:

- **Interface Gráfica (UI):** Desenvolvida em *HTML*, *CSS* e *JavaScript*, permite a seleção de exposições, visualização de miniaturas das obras e acesso a informações curatoriais como título, autor e descrição. A interface foi implementada com design responsivo, estruturada em listas de cartões e carrosséis horizontais, otimizando a navegação em dispositivos móveis. Além disso, foram implementados recursos de áudio para a descrição das obras e para a apresentação dos textos curatoriais, ampliando a imersão e acessibilidade da experiência.
- **Sistema *Markerless*:** Utilizando a API *WebXR* integrada ao módulo *AR.js*, a aplicação realiza detecção *markerless* de superfícies planas no ambiente físico. Um retículo verde

indica a superfície válida onde pode ser ancorada a parede virtual da exposição, garantindo alinhamento e estabilidade espacial durante a visualização em realidade aumentada.

- **Renderização e Projeção 3D:** O motor gráfico *Three.js* compõe a cena tridimensional, renderizando quadros e elementos expositivos em tempo real. Cada obra é inserida com tamanho e posição específicos, conforme dados definidos na curadoria digital. Além disso, a câmera do dispositivo captura a textura da parede real para compor o plano de fundo da projeção, simulando a superfície expositiva. Essa estratégia integra organicamente os elementos digitais ao ambiente físico, fortalecendo a sensação de presença e a autenticidade da experiência museológica.

4.3 Implementação da Aplicação

A implementação consistiu na integração das camadas funcionais em uma aplicação interativa, acessível via navegador móvel. Essa versão transformou o conceito em experiência de uso, permitindo ao visitante simular uma visita a uma exposição itinerante em RA.

Ao selecionar uma exposição na interface, o usuário visualiza uma galeria de obras acompanhadas de informações curatoriais. Com um toque, a experiência em RA é iniciada: o dispositivo ativa a câmera, realiza a detecção da superfície e posiciona uma parede virtual, onde as obras são dispostas conforme o arranjo expositivo da Casa de Saberes Cego Aderaldo.

As imagens das obras, previamente catalogadas, são carregadas dinamicamente e renderizadas como quadros tridimensionais, com simulação de moldura e texturização fotográfica. Uma vez fixadas na parede mapeada, é possível aproximar-se e visualizá-las de diferentes ângulos, preservando o efeito espacial da montagem expositiva.

A navegação informacional é dissociada da projeção em RA, para preservar a fluidez da experiência e reduzir a sobrecarga cognitiva. Esse princípio orientou decisões de usabilidade e acessibilidade durante o desenvolvimento.

4.4 Avaliação de Usabilidade e Experiência do Usuário

Ao final do desenvolvimento da aplicação, foi conduzida uma avaliação empírica com foco na usabilidade e na experiência de uso do Museu Matriosca. Diferentemente do plano inicial, que previa o uso do modelo Unified Theory of Acceptance and Use of Technology

(UTAUT), optou-se por uma abordagem centrada em *testes de usabilidade*¹⁰ seguidos de um questionário pós-uso, com ênfase em aspectos qualitativos da interação.

4.4.1 Planejamento e participantes

Participaram dos testes 8 pessoas, incluindo integrantes da equipe da Casa de Saberes Cego Aderaldo, visitantes interessados em arte e cultura e pessoas sem vínculo direto com o equipamento, mas com familiaridade com o uso de celulares e navegadores. A intenção foi reunir tanto olhares internos à Casa quanto percepções de usuários mais próximos do público geral.

Esse número de participantes é compatível com recomendações clássicas de avaliação de usabilidade, nas quais pequenos grupos em torno de cinco usuários por ciclo de teste já permitem identificar a maior parte dos problemas de interação (Nielsen, 2000). Antes do início das atividades, todos foram informados sobre os objetivos da pesquisa e concordaram em participar de forma voluntária.

4.4.2 Procedimentos de teste de usabilidade

Os testes seguiram um roteiro elaborado previamente (ver Apêndice A), que orientava as ações na aplicação: acessar o Museu Matriosca, explorar a página inicial, escolher uma exposição, abrir detalhes, ler o texto curatorial e, quando o dispositivo permitia, experimentar a funcionalidade de realidade aumentada para posicionar a “parede virtual” com as obras.

As sessões foram realizadas de forma presencial, combinando momentos individuais e um encontro em grupo com integrantes da equipe da Casa de Saberes Cego Aderaldo. Durante a execução das tarefas, adotou-se uma postura de observação não participativa: não houve ajuda ou interrupção por parte do pesquisador, salvo quando o próprio participante solicitava apoio explícito, buscando preservar uma interação o mais espontânea possível com a interface.

Todas as sessões tiveram o áudio gravado, o que auxiliou tanto na cronometragem do tempo gasto em cada tarefa quanto no registro dos momentos em que houve pedidos de ajuda, hesitações ou falhas de uso. Essas gravações serviram de apoio para a reconstrução detalhada do percurso de cada participante e para a identificação de pontos de atrito na navegação.

¹⁰Consistem em observar pessoas realizando tarefas reais em um sistema, a fim de identificar problemas de interação e oportunidades de melhoria na interface (Moran, 2019).

4.4.3 *Questionário pós-uso*

Ao término do uso da aplicação, cada participante respondeu a um questionário *on-line* (ver Apêndice B) organizado em dois blocos principais:

- **Perfil e contexto técnico:** questões sobre gênero, faixa etária, relação com a Casa de Saberes, familiaridade com tecnologia, modelo do dispositivo utilizado, navegador e tempo aproximado de uso antes do preenchimento do questionário.
- **Usabilidade e experiência de uso:** itens fechados e perguntas abertas voltados à avaliação da navegação, compreensão da proposta, organização das exposições e experiência com a RA.

A avaliação de usabilidade seguiu a System Usability Scale (SUS)¹¹, em que cada afirmação é respondida em escala de 1 (discordo totalmente) a 5 (concordo totalmente), gerando uma pontuação entre 0 e 100 (Brooke, 1996). No entanto, o foco da análise recaiu sobre as respostas abertas, utilizadas para compreender em profundidade a experiência de uso, enquanto a SUS foi utilizada apenas como apoio descritivo, indicando inferências de usabilidade da aplicação.

4.4.4 *Estratégia de análise dos dados*

A análise dos dados foi de caráter predominantemente qualitativo, a partir da leitura das respostas abertas do questionário e das anotações produzidas durante os testes, incluindo os registros de áudio das sessões. A partir desse material, buscaram-se padrões de percepção, recorrências e pontos de tensão na experiência de uso. As pontuações da SUS e demais respostas em escala foram empregadas apenas para contextualizar essas percepções.

¹¹Questionário padronizado de 10 itens, amplamente utilizado para obter um índice global de usabilidade em diferentes sistemas (Brooke, 1996).

5 RESULTADOS

Este capítulo apresenta os principais resultados obtidos com o desenvolvimento do Museu Matriosca e com a avaliação empírica conduzida com os usuários da aplicação. Inicialmente, são descritos os resultados relacionados à implementação da interface e da visualização em realidade aumentada. Em seguida, são apresentados os achados da avaliação de usabilidade e experiência de uso, articulando as respostas ao questionário SUS com os comentários qualitativos fornecidos pelas pessoas participantes.

5.1 Resultados da Implementação

5.1.1 Interface e navegação

A aplicação¹² foi estruturada como uma interface *web* responsiva, acessível via navegador em dispositivos móveis, com o objetivo de funcionar como um arquivo de exposições itinerantes da Casa de Saberes Cego Aderaldo. Do ponto de vista da navegação, a experiência se organiza em três momentos principais (veja na Figura 6):

- **Tela inicial** do Museu Matriosca, que apresenta o projeto e permite iniciar a aplicação.
- **Carrossel de exposições**, no qual o usuário percorre as mostras e seleciona a desejada.
- **Tela de detalhes da exposição**, que reúne as principais informações da mostra selecionada.

Figura 6 – Tela inicial da aplicação, página de seleção da exposição e detalhes da exposição selecionada.

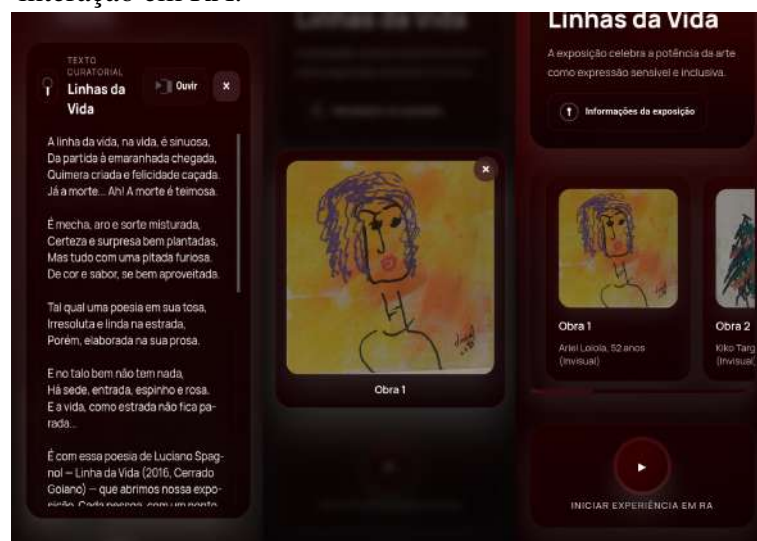


Fonte: Elaborado pelo autor.

¹²Aplicação *web* do projeto Museu Matriosca, disponível em: <https://projeto-museu-matriosca-tcc.vercel.app>.

Na tela de detalhes, um botão de informações abre um *popup*¹³, com o texto curatorial da exposição e dados complementares, como artistas e curadoria. Nesse mesmo *popup*, há um botão de recurso de áudio que lê o texto em voz alta, ampliando as possibilidades de acesso ao conteúdo. As miniaturas das obras exibidas na tela de detalhes também podem ser tocadas para visualização ampliada, permitindo observar cada peça com mais atenção antes ou independentemente da interação em RA (veja a Figura 7).

Figura 7 – *Popup* com informações curatoriais e recurso de áudio, expansão da imagem das obras e botão para iniciar a interação em RA.



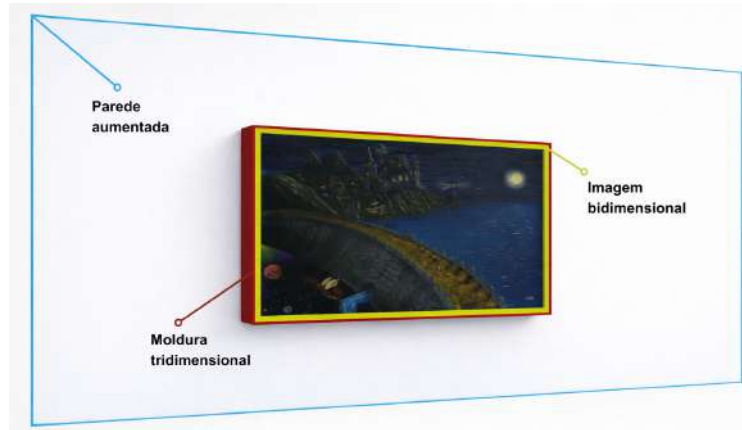
Fonte: Elaborado pelo autor.

5.1.2 Visualização em realidade aumentada

Com base no acervo digital estruturado, foram construídas composições tridimensionais que simulam as paredes expositivas da Casa de Saberes, integrando imagens bidimensionais das obras a molduras e volumes modelados em Three.js (veja a Figura 8). A combinação dessas estruturas virtuais com a captura, pela câmera do dispositivo, da textura, cor e irregularidades da parede real onde a RA é ancorada busca aproximar a montagem digital da situação expositiva original, aumentando a sensação de imersão e produzindo uma experiência mais próxima daquela vivenciada na exposição física. O código-fonte correspondente a essa montagem pode ser consultado no Apêndice C.

¹³Um *popup* é uma pequena janela que aparece sobre a tela principal quando o usuário clica em algum botão ou ícone, exibindo informações adicionais ou opções, e desaparece ao ser fechada ou ao se clicar fora dela (MDN Web Docs, 2025?).

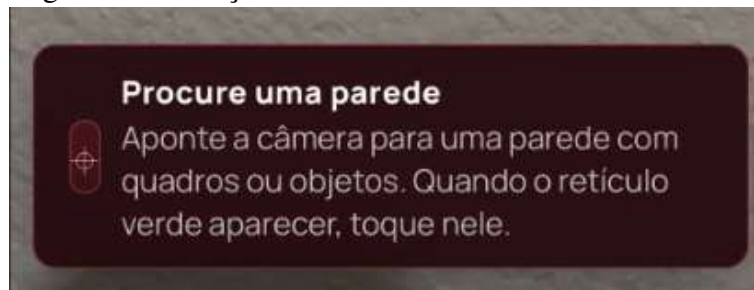
Figura 8 – Estrutura da RA, destacando a parede aumentada, a moldura tridimensional e a imagem bidimensional da obra.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para apoiar o uso da RA, a aplicação exibe, no início da interação, instruções breves sobre como posicionar a câmera, aguardar o retículo verde¹⁴ e fixar a parede virtual, com objetivo de reduzir dúvidas e evitar bloqueios no uso (veja a Figura 9). Após concluir a visualização da RA, o usuário pode encerrar a interação e iniciar outra experiência com uma exposição diferente.

Figura 9 – Instruções indicam como utilizar a RA.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Dentre as oito exposições disponíveis em RA, destacam-se *Tesouros Vivos do Ceará*, que homenageia mestres e mestras da cultura cearense; *Quixadá Fantástico*, que reimagina de forma surrealista paisagens de Quixadá; e *Ancestralidade, Resistência e Transmissão*, que revisita a trajetória do Mestre Stênio Diniz e de jovens artistas do sertão por meio da xilogravura. As Figuras 10, 11 e 12 apresentam registros dessas exposições em seu contexto físico original.

¹⁴Um retículo verde e redondo aparece na tela do celular para indicar ao usuário onde as obras serão posicionadas.

Figura 10 – A exposição *Tesouros Vivos do Ceará* no contexto original.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 11 – A exposição *Ancestralidade, Resistência e Transmissão* no contexto original.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 12 – A exposição *Quixadá Fantástico* no contexto original.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na versão aumentada, as exposições são projetadas sobre a parede escolhida pelo usuário, respeitando a composição curatorial, mas reconstruída no ambiente virtual. As Figu-

ras 13, 14 e 15 mostram, respectivamente, as obras de *Tesouros Vivos do Ceará*, *Ancestralidade, Resistência e Transmissão* e *Quixadá Fantástico* vistas em RA, evidenciando a justaposição entre a parede real e a “parede virtual” ancorada no espaço do usuário.

Figura 13 – Interação em RA com a exposição *Tesouros Vivos do Ceará*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 14 – Interação em RA com a exposição *Ancestralidade, Resistência e Transmissão*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 15 – Interação em RA com a exposição *Quixadá Fantástico*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.1.3 *Exposições integradas ao Museu Matriosca*

Durante o período de desenvolvimento, foram acompanhadas exposições itinerantes realizadas na Casa de Saberes Cego Aderaldo, o que permitiu selecionar e integrar ao Museu Matriosca um conjunto de mostras representativo da programação do espaço. A aplicação reúne no total oito exposições mapeadas e reconstruídas digitalmente, com suas paredes expositivas transpostas para o ambiente virtual e para a visualização em RA (ver Apêndice D):

- **Linhas da Vida:** Mostra dedicada a valorizar expressões artísticas inclusivas, com obras produzidas por pessoas com deficiência (PCDs).
- **Sertão Monumental:** Exposição que articula artes visuais, fotografia e pesquisa sobre o Geoparque Sertão Monumental, valorizando geossítios como o açude do Cedro e a Pedra do Cruzeiro.
- **Tesouros Vivos do Ceará:** Série de xilogravuras que homenageia os Mestres e Mestras da Cultura Popular do Ceará.
- **Retratos do Voo:** Mostra de desenhos autorais que contemplam a diversidade das aves que habitam o Ceará.
- **Cotidiano:** Sequência fotográfica que investiga o dia a dia como lugar de afeto e memória.
- **Quixadá Fantástico:** Conjunto de pinturas que reimagina, de forma surreal e onírica, paisagens e lendas de Quixadá, como os monólitos, o açude do Cedro e diferentes santuários da região.
- **Ancestralidade, Resistência e Transmissão:** Exposição de xilogravuras que revisita a trajetória do Mestre Stênio Diniz, articulando ancestralidade e formação coletiva em Quixadá em diálogo com jovens artistas do sertão.
- **Bicha Passarin:** Encontro entre performance e fotografia que celebra os 10 anos de Lola Green, evocando memórias da casa de vó e imagens de liberdade e travessia entre interior e cidade.

Ao longo do acompanhamento de campo, observou-se que, entre uma exposição itinerante e outra, a Casa de Saberes passa por períodos curtos sem mostras temporárias em exibição, permanecendo acessível apenas o acervo permanente¹⁵.

¹⁵*O Sertão Múltiplo de Cego Aderaldo*, exposição que explora, por meio de xilogravuras, poesia e outros registros visuais, a memória e o imaginário popular do sertão entre passado e presente (Ceará, 2023).

5.2 Resultado dos testes de usabilidade

5.2.1 Perfil dos participantes

Participaram dos testes 8 pessoas, combinando diferentes relações com a Casa de Saberes Cego Aderaldo, níveis variados de familiaridade com tecnologia e experiências prévias (ou não) com aplicações em RA. Todos os testes foram realizados em smartphones Android, uma vez que o iOS não oferece suporte nativo ao *WebXR* em navegadores derivados do Safari, limitando-se a soluções alternativas, como o *XR Viewer*. Os aparelhos utilizados variaram entre modelos intermediários recentes e dispositivos mais antigos. O Quadro 2 sintetiza esse perfil, reunindo gênero, faixa etária, relação com a Casa de Saberes, nível de familiaridade com tecnologia e periodicidade de visitas culturais.

Observa-se um equilíbrio entre pessoas ligadas à Casa de Saberes (quatro participantes da equipe) e público externo (dois visitantes interessados em arte e cultura e dois testadores sem relação prévia com o equipamento), com predominância das faixas etárias entre 18 e 35 anos. Em termos de familiaridade com tecnologia, sete participantes declararam níveis alto ou muito alto (incluindo atuação ou estudos em TI), e apenas uma pessoa se identificou com nível médio. Esses dados ajudam a interpretar os resultados dos testes: em geral, as dificuldades observadas se relacionam menos à inexperiência com recursos digitais e mais a limitações de hardware e às especificidades da interação em RA.

Quadro 2 – Perfil dos participantes dos testes de usabilidade.

Part.	Gênero	Faixa Etária	Relação com a Casa	Familiaridade tecnológica	Visitas culturais
P1	Masc.	18–25	Visitante	Alta	Mensal
P2	Fem.	18–25	Sem relação	Muito alta (TI)	Pontualmente
P3	Fem.	26–35	Visitante	Alta	Raramente
P4	Fem.	18–25	Sem relação	Muito alta (TI)	Pontualmente
P5	Masc.	26–35	Equipe da Casa	Alta	Mensal
P6	Fem.	36–45	Equipe da Casa	Alta	Pontualmente
P7	N. bin.	18–25	Equipe da Casa	Média	Mensal
P8	Masc.	26–35	Equipe da Casa	Alta	Pontualmente

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a realização do roteiro de tarefas dos testes de usabilidade, os participantes foram convidados a explorar livremente o Museu Matriosca, navegando entre exposições, textos curatoriais e recursos de RA conforme seus próprios interesses. O Quadro 3 sintetiza esse contexto técnico de uso, reunindo informações sobre experiência prévia com RA, dispositivo,

navegador e situação da RA durante os testes. Os tempos indicados na coluna “Tempo de uso” correspondem à soma do percurso guiado pelas tarefas com o período de exploração espontânea da aplicação, imediatamente antes do preenchimento do questionário pós-uso.

Quadro 3 – Contexto técnico de uso e situação da RA por participante.

Part.	Experiência prévia com RA	Dispositivo	Navegador	Tempo de uso	Situação da RA
P1	Nunca tinha usado	Samsung A22	Samsung Internet	5–10 min	Funcionou
P2	Já tinha usado	Redmi Note 10s	Chrome	10–20 min	Funcionou
P3	Nunca tinha usado	Galaxy A03	Chrome	5–10 min	Não funcionou
P4	Não sabe	S24 Plus / Moto G73	Chrome	5–10 min	Funcionou
P5	Já tinha usado	Samsung A22	Chrome	5–10 min	Funcionou
P6	Nunca tinha usado	Redmi Note 7	Chrome	5–10 min	Sem suporte
P7	Nunca tinha usado	Samsung A22	Chrome	5 min	Funcionou
P8	Já tinha usado	Samsung A22	Samsung Internet	5–10 min	Funcionou

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados do Quadro 3 mostram que, mesmo com metade das pessoas sem experiência prévia em RA, a funcionalidade conseguiu operar em 6 dos 8 dispositivos testados, com falhas concentradas em aparelhos mais antigos ou com suporte incerto à *WebXR*. Isso reforça que os problemas observados estão mais associados às limitações técnicas de determinados modelos do que ao perfil dos usuários.

Um fator adicional que impactou esse contexto foi a necessidade de contornar a falta de suporte à *WebXR* em dispositivos iOS. Para os participantes que utilizavam predominantemente iPhone, foi disponibilizado um smartphone Android de teste (Samsung A22), utilizado exclusivamente durante as tarefas em RA. Isso explica a recorrência desse modelo nos registros dos testes e também ajuda a entender a concentração de uso em navegadores baseados em *Chromium*¹⁶, como Google Chrome e Samsung Internet, uma vez que navegadores como o Mozilla Firefox não oferecem suporte padrão à API *WebXR* no contexto avaliado, dependendo de configurações extras para o pleno funcionamento (MDN Contributors, 2025?).

¹⁶O projeto *Chromium* disponibiliza o código-fonte e a documentação que servem de base para o navegador Google Chrome e o sistema ChromeOS, além de outros navegadores derivados, como Samsung Internet e Microsoft Edge (Google, 2023?).

5.2.2 Desempenho nas tarefas de uso

O percurso de interação foi estruturado a partir do roteiro de tarefas apresentado no Apêndice A, contemplando desde a exploração inicial da interface até a experiência em RA com duas exposições diferentes. O Quadro 4 resume o desempenho médio em cada tarefa, considerando taxa de sucesso, quantidade de erros, número de pedidos de ajuda e tempo gasto.

Quadro 4 – Resumo dos testes de usabilidade por tarefa.

Tarefa	Taxa de sucesso (%)	Erros	Pedidos de ajuda	Tempo médio
Tarefa 1	100	0	0	11 s
Tarefa 2	100	0	1	47 s
Tarefa 3	100	0	0	43 s
Tarefa 4	75	2	2	46 s
Tarefa 5	87,5	1	0	1 min 23 s
Tarefa 6	100	0	0	1 min 01 s
Média	93,8	0,5	0,5	56 s

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas tarefas iniciais (Tarefas 1, 2 e 3), todas as pessoas participantes conseguiram concluir as ações propostas, com tempos médios inferiores a um minuto e sem registro de erros. A navegação pela página inicial, a localização do carrossel de exposições e a abertura da tela de detalhes foram realizadas de forma fluida, sem dificuldades. Na Tarefa 2, houve um único pedido de ajuda, associado à demora de uma pessoa em localizar o botão de informações curatoriais, essa dificuldade pode sugerir a necessidade de que o botão seja revisto em uma versão posterior do sistema.

Na Tarefa 3, além da leitura do texto curatorial, observou-se um comportamento espontâneo em praticamente todos os participantes: ao ampliar uma obra, houve um gesto intuitivo de arrastar a imagem lateralmente para ver as demais, funcionalidade que não está implementada nesta primeira versão. Esse movimento recorrente sugere uma expectativa de navegação em formato de *carrossel* também na visualização ampliada das obras.

As Tarefas 4, 5 e 6 concentraram a experiência em RA. Na Tarefa 4, responsável por iniciar a visualização aumentada, a taxa de sucesso foi de 75%, com dois erros diretamente relacionados a limitações de hardware: em dispositivos mais antigos (Galaxy A03 e Redmi Note 7), a RA não pôde ser executada, seja por falta de suporte adequado, seja por falha na inicialização. Além disso, foram registrados dois pedidos de ajuda, principalmente no momento

de compreender que era necessário tocar no retículo verde para fixar a parede virtual, ainda que a instrução estivesse disponível na tela. Em alguns casos, levou alguns segundos até que as pessoas conectassem visualmente o retículo à ação de toque.

Na Tarefa 5, em que as pessoas eram convidadas a se movimentar livremente para observar a exposição em RA, o tempo médio foi mais longo (1 min 23 s). Houve um erro pontual, quando, durante o movimento do participante, a parede virtual se desajustou levemente em relação à parede física, alterando o ângulo esperado de ancoragem. Ainda assim, a tarefa foi concluída com sucesso, e o problema foi percebido mais como um ruído na estabilidade da experiência do que como um bloqueio completo.

Por fim, a Tarefa 6, que consistia em retornar ao carrossel, escolher uma segunda exposição e repetir o processo de RA, apresentou 100% de sucesso, sem erros e sem pedidos de ajuda. O tempo médio de cerca de 1 min 01 s sugere que, após a primeira experiência, as pessoas passaram a navegar com maior segurança pelo fluxo de troca de exposição, reforçando a ideia de que a curva de aprendizagem da interface é relativamente pequena.

De forma geral, os resultados das tarefas apontam para uma boa usabilidade da aplicação, com taxas de sucesso elevadas e baixa incidência de erros e pedidos de ajuda. Os principais pontos de atrito observados dizem respeito (i) à necessidade de tornar mais evidente a ação de toque no retículo durante a RA, (ii) à limitação de suporte em dispositivos móveis mais antigos e (iii) à ausência de navegação lateral entre obras na visualização ampliada, funcionalidade intuitivamente esperada pelos participantes.

5.2.3 Percepções sobre a interface, as exposições e a RA

As respostas abertas do questionário reforçaram os achados dos testes observacionais. Em relação ao que mais gostaram no Museu Matriosca, destacaram-se: a facilidade de uso e a organização da interface (“*navegação muito fácil*”), a qualidade visual das exposições e a possibilidade de “levar” mostras da Casa de Saberes para outros ambientes, ampliando o acesso à arte e à cultura fora do tempo de montagem física. Pessoas ligadas à Casa ressaltaram especialmente a oportunidade de rever exposições que já haviam saído de cartaz.

Entre os aspectos considerados menos positivos ou mais sensíveis, apareceram: a espera para o reconhecimento da parede na RA em alguns dispositivos, pequenas travadas durante a visualização (atribuídas por uma participante ao fato de seu celular ser mais antigo) e, em um caso, a percepção de que as exposições “só ficam em uma parede”, sugerindo o desejo de explorar

outras composições espaciais no futuro. Problemas de suporte à RA também foram relatados explicitamente: duas pessoas mencionaram que a visualização aumentada não funcionou em seus aparelhos.

As sugestões de melhoria incluíram tanto aspectos de expansão quanto de acessibilidade. Houve pedidos por mais exposições sendo adicionadas continuamente à aplicação, reforçando o potencial do Museu Matriosca como arquivo vivo de mostras temporárias. Uma participante sugeriu incorporar textos descritivos ao ampliar as imagens das obras, com o objetivo de atender melhor pessoas com deficiência visual ou com diferentes formas de percepção. De modo geral, contudo, a maior parte dos participantes declarou estar satisfeita com a interface atual e não conseguiu apontar mudanças estruturais relevantes.

5.2.4 Resultados da System Usability Scale

No caso do questionário SUS, o número de participantes ($n = 8$) é reduzido para qualquer interpretação quantitativa mais robusta, de modo que a pontuação foi utilizada apenas como indicativo descritivo, em diálogo com os demais dados da avaliação. O Quadro 5 apresenta a média de cada item na escala de 1 a 5 e evidencia uma tendência claramente positiva: os itens formulados de maneira favorável à aplicação (Q1, Q3, Q5, Q7 e Q9) ficaram entre 4,4 e 5,0, enquanto os itens negativos (Q2, Q4, Q6, Q8 e Q10) se mantiveram próximos de 1,0. A partir dessa distribuição, a pontuação do SUS foi de aproximadamente 97,8 em uma escala de 0 a 100.

Quadro 5 – Resumo descritivo dos itens do questionário SUS.

Item	Descrição resumida	Média (1–5)
Q1	Gostaria de usar esta aplicação com frequência.	4,4
Q2	Achei esta aplicação desnecessariamente complexa.	1,0
Q3	Achei esta aplicação fácil de usar.	5,0
Q4	Acho que precisaria de ajuda técnica para usar a aplicação.	1,0
Q5	As várias funções da aplicação parecem bem integradas.	5,0
Q6	Percebi muita inconsistência na aplicação.	1,0
Q7	Imagino que as pessoas aprenderão a usar esta aplicação rapidamente.	4,8
Q8	Achei a aplicação difícil de usar.	1,0
Q9	Senti-me confiante ao usar esta aplicação.	5,0
Q10	Precisei aprender muitas coisas antes de conseguir usar a aplicação.	1,0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando em conjunto os resultados das tarefas, os comentários qualitativos e essa leitura descritiva da SUS, a avaliação sugere que o Museu Matriosca, em seu estado atual, apresenta boa usabilidade, com fluxo de navegação claro e baixa carga de esforço para aprender a usar a aplicação. Os pontos de melhoria identificados concentram-se sobretudo na robustez e acessibilidade da funcionalidade de RA em diferentes dispositivos, no refinamento de instruções visuais (como o destaque do retículo e do botão de informações) e na ampliação progressiva do acervo e dos recursos de mediação, especialmente para públicos com diferentes necessidades de acessibilidade.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo criar o Museu Matriosca como um “arquivo vivo” em meio digital, capaz de registrar e reativar exposições itinerantes da Casa de Saberes Cego Aderaldo por meio de uma aplicação *web* em RA. Com base no levantamento teórico sobre realidade aumentada, memória e mediação museológica, e na análise de iniciativas similares, foi proposta e implementada uma solução *WebAR markerless* em *WebXR*, *Three.js* e *AR.js*, articulando interface, mapeamento de superfícies e visualização tridimensional das paredes expositivas. O desenvolvimento incluiu a seleção e reconstrução digital de exposições acompanhadas ao longo de 2025, procurando respeitar os gestos curatoriais originais e, ao mesmo tempo, explorar as possibilidades do suporte digital.

Do ponto de vista funcional, a aplicação integrou um fluxo de navegação que vai da apresentação geral do Museu Matriosca à escolha da exposição, passando pela leitura do texto curatorial e culminando na visualização em RA. A montagem em ambiente aumentado buscou aproximar a experiência digital da situação expositiva física, ancorando as obras em superfícies reais e permitindo uma fruição mais situada das imagens. Dessa forma, o Museu Matriosca prolonga a vida de mostras temporárias, oferecendo um canal de acesso que permanece disponível mesmo após o encerramento das exposições presenciais. Esse efeito é particularmente relevante nos períodos em que a Casa de Saberes não conta com exposições itinerantes em cartaz, pois a aplicação mantém acessíveis experiências curatoriais que, fisicamente, já deixaram de ocupar o espaço expositivo. A equipe da Casa de Saberes demonstrou satisfação com a aplicação e manifestou a intenção de utilizá-la em suas atividades futuras.

A avaliação de usabilidade, conduzida com oito participantes em contexto real de uso, mostrou que a aplicação é compreensível e bem recebida: as tarefas foram concluídas com altas taxas de sucesso, a navegação foi descrita como simples e intuitiva e a organização das exposições foi percebida como clara. A SUS foi utilizada apenas como apoio descritivo, dada a dimensão reduzida da amostra, mas ainda assim indicou níveis muito altos de satisfação, com média aproximada de 97,8 em uma escala de 0 a 100. As principais dificuldades relatadas concentraram-se na experiência da RA em dispositivos mais antigos ou com suporte limitado à *WebXR*, e não na familiaridade tecnológica das pessoas participantes, reforçando o potencial do Museu Matriosca como dispositivo de mediação digital das exposições da Casa de Saberes.

Em síntese, a aplicação desenvolvida cumpre o propósito de prolongar a vida das exposições itinerantes acompanhadas em 2025, oferecendo um caminho concreto para explorar a

relação entre arquivo digital, memória e experiência aumentada e contribuindo para fortalecer ações culturais fora dos grandes centros urbanos.

A partir dos resultados obtidos, alguns desdobramentos se mostraram especialmente promissores para trabalhos futuros. Em primeiro lugar, destaca-se a necessidade de desenvolver um mecanismo de alimentação dinâmica do acervo, permitindo que a própria Casa de Saberes cadastre e atualize exposições, obras e textos curatoriais diretamente na aplicação, sem depender de alterações manuais no código. Essa autonomia de gestão se articula com outra frente igualmente importante: a migração das informações hoje armazenadas na camada de interface para um banco de dados dedicado, tornando o acervo mais seguro, escalável e sustentável à medida que novas exposições sejam incorporadas ao Museu Matriosca. Em versões futuras, essa infraestrutura também poderia permitir que a Casa e o próprio público montem exposições, combinando obras de diferentes mostras para criar arranjos únicos que, se desejado, poderiam ser compartilhados e revisitados em RA.

Do ponto de vista da mediação, a ampliação dos recursos de acessibilidade constitui um eixo central, com ênfase na inclusão de audiodescrição das imagens das obras (tanto nas páginas de detalhes quanto na própria interação em RA), no enriquecimento das descrições textuais e em ajustes visuais que atendam a diferentes perfis de público. Além disso, é fundamental aprofundar estratégias de otimização da experiência em RA em dispositivos menos potentes e acompanhar a evolução do suporte à *WebXR* em diferentes navegadores e sistemas operacionais, especialmente no ecossistema iOS, de modo a ampliar o alcance potencial da aplicação e reduzir as limitações técnicas observadas no projeto. Também seria desejável, em estudos futuros, ampliar o número e a diversidade de participantes, aproximando o recorte amostral do perfil real de visitantes da Casa de Saberes e cruzando os dados de uso do Museu Matriosca com estatísticas de público do equipamento.

Por fim, desenvolver o Museu Matriosca foi o meu primeiro mergulho mais profundo em tecnologias de RA e em *WebXR*, em um campo ainda pouco explorado em materiais e referências brasileiras. Adaptar soluções e contornar limitações técnicas tornou o processo desafiador, mas também muito rico em aprendizado. Ao mesmo tempo, acompanhar e reconstruir digitalmente as exposições da Casa de Saberes me deu um novo olhar sobre Quixadá, me aproximando mais das experiências culturais e memórias da cidade. Saio deste trabalho com vontade de continuar explorando esse universo e de seguir usando tecnologia para cuidar das histórias e manifestações culturais que fazem parte do cotidiano do interior.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, F. C.; ALMEIDA, R. C.; AMORIM, F. C.; MAUPRIVEZ, J.; SILVEIRA, R. J. E. Utilização de tecnologias vr e ar para divulgação da cultura maker na educação profissional e tecnológica. **Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica**, v. 1, n. 25, p. 1–16, Abril 2025. ISSN 2447-1801. Artigo e16923. CC BY 4.0. Disponível em: <https://doi.org/10.15628/rbept.2025.16923>. Acesso em: 28 maio 2025.

ARANTES, P. Memória, arquivo e curadoria na cultura digital. **Aurora: revista de arte, mídia e política**, São Paulo, v. 12, n. 34, p. 94–108, 2019.

ARAÚJO, P.; MELQUIÁDES, G.; NETO, P.; LAMARCA, S.; VANDERLEI, I.; ROCHA, R.; SILVA, D.; ARAUJO, J. Preservação cultural no museu do cangaço através da realidade aumentada. In: SEMINÁRIO INTEGRADO DE SOFTWARE E HARDWARE (SEMISH), 50. **Anais [...]**. João Pessoa, PB: Sociedade Brasileira de Computação, 2023. p. 368–379. ISBN 2595-6205. Disponível em: <https://doi.org/10.5753/semish.2023.230930>. Acesso em: 15 abr. 2025.

AR.JS-MANUAL. **AR.js Documentation: Augmented reality on the web. 2025?** Disponível em: <https://ar-js-org.github.io/AR.js-Docs/>. Acesso em: 27 maio 2025.

AZUMA, R. T.; BAILLOT, Y.; BEHRINGER, R.; FEINER, S.; JULIER, S.; MACINTYRE, B. Recent advances in augmented reality. **IEEE Computer Graphics and Applications**, IEEE, v. 21, n. 6, p. 34–47, 2001.

BILLINGHURST, M.; CLARK, A.; LEE, G. A survey of augmented reality. **Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction**, v. 8, n. 2-3, p. 73–272, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1561/11000000049>. Acesso em: 23 maio 2025.

BROOKE, J. Sus: A “quick and dirty” usability scale. In: JORDAN, P. W.; THOMAS, B.; WEERDMEESTER, I.; MCCLELLAND, B. (Ed.). **Usability Evaluation in Industry**. [S. l.]: Taylor & Francis, 1996. p. 189–194.

CARVALHO, J. R. B. d.; MAIA, I. M. O. A realidade aumentada com suporte para preservação e revitalização de patrimônio histórico/cultural. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ERGONOMIA. **Anais [...]**. [S. l.], 2022. p. 5–10. Disponível em: <https://www.academia.edu/95271681>. Acesso em: 20 abr. 2025.

CASIMIRO, G. G. Transgressões no contexto digital: reconfiguração das estruturas museais através da realidade aumentada. **Revista Ciclos**, Universidade Federal de Santa Maria, v. 2, n. 3, p. 168–172, dez 2014. Disponível em: <https://revistaciclos.ufsc.br/index.php/ciclos/article/view/150>. Acesso em: 5 maio 2025.

CEARÁ, G. do Estado do. **Casa de Saberes Cego Aderaldo será inaugurada em Quixadá neste sábado (9)**. 2017. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/2017/12/08/cultura-casa-de-saberes-cego-aderaldo-sera-inaugurada-em-quixada-neste-sabado-9/>. Acesso em: 24 nov. 2025.

CEARÁ, M. C. do. **O Sertão Múltiplo de Cego Aderaldo**. 2023. Disponível em: <https://mapacultural.jaguaretama.ce.gov.br/evento/9503/>. Acesso em: 03 jan. 2026.

CHARR, M. **How Museums are using Augmented Reality**. 2024. Disponível em: <https://www.museumnext.com/article/how-museums-are-using-augmented-reality/>. Acesso em: 30 jun. 2025.

DESVALLÉES, A.; MAIRESSE, F. (Ed.). **Conceitos-chave de museologia**. São Paulo: Comitê Brasileiro do ICOM; Pinacoteca do Estado de São Paulo; Secretaria de Estado da Cultura, 2013. 38–60 p. ISBN 978-85-8256-025-9.

DEVELOPERS, G. **Desenvolvimento com ARCore**. 2025? <https://developers.google.com/ar/develop?hl=pt-br>. Acesso em: 1 jul. 2025.

DOMINICI, T. P. Museu, patrimônio, tempo e lugar na cidade: construções, representações, memórias e identidades. **Revista Museologia e Patrimônio**, PPG-PMUS Unirio | MAST, v. 7, n. 1, p. 159–187, 2014. Disponível em: <http://revistamuseologiaepatrimonio.mast.br/index.php/revistamp/article/view/4519>. Acesso em: 5 maio 2025.

ESTADO, A. **Aplicativo mostra a aparência de monumentos gregos há milhares de anos**. 2023. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/ciencia-e-saude/2023/10/5134442-aplicativo-mostra-a-aparencia-de-monumentos-gregos-ha-milhares-de-anos.html>. Acesso em: 30 jun. 2025.

FARIA, C. F. P. d. **Museus e a Digitalização de Trajes: da preservação à realidade aumentada**. Dissertação (Dissertação de Mestrado) – Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2023.

FERNANDES, N. M. P. **Realidade Aumentada em Museus: um estudo empírico sobre a perspectiva dos seus profissionais**. Dissertação (Dissertação de Mestrado) – Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2023. Disponível em: <https://ubibliorum.ubi.pt/handle/10400.6/13517>. Acesso em: 6 jun. 2025.

GOOGLE. **The Chromium Projects**. 2023? Disponível em: <https://www.chromium.org/chromium-projects/>. Acesso em: 11 dez. 2025.

IBM. **O que é LiDAR?** 2023. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/lidar>. Acesso em: 1 jul. 2025.

ICC, G. E. do. **Conservação preventiva e procedimentos em exposições temporárias**. Brodowski, SP: ACAM Portinari; Secretaria de Estado da Cultura de São Paulo, 2012. (Coleção Museu Aberto). ISBN 978-85-63566-10-2.

IDM, I. D. do M. **Casa de Saberes Cego Aderaldo: Panorama 2024**. 2024. Disponível em: <https://www.idm.org.br/transparencia/?ano=&tipo=59&equip=67>. Acesso em: 2 jun. 2025.

KHRONOS. **WebGL: 3d graphics for the web**. 2025? Disponível em: <https://www.khronos.org/webgl/>. Acesso em: 10 dez. 2025.

MARÇAL, A. de O. Dissertação (Mestrado em Museologia e Patrimônio), **A realidade aumentada como ferramenta de mediação: análise crítica de sua aplicação no museu histórico nacional**. 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/UNIRIO/12713>. Acesso em: 10 maio 2025.

MDN Contributors. **Starting up and shutting down a WebXR session**. 2025? Disponível em: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebXR_Device_API/Startup_and_shutdown. Acesso em: 03 jan. 2026.

MDN Web Docs. **Popups**: user interface. 2025? Disponível em: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Mozilla/Add-ons/WebExtensions/user_interface/Popups. Acesso em: 11 dez. 2025.

MILGRAM, P.; KISHINO, F. A taxonomy of mixed reality visual displays. **IEICE Transactions on Information and Systems**, E77-D, n. 12, p. 1321–1329, 1994.

MORAN, K. **Usability (User) Testing 101**. 2019. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/usability-testing-101/>. Acesso em: 10 dez. 2025.

MUTHUSUNDARI, S.; DEVI, V.; SUJATHA, R. Beacon location based augmented reality visualization of smart museum. **Annals of R.S.C.B.**, v. 25, n. 5, p. 2430–2435, 2021. ISSN: 1583-6258. Disponível em: <http://annalsofrscb.ro/index.php/journal/article/view/8817>. Acesso em: 2 jun. 2025.

NIANTIC. **Introducing Scaniverse**: 3d scanner + lidar + gaussian splatting for ios and android. 2021. Disponível em: <https://scaniverse.com/news/introducing-scaniverse>. Acesso em: Acesso em: 1 jul. 2025.

NIELSEN, J. **Why You Only Need to Test with 5 Users**. 2000. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>. Acesso em: 10 dez. 2025.

OLIVEIRA, M. A. de; SCHEINER, T. **Uso da Realidade Aumentada em Exposições Museológicas**: algumas considerações. 2020. 132–143 p. Disponível em: <https://doi.org/10.26512/museologia.v9iEspecial.35106>. Acesso em: 5 maio 2025.

OUFQIR, Z.; ABDERRAHMANI, A. E.; SATORI, K. From marker to markerless in augmented reality. In: AL., V. B. et (Ed.). **Embedded Systems and Artificial Intelligence**. [S. l.]: Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2020, (Advances in Intelligent Systems and Computing, v. 1076). p. 599–609.

POLYCAM. **Polycam**: Reality capture for professionals. 2025? Disponível em: <https://poly.cam/>. Acesso em: 1 jul. 2025.

POPULAR, C. **MAM leva obras do acervo para as ruas de SP**. 2020. Disponível em: https://correio.rac.com.br/_conteudo/2020/08/entretenimento/983705-mam-leva-obras-do-acervo-para-as-ruas-de-sp.html. Acesso em: 2 jul. 2025.

PRIBERAM. **Matriosca**. 2021? Disponível em: <https://dicionario.priberam.org/matriosca>. Acesso em: 5 maio 2025.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. d. **Metodologia do Trabalho Científico**: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo, RS: Editora Feevale, 2013. ISBN 978-85-7717-158-3.

PTC Inc. **Vuforia Engine**. 2025? Disponível em: <https://developer.vuforia.com/library/vuforia-engine/getting-started/vuforia-features>. Acesso em: 01 jul. 2025.

QUARANTA, D. Webcoleccionismo e preservação de obras de arte digital. In: BEILGUEMAN, G.; MAGALHAES (Ed.). **Futuros possíveis**: arte, museu e arquivos digitais. São Paulo: [S. n.], 2014.

RIBEIRO, A.; MASSARANI, L.; FALCÃO, D. Museus de ciências e covid-19: análise dos impactos da pandemia no brasil. **Museologia e Patrimônio**, Unirio | MAST, v. 15, n. 1, p. 243–269, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/359879036_Museus_de_Ciencias_e_Covid-19_analise_dos_impactos_da_pandemia_no_Brasil. Acesso em: 20 abr. 2025.

SANTOS, D. R. dos. **Fotogrametria I**. 2009. 1ª edição, última atualização em 2014. Departamento de Geomática, UFPR. Disponível em: <https://www.ufpr.br/portallufpr/>. Acesso em: 14 jun. 2025.

SEBRAE. **Entenda como a realidade aumentada transforma o mundo da arte**. 2023. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/entenda-como-a-realidade-aumentada-transforma-o-mundo-da-arte,6e7acf1a03fe5810VgnVCM1000001b00320aRCRD>. Acesso em: 30 jun. 2025.

SECULT-CE. **Casa de Saberes Cego Aderaldo**. 2024. Disponível em: <https://mapacultural.secult.ce.gov.br/espaco/891>. Acesso em: 19 jun. 2025.

SILVA, A. F. Pandemia, museu e virtualidade: a experiência museológica no “novo normal” e a ressignificação museal no ambiente virtual. In: **Anais [...]**. [S. n.], 2021. v. 29, n. e54, p. 1–27. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1982-02672021v29e54>. Acesso em: 5 maio 2025.

SOLIS, D. Tela desconstrucionista: arquivo e mal de arquivo a partir de jacques derrida. **Aurora**, v. 26, p. 373, 2014.

SORIANO, J. G. N. **ARCOCOCI**: desenvolvimento de uma aplicação com realidade aumentada para o museu de parambu. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Software)) – Universidade Federal do Ceará, Quixadá, 2022.

THREE.JS-MANUAL. **Fundamentals**: three.js manual. 2025? Disponível em: <https://threejs.org/manual/#en/fundamentals>. Acesso em: 27 maio 2025.

TORI, R.; HOUNSELL, M. d. S. **Introdução a Realidade Virtual e Aumentada**. 3. ed. Porto Alegre: Editora SBC, 2020. 496 p.

UNITY. **Unity Engine**. 2025? Disponível em: <https://unity.com/pt/products/unity-engine>. Acesso em: 01 jul. 2025.

W3C. **WebXR Device API**. 2023. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/webxr/>. Acesso em: 27 maio 2025.

XAVIER, D. Museus em movimento: uma análise sobre experiências museológicas itinerantes. **Cadernos De Sociomuseologia**, v. 46, n. 2, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.36572/csm.2013.vol.46.01>. Acesso em: 14 jun. 2025.

APÊNDICE A – ROTEIRO DOS TESTES DE USABILIDADE

O roteiro abaixo foi utilizado como guia durante os testes de usabilidade do Museu Matriosca, orientando as ações que cada participante deveria realizar na aplicação.

Bloco A – Acesso e primeira impressão

Tarefa 1 – Explorar a página inicial

1. Observe a página inicial do Museu Matriosca.
2. Inicie a aplicação.
3. Localize onde ficam as exposições disponíveis para interação.

Bloco B – Explorar a primeira exposição

Tarefa 2 – Escolher uma exposição

1. Escolha uma exposição que chame sua atenção e toque nela, ou clique no botão de explorar.
2. Visualize a página da exposição selecionada.
3. Abra a aba de informações dessa exposição.

Tarefa 3 – Ler as informações da exposição

1. Na aba de informações da exposição, encontre:
 - o texto descritivo/curatorial;
 - as informações gerais: nome da exposição, artistas, curadoria, quando disponível.
2. Leia o texto por alguns instantes para entender a proposta da exposição.
3. Acione o recurso de áudio.
4. Feche a aba de informações.
5. Toque na imagem das obras para vê-las por inteiro.

Bloco C – Experiência em Realidade Aumentada (RA) – 1ª exposição

Se o dispositivo não suportar RA ou ocorrer erro, peça que o participante tente assim mesmo e descreva o que aconteceu.

Tarefa 4 – Iniciar a RA

1. Nesta mesma exposição, localize o botão para iniciar a experiência em realidade aumentada.
2. Toque nesse botão.
3. Se o navegador pedir, autorize o uso da câmera.
4. Aponte o celular para uma parede próxima com objetos ou quadros.
5. Mova o celular até que o retículo/ponto de posicionamento apareça.
6. Quando o retículo aparecer, toque nele para posicionar a “parede virtual” com as obras.

Tarefa 5 – Interagir com a exposição em RA

1. Afaste-se e aproxime-se um pouco da parede para observar melhor as obras em RA.
2. Mova-se lateralmente para ver as obras de outros ângulos.
3. Observe a disposição dos quadros na parede virtual e comente se houver algo estranho, por exemplo, obras colidindo entre si.

Bloco D – Voltar e explorar outra exposição

Tarefa 6 – Explorar uma segunda exposição

1. Saia da experiência em RA.
2. Volte para a tela com o carrossel de exposições.
3. Escolha uma segunda exposição diferente da primeira.
4. Abra os detalhes dessa nova exposição.
5. Veja o nome, a descrição e role para ver as obras.
6. Repita o processo de iniciar a RA para essa segunda exposição.

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE USABILIDADE

A seguir, apresenta-se o questionário aplicado após os testes de usabilidade, utilizado para coletar dados de perfil, contexto técnico e percepções sobre a experiência de uso do Museu Matriosca.

Bloco 1 – Termo de ciência e consentimento

Termo de Ciência e Consentimento

Você está sendo convidado(a) a responder a um breve questionário sobre a sua experiência de uso do aplicativo web “Museu Matriosca”, desenvolvido como Trabalho de Conclusão de Curso em Sistemas de Informação na Universidade Federal do Ceará - Campus Quixadá.

O objetivo deste questionário é avaliar a usabilidade e a experiência de uso do aplicativo após você ter utilizado o sistema (navegação pelas exposições e uso da realidade aumentada).

Declaro que estou ciente de que:

- a minha participação é voluntária;
- os dados fornecidos serão utilizados exclusivamente para fins acadêmicos, no contexto deste Trabalho de Conclusão de Curso;
- posso desistir a qualquer momento, sem qualquer prejuízo;
- as informações serão tratadas de forma confidencial e utilizadas apenas de forma agrupada, sem identificação nominal dos participantes;
- esta é uma pesquisa de avaliação de usabilidade, não envolvendo qualquer risco aos participantes, apenas o tempo necessário para utilizar o aplicativo e responder ao questionário.

Ao continuar e enviar minhas respostas, declaro que li este texto, estou ciente das informações e concordo em participar da pesquisa.

1. Você leu e concorda com os termos de consentimento para participação nesta pesquisa?

- a) Sim, li e concordo com os termos.
- b) Não concordo e não desejo participar.

Bloco 2 – Informações gerais

1. Gênero:
 - a) Feminino
 - b) Masculino
 - c) Não binário
 - d) Prefiro não dizer
2. Faixa etária:
 - a) De 18 a 25 anos
 - b) De 26 a 35 anos
 - c) De 36 a 45 anos
 - d) De 46 a 55 anos
 - e) Acima de 55 anos
3. Qual é a sua relação com a Casa de Saberes Cego Aderaldo?
 - a) Trabalho ou já trabalhei na Casa de Saberes
 - b) Sou visitante/interessado(a) em arte e cultura
 - c) Não tenho relação direta, estou apenas testando o aplicativo
 - d) Outro: _____
4. Com que frequência você costuma visitar espaços culturais (museus, centros culturais, exposições, galerias)?
 - a) Pelo menos 1 vez por mês
 - b) Algumas vezes por ano
 - c) Raramente
 - d) Quase nunca / nunca
5. Como você descreveria a sua familiaridade com tecnologia (uso de celulares, aplicativos, computadores etc.)?
 - a) Muito baixa – tenho bastante dificuldade com tecnologia
 - b) Baixa – às vezes tenho dificuldade
 - c) Média – uso no dia a dia, mas não sou avançado(a)
 - d) Alta – uso com facilidade a maior parte dos recursos
 - e) Muito alta – costumo ajudar outras pessoas com tecnologia / trabalho ou estudo na área
6. Você já tinha utilizado alguma experiência em realidade aumentada (RA) antes de testar o

Museu Matriosca?

- a) Sim
- b) Não
- c) Não tenho certeza

Bloco 3 – Contexto técnico de uso

1. Qual dispositivo (marca e modelo) você utilizou para acessar o Museu Matriosca?

2. Em qual navegador foram realizados os testes?

3. Aproximadamente, quanto tempo você passou utilizando o Museu Matriosca antes de responder a este questionário?

- a) Menos de 5 minutos
- b) Entre 5 e 10 minutos
- c) Entre 10 e 20 minutos
- d) Mais de 20 minutos

4. Você conseguiu iniciar a experiência em realidade aumentada (RA) no seu dispositivo?

- a) Sim, consegui usar a RA normalmente
- b) Tentei usar, mas a RA não funcionou corretamente
- c) Meu dispositivo não oferece suporte para RA (ou não sei se oferece)
- d) Não tentei usar a RA

Bloco 4 – Avaliação de usabilidade (System Usability Scale – SUS)

Considere a escala de 1 a 5 para responder às afirmações abaixo:

1 – discordo totalmente 2 – discordo 3 – nem concordo, nem discordo 4 – concordo 5 – concordo totalmente.

1. Eu acho que gostaria de usar esta aplicação frequentemente.

(1) (2) (3) (4) (5)

2. Eu achei esta aplicação desnecessariamente complexa.

(1) (2) (3) (4) (5)

3. Eu achei esta aplicação fácil de usar.

(1) (2) (3) (4) (5)

4. Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para conseguir usar esta aplicação.

(1) (2) (3) (4) (5)

5. Eu achei que as várias funções desta aplicação estão bem integradas.

(1) (2) (3) (4) (5)

6. Eu achei que houve muita inconsistência nesta aplicação.

(1) (2) (3) (4) (5)

7. Eu imagino que a maioria das pessoas aprenderia a usar esta aplicação muito rapidamente.

(1) (2) (3) (4) (5)

8. Eu achei esta aplicação muito difícil de usar.

(1) (2) (3) (4) (5)

9. Eu me senti muito confiante ao usar esta aplicação.

(1) (2) (3) (4) (5)

10. Eu precisei aprender muitas coisas antes de conseguir usar esta aplicação.

(1) (2) (3) (4) (5)

Bloco 5 – Feedback qualitativo

1. O que você mais gostou no Museu Matriosca?

2. O que você menos gostou ou achou mais difícil/confuso ao usar o Museu Matriosca?

3. Se você teve problemas para usar a realidade aumentada (RA), descreva brevemente o que aconteceu (por exemplo: não abriu, travou, não reconheceu a parede etc.).

-
-
4. Você tem alguma sugestão de melhoria para o aplicativo (interface, textos, RA, organização das exposições etc.)?

APÊNDICE C – CÓDIGOS DA APLICAÇÃO

Este apêndice apresenta os principais arquivos de código utilizados na implementação da aplicação web descrita nos capítulos anteriores.

Arquivo main.js

Código-fonte 1 – Script principal da aplicação (main.js)

```
1 // Orquestra a experiencia WebXR unindo a UI e a colocao das paredes em RA.
2 import * as THREE from "https://cdn.jsdelivr.net/npm/three@0.160.0/build/three.
  module.js";
3 import { ARButton } from "https://cdn.jsdelivr.net/npm/three@0.160.0/examples/jsm/
  webxr/ARButton.js";
4 import { setupARScene } from "./ar-setup.js";
5 import {
6   onSelect,
7   configureWallUtils,
8   isWallPlaced,
9   setExibicaoAtiva,
10  resetWall,
11 } from "./wall-utils.js";
12 import { initUI, loadData } from "./ui.js";
13
14 let camera, scene, renderer, controller, reticle, arButton, arHint, arCloseButton;
15 let hitTestSource = null;
16 let localSpace = null;
17 let referenceSpace = null;
18 let arContainer = null;
19
20 function showArHint() {
21   if (arHint) {
22     arHint.classList.add("visible");
23     arHint.setAttribute("aria-hidden", "false");
24   }
25 }
26
27 function hideArHint() {
```

```
28   if (arHint) {
29     arHint.classList.remove("visible");
30     arHint.setAttribute("aria-hidden", "true");
31   }
32 }
33
34 loadData().then((data) => {
35   initUI(
36     (exibicaoSelecionada) => {
37       setExibicaoAtiva(exibicaoSelecionada);
38       if (arButton) {
39         arButton.click();
40       }
41     },
42     data,
43   );
44 });
45
46 function handleSessionEnd() {
47   hitTestSource = null;
48   localSpace = null;
49   referenceSpace = null;
50
51   if (arContainer) {
52     arContainer.style.display = "none";
53   }
54
55   if (arCloseButton) {
56     arCloseButton.style.display = "none";
57     arCloseButton.onclick = null;
58   }
59
60   hideArHint();
61
62   const ui = document.getElementById("ui");
63   if (ui) {
64     ui.style.display = "flex";
65   }
66 }
```

```
67   if (reticle) {
68     reticle.visible = false;
69   }
70
71   if (typeof resetWall === "function") {
72     resetWall();
73   }
74
75   if (window.__matrioscaBackToCarousel) {
76     window.__matrioscaBackToCarousel();
77   }
78 }
79
80 (async function init() {
81   const sceneObjects = await setupARScene(THREE, ARButton, onSelect);
82   camera = sceneObjects.camera;
83   scene = sceneObjects.scene;
84   renderer = sceneObjects.renderer;
85   controller = sceneObjects.controller;
86   reticle = sceneObjects.reticle;
87   arButton = sceneObjects.arButton;
88   arHint = sceneObjects.arHint;
89   arCloseButton = sceneObjects.arCloseButton;
90
91   arContainer = renderer.domElement.parentElement;
92   if (arContainer) {
93     arContainer.style.position = "fixed";
94     arContainer.style.inset = "0";
95     arContainer.style.zIndex = "1";
96     arContainer.style.display = "none";
97   }
98
99   const ui = document.getElementById("ui");
100  if (ui) {
101    ui.style.display = "flex";
102    ui.style.position = "relative";
103    ui.style.zIndex = "2";
104  }
105
```

```
106 configureWallUtils({
107     THREELib: THREE,
108     cameraRef: camera,
109     sceneRef: scene,
110     reticleRef: reticle,
111 });
112
113 renderer.xr.addEventListener("sessionstart", async () => {
114     const session = renderer.xr.getSession();
115     if (!session) return;
116
117     localSpace = await session.requestReferenceSpace("viewer");
118     hitTestSource = await session.requestHitTestSource({ space: localSpace });
119     referenceSpace = renderer.xr.getReferenceSpace();
120
121     if (arContainer) {
122         arContainer.style.display = "block";
123     }
124
125     if (arCloseButton) {
126         arCloseButton.style.display = "inline-flex";
127         arCloseButton.onclick = () => session.end();
128     }
129
130     showArHint();
131
132     session.addEventListener("end", handleSessionEnd, { once: true });
133 });
134
135 renderer.setAnimationLoop((timestamp, frame) => {
136     if (frame && hitTestSource && referenceSpace) {
137         const hitTestResults = frame.getHitTestResults(hitTestSource);
138
139         if (hitTestResults.length > 0 && !isWallPlaced()) {
140             const pose = hitTestResults[0].getPose(referenceSpace);
141             if (pose) {
142                 reticle.visible = true;
143                 reticle.matrix.fromArray(pose.transform.matrix);
144             }
145         }
146     }
147 });
```

```

145     } else {
146         reticle.visible = false;
147     }
148 }
149
150 if (isWallPlaced()) {
151     hideArHint();
152 }
153
154 renderer.render(scene, camera);
155 });
156 })();

```

Arquivo ar-setup.js

Código-fonte 2 – Configuração da cena RA com Three.js (ar-setup.js)

```

1 // Prepara a cena WebXR com retculo, iluminacao e controles da sesso AR.
2 import { initVideoStream } from "./video-utils.js";
3
4 export async function setupARScene(THREE, ARButton, onSelect) {
5     const container = document.createElement("div");
6     document.body.appendChild(container);
7
8     const arHint = document.createElement("div");
9     arHint.id = "ar-hint";
10    arHint.setAttribute("aria-hidden", "true");
11    arHint.innerHTML = `
12        <div class="ar-hint__icon" aria-hidden="true"></div>
13        <div class="ar-hint__content">
14            <p class="ar-hint__title">Procure uma parede</p>
15            <p class="ar-hint__text">Aponte a cmera para uma parede com quadros ou
16            objetos. Quando o retculo verde aparecer, toque nele.</p>
17        </div>
18    `;
19    container.appendChild(arHint);

```

```
20 const arCloseButton = document.createElement("button");
21 arCloseButton.id = "ar-close-btn";
22 arCloseButton.type = "button";
23 arCloseButton.setAttribute("aria-label", "Fechar a experiencia em RA");
24 arCloseButton.textContent = "";
25 arCloseButton.style.display = "none";
26 container.appendChild(arCloseButton);
27
28 const scene = new THREE.Scene();
29 const camera = new THREE.PerspectiveCamera(
30     70,
31     window.innerWidth / window.innerHeight,
32     0.01,
33     20
34 );
35
36 const renderer = new THREE.WebGLRenderer({ antialias: true, alpha: true });
37 renderer.setSize(window.innerWidth, window.innerHeight);
38 renderer.setPixelRatio(window.devicePixelRatio);
39 renderer.xr.enabled = true;
40 container.appendChild(renderer.domElement);
41 renderer.outputEncoding = THREE.sRGBEncoding;
42 renderer.physicallyCorrectLights = true;
43
44 const arButton = ARButton.createButton(renderer, {
45     requiredFeatures: ["hit-test"],
46     optionalFeatures: ["dom-overlay"],
47     domOverlay: { root: container },
48 });
49 arButton.id = "native-webxr-button";
50 arButton.style.display = "none";
51 arButton.setAttribute("aria-hidden", "true");
52 arButton.tabIndex = -1;
53 document.body.appendChild(arButton);
54
55 scene.add(new THREE.HemisphereLight(0xffffff, 0x444444, 1));
56 const dirLight = new THREE.DirectionalLight(0xffffff, 0.8);
57 dirLight.position.set(1, 3, 2);
58 dirLight.castShadow = true;
```

```
59 scene.add(dirLight);
60
61 const spotLight = new THREE.SpotLight(0xffffff, 2);
62 spotLight.position.set(0, 2.5, 1.5);
63 spotLight.castShadow = true;
64 scene.add(spotLight);
65
66 const ringGeometry = new THREE.RingGeometry(0.05, 0.06, 32).rotateX(-Math.PI / 2);
67
68 const reticle = new THREE.Mesh(
69   ringGeometry,
70   new THREE.MeshBasicMaterial({ color: 0x00ff00 })
71 );
72 reticle.matrixAutoUpdate = false;
73 reticle.visible = false;
74 scene.add(reticle);
75
76 const controller = renderer.xr.getController(0);
77 controller.addEventListener("select", onSelect);
78 scene.add(controller);
79
80 await initVideoStream();
81
82 return {
83   camera,
84   scene,
85   renderer,
86   controller,
87   reticle,
88   arButton,
89   arHint,
90   arCloseButton,
91 };
```

Arquivo ui.js

Código-fonte 3 – Interface e interação do usuário (ui.js)

```

1 // Gerencia carregamento das exposies e toda a navegao da interface web.
2 function mapObras(itens, { autor: autorPadrao, size: sizePadrao } = {}) {
3   return (itens ?? []).map(({ arquivo, url, ...obra }) => ({
4     ...obra,
5     url: url ?? (arquivo ? `img/${arquivo}` : undefined),
6     autor: obra.autor ?? autorPadrao,
7     size: obra.size ?? sizePadrao,
8   }));
9 }
10
11 function resolveSize(sizeKeyOrObj, sizes, fallback) {
12   if (!sizeKeyOrObj) return fallback;
13   if (typeof sizeKeyOrObj === "string") return sizes?.[sizeKeyOrObj] ?? fallback;
14   return sizeKeyOrObj;
15 }
16
17 export async function loadData() {
18   const [base, info] = await Promise.all([
19     fetch("./data/exibicoes.json").then((r) => r.json()),
20     fetch("./data/exibicoesInfo.json").then((r) => r.json()),
21   ]);
22
23   const sizes = base?.sizes ?? {};
24   const exibicoes = (base?.exibicoes ?? []).map((ex) => {
25     const sizePadrao = resolveSize(
26       ex.defaults?.sizeKey,
27       sizes,
28       sizes.DEFAULT_OBRA_SIZE,
29     );
30
31     return {
32       ...ex,
33       obras: mapObras(ex.obras, { autor: ex.defaults?.autor, size: sizePadrao }),
34     };
35   });
36
37   return { exibicoes, exibicoesInfo: info ?? {}, sizes };

```

```
38 }
39
40 export function initUI(
41   startCallback,
42   { exibicoes: exibicoesData = [], exibicoesInfo: exibicoesInfoData = {} } = {},
43 ) {
44   const uiContainer = document.getElementById("ui");
45   const galleryRoot = document.getElementById("gallery-ui");
46   const introScreen = document.getElementById("intro-screen");
47   const carouselScreen = document.getElementById("carousel-screen");
48   const detailsScreen = document.getElementById("details-screen");
49
50   const exibicoes = exibicoesData;
51   const exibicoesInfo = exibicoesInfoData;
52
53   if (!exibicoes.length) {
54     console.warn("Nenhuma exposio carregada.");
55     return;
56   }
57
58   const ROUTES = {
59     INTRO: "intro",
60     CAROUSEL: "exposicoes",
61     DETAILS: "detalhes",
62   };
63   let navigationIndex = 0;
64
65   const enterGalleryBtn = document.getElementById("enter-gallery-btn");
66   const backToIntroBtn = document.getElementById("back-to-intro");
67   const voltarBtn = document.getElementById("voltar-btn");
68
69   const carouselWindow = document.querySelector(".carousel-window");
70   const carouselTrack = document.getElementById("carousel-track");
71   const carouselPrev = document.getElementById("carousel-prev");
72   const carouselNext = document.getElementById("carousel-next");
73   const carouselTitle = document.getElementById("carousel-title");
74   const carouselDescription = document.getElementById("carousel-description");
75   const viewDetailsBtn = document.getElementById("view-details-btn");
76   const carouselIndicators = document.getElementById("carousel-indicators");
```

```
77
78 const tituloEl = document.getElementById("exibicao-titulo");
79 const descEl = document.getElementById("exibicao-descricao");
80 const obrasLista = document.getElementById("obras-lista");
81 const startBtn = document.getElementById("start-ar-btn");
82 const imageModal = document.getElementById("image-modal");
83 const modalImage = document.getElementById("image-modal-img");
84 const modalCaption = document.getElementById("image-modal-caption");
85 const openInfoBtn = document.getElementById("open-info-btn");
86 const infoModal = document.getElementById("info-modal");
87 const infoCuratorial = document.getElementById("info-curatorial");
88 const infoCredits = document.getElementById("info-credits");
89 const infoTitle = document.getElementById("info-modal-title");
90 const infoAudioBtn = document.getElementById("info-audio-btn");
91 const infoAudioLabel = infoAudioBtn?.querySelector(".info-audio-btn__label");
92
93 const speechSupported =
94     typeof window !== "undefined" && "speechSynthesis" in window;
95
96 let currentExibicao = exibicoes[0];
97 let currentIndex = 0;
98 let infoAudioText = "";
99 let currentUtterance = null;
100
101 const screens = [introScreen, carouselScreen, detailsScreen];
102
103 function buildHash(screen, exibicaoId) {
104     if (screen === ROUTES.DETAILS && exibicaoId) {
105         return `#${ROUTES.DETAILS}/${exibicaoId}`;
106     }
107     return `#${screen}`;
108 }
109
110 function navigateTo(screen, { exibicaoId = null, replace = false } = {}) {
111     const hash = buildHash(screen, exibicaoId);
112     const state = { screen, exibicaoId, index: navigationIndex };
113     if (replace) {
114         window.history.replaceState(state, "", hash);
115     }
116     return;
```

```
116     }
117
118     const nextIndex = navigationIndex + 1;
119     window.history.pushState(
120       { screen, exibicaoId, index: nextIndex },
121       "",
122       hash,
123     );
124     navigationIndex = nextIndex;
125   }
126
127   function findExibicaoById(id) {
128     return exibicoes.find((ex) => ex.id === id);
129   }
130
131   function parseHash() {
132     const hash = window.location.hash.replace(/^#/ , "");
133     if (!hash) return { screen: ROUTES.INTRO };
134
135     const [screen, exibicaoId] = hash.split("/");
136     if (screen === ROUTES.CAROUSEL) return { screen };
137     if (screen === ROUTES.DETAILS) {
138       return { screen, exibicaoId: exibicaoId ?? exibicoes[0].id };
139     }
140
141     return { screen: ROUTES.INTRO };
142   }
143
144   function setActiveScreen(screenEl) {
145     screens.forEach((screen) => {
146       if (screen === screenEl) {
147         screen.classList.add("active");
148       } else {
149         screen.classList.remove("active");
150       }
151     });
152
153     const isDetails = screenEl === detailsScreen;
154     if (uiContainer) {
```

```
155     uiContainer.classList.toggle("details-active", isDetails);
156   }
157   if (galleryRoot) {
158     galleryRoot.classList.toggle("details-active", isDetails);
159   }
160   if (document?.body) {
161     document.body.classList.toggle("details-active", isDetails);
162   }
163 }
164
165 function buildCreditsHtml(credits = []) {
166   if (!credits.length) {
167     return '<p class="info-empty">Crditos no informados.</p>';
168   }
169
170   const title = '<p class="info-credits__title">Crditos</p>';
171   const rows = credits
172     .map(
173       (credit) => `
174         <div class="info-credit-row">
175           <span>${credit.label}</span>
176           <p>${credit.value}</p>
177         </div>
178       `,
179     )
180     .join("");
181
182   return `${title}${rows}`;
183 }
184
185 function buildAudioNarration(info, exibicao) {
186   if (!info) return "";
187   const parts = [info.curatorialText?.trim()].filter(Boolean);
188
189   if (info.credits?.length) {
190     const creditNarration = info.credits
191       .map((credit) => `${credit.label}: ${credit.value}`)
192       .join(". ");
193     parts.push(`Crditos: ${creditNarration}`);
```

```
194     }
195
196     if (exibicao?.titulo) {
197         parts.unshift(`Exposio ${exibicao.titulo}.`);
198     }
199
200     return parts.join(" ");
201 }
202
203 function stopInfoAudio() {
204     if (speechSupported && window.speechSynthesis?.speaking) {
205         window.speechSynthesis.cancel();
206     }
207     currentUtterance = null;
208     infoAudioBtn?.classList.remove("active");
209     if (infoAudioLabel) {
210         infoAudioLabel.textContent = "Ouvir";
211     }
212     infoAudioBtn?.setAttribute("aria-pressed", "false");
213 }
214
215 function toggleInfoAudio() {
216     if (!speechSupported || !infoAudioText.trim()) return;
217
218     if (window.speechSynthesis?.speaking) {
219         stopInfoAudio();
220         return;
221     }
222
223     const utterance = new SpeechSynthesisUtterance(infoAudioText);
224     utterance.lang = "pt-BR";
225     utterance.rate = 0.98;
226     utterance.pitch = 1.02;
227     utterance.onend = () => stopInfoAudio();
228     currentUtterance = utterance;
229     window.speechSynthesis?.speak(utterance);
230
231     infoAudioBtn?.classList.add("active");
232     infoAudioBtn?.setAttribute("aria-pressed", "true");
```

```
233     if (infoAudioLabel) {
234         infoAudioLabel.textContent = "Parar";
235     }
236 }
237
238 function setModalOpenState(isOpen) {
239     if (!document?.body) return;
240     if (isOpen) {
241         document.body.classList.add("modal-open");
242     } else if (
243         !imageModal?.classList.contains("open") &&
244         !infoModal?.classList.contains("open")
245     ) {
246         document.body.classList.remove("modal-open");
247     }
248 }
249
250 function closeInfoModal() {
251     if (!infoModal) return;
252     infoModal.classList.remove("open");
253     infoModal.setAttribute("aria-hidden", "true");
254     stopInfoAudio();
255     setModalOpenState(false);
256 }
257
258 function openInfoModal() {
259     if (!infoModal) return;
260     infoModal.classList.add("open");
261     infoModal.setAttribute("aria-hidden", "false");
262     stopInfoAudio();
263     if (!speechSupported && infoAudioBtn) {
264         infoAudioBtn.disabled = true;
265         infoAudioBtn.title =
266             "A leitura em voz alta no suportada neste dispositivo.";
267     }
268     setModalOpenState(true);
269 }
270
271 function updateInfoModalContent(exibicao) {
```

```
272     if (!exibicao) return;
273     const info = exibicoesInfo[exibicao.id];
274     if (infoTitle) {
275         infoTitle.textContent = exibicao.titulo;
276     }
277     if (infoCuratorial) {
278         infoCuratorial.textContent =
279             info?.curatorialText ?? "Contedo no disponvel.";
280     }
281     if (infoCredits) {
282         infoCredits.innerHTML = buildCreditsHtml(info?.credits ?? []);
283     }
284     infoAudioText = buildAudioNarration(info, exibicao);
285     if (infoAudioBtn) {
286         const hasAudio = Boolean(infoAudioText.trim()) && speechSupported;
287         infoAudioBtn.disabled = !hasAudio;
288         infoAudioBtn.title = hasAudio
289             ? "Ouvir o texto completo da exposio"
290             : "Leitura em voz alta indisponvel.";
291         infoAudioBtn.setAttribute("aria-pressed", "false");
292         infoAudioBtn.classList.remove("active");
293         if (infoAudioLabel) {
294             infoAudioLabel.textContent = "Ouvir";
295         }
296     }
297 }
298
299 function goToIntro({ updateHistory = true, replace = false } = {}) {
300     setActiveScreen(introScreen);
301     closeInfoModal();
302     if (updateHistory) {
303         navigateTo(ROUTES.INTRO, { replace });
304     }
305 }
306
307 function goToCarousel({ updateHistory = true, replace = false } = {}) {
308     setActiveScreen(carouselScreen);
309     closeInfoModal();
310     goToSlide(currentIndex, { behavior: "auto" });
```

```
311     if (updateHistory) {
312         navigateTo(ROUTES.CAROUSEL, { replace });
313     }
314 }
315
316 window.__matrioscaBackToCarousel = () => {
317     goToCarousel({ updateHistory: true, replace: true });
318 };
319
320 function renderDetails(exibicao) {
321     setActiveScreen(detailsScreen);
322     closeInfoModal();
323     updateInfoModalContent(exibicao);
324     tituloEl.textContent = exibicao.titulo;
325     descEl.textContent = exibicao.descricao;
326     const heroCover = coverImageFor(exibicao);
327     detailsScreen.style.setProperty("--details-cover", `url(${heroCover})`);
328     detailsScreen.scrollTo({ top: 0, behavior: "auto" });
329     obrasLista.innerHTML = "";
330
331     exibicao.obras.forEach((obra) => {
332         const div = document.createElement("div");
333         div.className = "obra-item";
334         div.innerHTML = `
335             <button class="obra-thumb" type="button" aria-label="Ampliar ${obra.titulo}
336             ">
337                 
338             </button>
339             <div class="title">${obra.titulo}</div>
340             ${obra.autor ? `<div class="autor">${obra.autor}</div>` : ""}
341         `;
342         div
343             .querySelector(".obra-thumb")
344             ? .addEventListener("click", () => openImageModal(obra));
345         obrasLista.appendChild(div);
346     });
347
348     startBtn.onclick = () => startCallback(exibicao);
349 }
```

```
349
350 function openImageModal({ url, titulo }) {
351     if (!imageModal || !modalImage || !url) return;
352     modalImage.src = url;
353     modalImage.alt = titulo ?? "Obra";
354     if (modalCaption) {
355         modalCaption.textContent = titulo ?? "";
356     }
357     imageModal.classList.add("open");
358     imageModal.setAttribute("aria-hidden", "false");
359     setModalOpenState(true);
360 }
361
362 function closeImageModal() {
363     if (!imageModal) return;
364     imageModal.classList.remove("open");
365     imageModal.setAttribute("aria-hidden", "true");
366     setModalOpenState(false);
367 }
368
369 function handleModalClick(event) {
370     const target = event.target;
371     if (!(target instanceof HTMLElement)) return;
372     if (target.dataset.closeModal !== undefined) {
373         closeImageModal();
374     }
375 }
376
377 imageModal?.addEventListener("click", handleModalClick);
378
379 function handleInfoClick(event) {
380     const target = event.target;
381     if (!(target instanceof HTMLElement)) return;
382     if (target.dataset.closeInfo !== undefined) {
383         closeInfoModal();
384     }
385 }
386
387 infoModal?.addEventListener("click", handleInfoClick);
```

```
388
389 document.addEventListener("keydown", (event) => {
390     if (event.key !== "Escape") return;
391     if (imageModal?.classList.contains("open")) {
392         closeImageModal();
393     }
394     if (infoModal?.classList.contains("open")) {
395         closeInfoModal();
396     }
397 });
398
399 function coverImageFor(exibicao) {
400     const primeiraObra = exibicao.obras.find((obra) => Boolean(obra.url));
401     return (
402         primeiraObra?.url ??
403         "https://images.unsplash.com/photo-1529421300300-23418098792c?auto=format&fit
=crop&w=800&q=80"
404     );
405 }
406
407 const slides = exibicoes.map((exibicao, index) => {
408     const slide = document.createElement("article");
409     slide.className = "exibicao-slide";
410     slide.style.background = `url(${coverImageFor(exibicao)}) center/cover no-
repeat`;
411
412     slide.innerHTML = `
413         <div class="slide-content">
414             <span>${String(index + 1).padStart(2, "0")}</span>
415             <h3>${exibicao.titulo}</h3>
416         </div>
417     `;
418
419     slide.addEventListener("click", () => showExibicao(exibicao));
420     carouselTrack.appendChild(slide);
421     return slide;
422 });
423
424 const dots = exibicoes.map((_, index) => {
```

```
425     const dot = document.createElement("div");
426     dot.className = "carousel-dot";
427     dot.addEventListener("click", () => goToSlide(index));
428     carouselIndicators.appendChild(dot);
429     return dot;
430   });
431
432   function centerCurrentSlide(behavior = "smooth") {
433     if (!carouselWindow) return;
434     const activeSlide = slides[currentIndex];
435     if (!activeSlide) return;
436     const offset =
437       activeSlide.offsetLeft -
438       (carouselWindow.clientWidth - activeSlide.clientWidth) / 2;
439     carouselWindow.scrollTo({ left: offset, behavior });
440   }
441
442   function updateCarouselUI() {
443     slides.forEach((slide, idx) => {
444       slide.classList.toggle("active", idx === currentIndex);
445     });
446     dots.forEach((dot, idx) => {
447       dot.classList.toggle("active", idx === currentIndex);
448     });
449
450     currentExibicao = exibicoes[currentIndex];
451     carouselTitle.textContent = currentExibicao.titulo;
452     carouselDescription.textContent = currentExibicao.descricao;
453   }
454
455   function goToSlide(index, { behavior } = { behavior: "smooth" }) {
456     const total = exibicoes.length;
457     currentIndex = ((index % total) + total) % total;
458     updateCarouselUI();
459     centerCurrentSlide(behavior);
460   }
461
462   function nearestSlideFromScroll() {
463     if (!carouselWindow) return currentIndex;
```

```
464     const windowCenter =
465         carouselWindow.scrollLeft + carouselWindow.clientWidth / 2;
466     let closestIndex = currentIndex;
467     let minDistance = Number.POSITIVE_INFINITY;
468
469     slides.forEach((slide, idx) => {
470         const slideCenter = slide.offsetLeft + slide.offsetWidth / 2;
471         const distance = Math.abs(slideCenter - windowCenter);
472         if (distance < minDistance) {
473             minDistance = distance;
474             closestIndex = idx;
475         }
476     });
477
478     return closestIndex;
479 }
480
481 function syncCarouselToScroll() {
482     const nearestIndex = nearestSlideFromScroll();
483     if (nearestIndex !== currentIndex) {
484         currentIndex = nearestIndex;
485         updateCarouselUI();
486     }
487 }
488
489 function showExibicao(
490     exibicao,
491     { updateHistory = true, replace = false } = {},
492 ) {
493     currentExibicao = exibicao;
494     const exibicaoIndex = exibicoes.findIndex((ex) => ex.id === exibicao.id);
495     if (exibicaoIndex >= 0) {
496         currentIndex = exibicaoIndex;
497         updateCarouselUI();
498     }
499     renderDetails(exibicao);
500     if (updateHistory) {
501         navigateTo(ROUTES.DETAILS, { exibicaoId: exibicao.id, replace });
502     }
```

```
503 }
504
505 enterGalleryBtn.addEventListener("click", () => {
506     goToCarousel();
507 });
508
509 if (backToIntroBtn) {
510     backToIntroBtn.addEventListener("click", () => {
511         goToIntro();
512     });
513 }
514
515 voltarBtn.addEventListener("click", () => {
516     if (navigationIndex > 0) {
517         window.history.back();
518         return;
519     }
520
521     goToCarousel({ replace: true });
522 });
523
524 carouselPrev.addEventListener("click", () => {
525     goToSlide(currentIndex - 1, { behavior: "smooth" });
526 });
527
528 carouselNext.addEventListener("click", () => {
529     goToSlide(currentIndex + 1, { behavior: "smooth" });
530 });
531
532 viewDetailsBtn.addEventListener("click", () => {
533     showExibicao(currentExibicao);
534 });
535
536 openInfoBtn?.addEventListener("click", () => {
537     updateInfoModalContent(currentExibicao);
538     openInfoModal();
539 });
540
541 infoAudioBtn?.addEventListener("click", () => toggleInfoAudio());
```

```
542
543 window.addEventListener("resize", () => centerCurrentSlide("auto"));
544
545 if (carouselWindow) {
546     carouselWindow.addEventListener("scroll", syncCarouselToScroll, {
547         passive: true,
548     });
549 }
550
551 goToSlide(0, { behavior: "auto" });
552
553 const initialRoute = parseHash();
554
555 function applyRoute(route, { fromHistory = false } = {}) {
556     switch (route.screen) {
557         case ROUTES.CAROUSEL:
558             goToCarousel({ updateHistory: !fromHistory });
559             break;
560         case ROUTES.DETAILS: {
561             const exibicao = findExibicaoById(route.exibicaoId) ?? exibicoes[0];
562             showExibicao(exibicao, { updateHistory: !fromHistory });
563             break;
564         }
565         case ROUTES.INTRO:
566         default:
567             goToIntro({ updateHistory: !fromHistory });
568             break;
569     }
570 }
571
572 applyRoute(initialRoute, { fromHistory: true });
573 window.history.replaceState(
574     {
575         screen: initialRoute.screen,
576         exibicaoId: initialRoute.exibicaoId ?? null,
577         index: navigationIndex,
578     },
579     "",
580     buildHash(initialRoute.screen, initialRoute.exibicaoId ?? null),
```

```

581 );
582
583 window.addEventListener("popstate", (event) => {
584     const state = event.state ?? { screen: ROUTES.INTRO };
585     navigationIndex = state.index ?? 0;
586     applyRoute(state, { fromHistory: true });
587 });
588 }

```

Arquivo wall-utils.js

Código-fonte 4 – Renderização das obras na parede RA (wall-utils.js)

```

1 // Funções para posicionar a parede virtual e renderizar quadros durante a sessão em
   RA.
2 let THREE, camera, scene, reticle;
3 let wallPlaced = false;
4 let exibicaoAtiva = null;
5 let currentWall = null;
6
7 import { getWallTextureFromVideo } from "./video-utils.js";
8
9 export function configureWallUtils({
10     THREELib,
11     cameraRef,
12     sceneRef,
13     reticleRef,
14 }) {
15     THREE = THREELib;
16     camera = cameraRef;
17     scene = sceneRef;
18     reticle = reticleRef;
19 }
20
21 export function setExibicaoAtiva(exibicao) {
22     exibicaoAtiva = exibicao;
23 }

```

```
24
25 export function onSelect() {
26   if (reticle.visible && !wallPlaced && exibicaoAtiva) {
27     const wallTexture = getWallTextureFromVideo(THREE);
28
29     const wall = new THREE.Mesh(
30       new THREE.PlaneGeometry(2.5, 1.5),
31       new THREE.MeshStandardMaterial({
32         map: wallTexture,
33         color: wallTexture ? 0xffffffff : 0xcccccc,
34         roughness: 0.8,
35         metalness: 0.1,
36         side: THREE.DoubleSide,
37         transparent: true,
38         opacity: 1,
39       }),
40     );
41     wall.receiveShadow = true;
42
43     const reticlePos = new THREE.Vector3().setFromMatrixPosition(
44       reticle.matrix,
45     );
46     const camPos = camera.getWorldPosition(new THREE.Vector3());
47     const lookDir = new THREE.Vector3().subVectors(camPos, reticlePos);
48     lookDir.y = 0;
49     lookDir.normalize();
50
51     wall.position.copy(reticlePos);
52     wall.quaternion.setFromRotationMatrix(
53       new THREE.Matrix4().lookAt(
54         new THREE.Vector3(0, 0, 0),
55         lookDir,
56         new THREE.Vector3(0, 1, 0),
57       ),
58     );
59
60     scene.add(wall);
61     currentWall = wall;
62     wallPlaced = true;
```

```
63   reticle.visible = false;
64
65   const group = new THREE.Group();
66   wall.add(group);
67
68   const quadroTipo = exibicaoAtiva.quadroTipo ?? "moldura";
69   const obras = exibicaoAtiva.obras;
70
71   obras.forEach((obra, idx) => {
72     const zNudge = (idx % 3) * 0.0006;
73     const pos = { ...obra.position, z: (obra.position?.z ?? 0) + zNudge };
74
75     addQuadro(group, obra.url, pos, obra.size, quadroTipo);
76
77     const h = obra.size?.h || 0.36;
78     const labelZOffset =
79       quadroTipo === "fotografia" ? pos.z + 0.012 : pos.z + 0.021;
80     addAutorLabel(scene, group, obra.autor, {
81       x: pos.x,
82       y: pos.y - h / 2 - 0.12,
83       z: labelZOffset,
84     });
85   });
86
87   if (exibicaoAtiva.autoSpread !== false) {
88     spreadByRows(group, {
89       minGapX: "auto",
90       rowSnap: 0.08,
91     });
92   }
93 }
94 }
95
96 function normalizeSize(size, quadroTipo) {
97   const base = { w: 0.36, h: 0.36, d: 0.035, ...(size || {}) };
98
99   let scale = 1.0;
100  if (quadroTipo === "fotografia") scale = 0.84;
101  else if (quadroTipo === "molduraPreta") scale = 0.92;
```

```

102 else if (quadroTipo === "molduraMadeira") scale = 0.96;
103 else scale = 0.94;
104
105 return {
106   w: base.w * scale,
107   h: base.h * scale,
108   d: base.d,
109 };
110 }
111
112 function spreadByRows(parentGroup, { minGapX = "auto", rowSnap = 0.08 } = {}) {
113   const frames = parentGroup.children.filter(
114     (c) => c.userData?.kind === "quadro",
115   );
116   const rowsMap = new Map();
117
118   for (const f of frames) {
119     const key = Math.round(f.position.y / rowSnap) * rowSnap;
120     if (!rowsMap.has(key)) rowsMap.set(key, []);
121     rowsMap.get(key).push(f);
122   }
123
124   for (const [, row] of rowsMap) {
125     if (row.length === 0) continue;
126
127     row.sort((a, b) => a.position.x - b.position.x);
128
129     const widths = row.map((n) => n.userData?.outerW ?? 0.25);
130     const avgW = widths.reduce((s, w) => s + w, 0) / Math.max(widths.length, 1);
131
132     let gap = 0.1;
133     if (minGapX === "auto") {
134       gap = Math.max(0.045, Math.min(0.1, 0.22 * avgW));
135     } else if (typeof minGapX === "number") {
136       gap = Math.max(0.02, minGapX);
137     }
138
139     const totalFramesW = widths.reduce((s, w) => s + w, 0);
140     const totalWidth = totalFramesW + gap * (row.length - 1);

```

```
141
142     let cursorX = -totalWidth / 2;
143
144     for (let i = 0; i < row.length; i++) {
145         const w = widths[i];
146         const targetCenter = cursorX + w / 2;
147         row[i].position.x = targetCenter;
148         row[i].position.z += i * 0.0003;
149         cursorX += w + (i < row.length - 1 ? gap : 0);
150     }
151 }
152 }
153
154 function addQuadro(group, textureURL, position, size, quadroTipo = "moldura") {
155     const loader = new THREE.TextureLoader();
156     loader.load(textureURL, (texture) => {
157         texture.encoding = THREE.sRGBEncoding;
158         texture.anisotropy = 8;
159         texture.minFilter = THREE.LinearMipMapLinearFilter;
160         texture.magFilter = THREE.LinearFilter;
161         texture.wrapS = THREE.ClampToEdgeWrapping;
162         texture.wrapT = THREE.ClampToEdgeWrapping;
163
164         const POLY_OFFSET = {
165             polygonOffset: true,
166             polygonOffsetFactor: -1,
167             polygonOffsetUnits: -1,
168         };
169
170         const nSize = normalizeSize(size, quadroTipo);
171
172         const woodTexture =
173             quadroTipo === "molduraMadeira" ? createWoodTexture(THREE) : null;
174
175         if (quadroTipo === "fotografia") {
176             const photoGroup = new THREE.Group();
177             photoGroup.userData = { kind: "quadro" };
178             photoGroup.position.set(position.x, position.y, position.z);
179             photoGroup.rotation.y = Math.PI;
```

```
180
181     const paperBorder = 0.01;
182     const paperThick = 0.0042;
183     const photoRecess = 0.0012;
184     const cornerRadius = Math.min(nSize.w, nSize.h) * 0.06;
185
186     const paperW = nSize.w + paperBorder * 2;
187     const paperH = nSize.h + paperBorder * 2;
188
189     const paperMaterial = new THREE.MeshPhysicalMaterial({
190         color: 0xf8f6ee,
191         roughness: 0.55,
192         metalness: 0.0,
193         clearcoat: 0.25,
194         clearcoatRoughness: 0.6,
195     });
196     const photoMaterial = new THREE.MeshPhysicalMaterial({
197         map: texture,
198         color: 0xffffffff,
199         roughness: 0.35,
200         metalness: 0.0,
201         clearcoat: 0.12,
202         clearcoatRoughness: 0.5,
203         ...POLY_OFFSET,
204     });
205     const tapeMaterial = new THREE.MeshStandardMaterial({
206         color: 0xdcc8a0,
207         roughness: 0.8,
208         metalness: 0.0,
209         side: THREE.DoubleSide,
210         polygonOffset: true,
211         polygonOffsetFactor: -2,
212         polygonOffsetUnits: -2,
213     });
214
215     function roundedRectShape(w, h, r) {
216         const s = new THREE.Shape();
217         const hw = w / 2,
218             hh = h / 2;
```

```
219     const rr = Math.min(r, hw, hh);
220     s.moveTo(-hw + rr, -hh);
221     s.lineTo(hw - rr, -hh);
222     s.quadraticCurveTo(hw, -hh, hw, -hh + rr);
223     s.lineTo(hw, hh - rr);
224     s.quadraticCurveTo(hw, hh, hw - rr, hh);
225     s.lineTo(-hw + rr, hh);
226     s.quadraticCurveTo(-hw, hh, -hw, hh - rr);
227     s.lineTo(-hw, -hh + rr);
228     s.quadraticCurveTo(-hw, -hh, -hw + rr, -hh);
229     return s;
230 }
231
232 const outerShape = roundedRectShape(paperW, paperH, cornerRadius);
233 const innerShape = roundedRectShape(
234     nSize.w,
235     nSize.h,
236     Math.max(0, cornerRadius - paperBorder),
237 );
238 outerShape.holes.push(innerShape);
239
240 const paperGeo = new THREE.ExtrudeGeometry(outerShape, {
241     depth: paperThick,
242     bevelEnabled: false,
243 });
244 paperGeo.translate(0, 0, -paperThick / 2);
245
246 const paperMesh = new THREE.Mesh(paperGeo, paperMaterial);
247 paperMesh.castShadow = true;
248 paperMesh.receiveShadow = true;
249 photoGroup.add(paperMesh);
250
251 const photoGeo = new THREE.PlaneGeometry(nSize.w, nSize.h);
252 const photoMesh = new THREE.Mesh(photoGeo, photoMaterial);
253 photoMesh.position.set(0, 0, paperThick / 2 - photoRecess);
254 photoMesh.renderOrder = 1;
255 photoGroup.add(photoMesh);
256
257 const tapeW = Math.min(nSize.w, nSize.h) * 0.22;
```

```
258     const tapeH = tapeW * 0.18;
259     function addTape(px, py, rot) {
260         const g = new THREE.PlaneGeometry(tapeW, tapeH);
261         const m = new THREE.Mesh(g, tapeMaterial);
262         m.position.set(px, py, paperThick / 2 + 0.0006);
263         m.rotation.z = rot;
264         photoGroup.add(m);
265     }
266     const offX = paperW / 2 - tapeW * 0.42;
267     const offY = paperH / 2 - tapeH * 0.55;
268     addTape(+offX, +offY, Math.PI * 0.06);
269     addTape(-offX, +offY, -Math.PI * 0.06);
270
271     photoGroup.userData.outerW = paperW;
272
273     group.add(photoGroup);
274     return;
275 }
276
277 if (quadroTipo === "molduraPreta") {
278     const frameGroup = new THREE.Group();
279     frameGroup.userData = { kind: "quadro" };
280     frameGroup.position.set(position.x, position.y, position.z);
281     frameGroup.rotation.y = Math.PI;
282
283     const frameThickness = 0.018;
284     const frameDepth = Math.max(nSize.d ?? 0.028, 0.028) + 0.012;
285     const matOverlap = 0.012;
286
287     const outerW = nSize.w + frameThickness * 2;
288     const outerH = nSize.h + frameThickness * 2;
289     const innerW = Math.max(nSize.w - matOverlap * 2, 0.01);
290     const innerH = Math.max(nSize.h - matOverlap * 2, 0.01);
291
292     const frameMaterial = new THREE.MeshStandardMaterial({
293         color: 0x111111,
294         roughness: 0.45,
295         metalness: 0.25,
296     });
```

```
297     const matteMaterial = new THREE.MeshStandardMaterial({
298         color: 0x000000,
299         roughness: 0.9,
300         metalness: 0.02,
301         side: THREE.DoubleSide,
302         ...POLY_OFFSET,
303     });
304     const artworkMaterial = new THREE.MeshStandardMaterial({
305         map: texture,
306         color: 0xffffffff,
307         roughness: 0.65,
308         metalness: 0.0,
309         side: THREE.FrontSide,
310         ...POLY_OFFSET,
311     });
312
313     const ringShape = new THREE.Shape();
314     ringShape.moveTo(-outerW / 2, -outerH / 2);
315     ringShape.lineTo(outerW / 2, -outerH / 2);
316     ringShape.lineTo(outerW / 2, outerH / 2);
317     ringShape.lineTo(-outerW / 2, outerH / 2);
318     ringShape.lineTo(-outerW / 2, -outerH / 2);
319
320     const hole = new THREE.Path();
321     hole.moveTo(-innerW / 2, -innerH / 2);
322     hole.lineTo(innerW / 2, -innerH / 2);
323     hole.lineTo(innerW / 2, innerH / 2);
324     hole.lineTo(-innerW / 2, innerH / 2);
325     hole.lineTo(-innerW / 2, -innerH / 2);
326     ringShape.holes.push(hole);
327
328     const ringGeo = new THREE.ExtrudeGeometry(ringShape, {
329         depth: frameDepth,
330         bevelEnabled: false,
331     });
332     ringGeo.translate(0, 0, -frameDepth / 2);
333
334     const frameRing = new THREE.Mesh(ringGeo, frameMaterial);
335     frameRing.castShadow = true;
```

```
336     frameRing.receiveShadow = true;
337     frameGroup.add(frameRing);
338
339     const backCover = new THREE.Mesh(
340         new THREE.PlaneGeometry(innerW, innerH),
341         matteMaterial,
342     );
343     backCover.position.set(0, 0, -frameDepth / 2 + 0.0006);
344     backCover.receiveShadow = true;
345     frameGroup.add(backCover);
346
347     const recess = 0.003;
348     const artZ = frameDepth / 2 - recess;
349     const artwork = new THREE.Mesh(
350         new THREE.PlaneGeometry(nSize.w, nSize.h),
351         artworkMaterial,
352     );
353     artwork.position.set(0, 0, artZ);
354     artwork.castShadow = false;
355     artwork.receiveShadow = false;
356     frameGroup.add(artwork);
357
358     const glassMaterial = new THREE.MeshPhysicalMaterial({
359         color: 0xffffffff,
360         transparent: true,
361         opacity: 0.04,
362         roughness: 0.1,
363         metalness: 0.0,
364         transmission: 0.0,
365         side: THREE.FrontSide,
366     });
367     const glass = new THREE.Mesh(
368         new THREE.PlaneGeometry(innerW, innerH),
369         glassMaterial,
370     );
371     glass.position.set(0, 0, frameDepth / 2 - 0.0005);
372     glass.renderOrder = 2;
373     frameGroup.add(glass);
374
```

```
375     frameGroup.castShadow = true;
376     frameGroup.receiveShadow = true;
377
378     frameGroup.userData.outerW = outerW;
379     group.add(frameGroup);
380     return;
381 }
382
383 if (quadroTipo === "molduraMadeira") {
384     const frameGroup = new THREE.Group();
385     frameGroup.userData = { kind: "quadro" };
386     frameGroup.position.set(position.x, position.y, position.z);
387     frameGroup.rotation.y = Math.PI;
388
389     const frameThickness = 0.018;
390     const frameDepth = Math.max(nSize.d ?? 0.032, 0.032) + 0.014;
391     const matOverlap = 0.012;
392
393     const outerW = nSize.w + frameThickness * 2;
394     const outerH = nSize.h + frameThickness * 2;
395     const innerW = Math.max(nSize.w - matOverlap * 2, 0.01);
396     const innerH = Math.max(nSize.h - matOverlap * 2, 0.01);
397
398     const frameMaterial = new THREE.MeshStandardMaterial({
399         map: woodTexture,
400         color: 0xc29b67,
401         roughness: 0.75,
402         metalness: 0.08,
403     });
404     const matteMaterial = new THREE.MeshStandardMaterial({
405         color: 0xf4efe6,
406         roughness: 0.92,
407         metalness: 0.0,
408         side: THREE.DoubleSide,
409         ...POLY_OFFSET,
410     });
411     const artworkMaterial = new THREE.MeshStandardMaterial({
412         map: texture,
413         color: 0xffffffff,
```

```
414     roughness: 0.62,
415     metalness: 0.0,
416     side: THREE.FrontSide,
417     ...POLY_OFFSET,
418   });
419
420   const ringShape = new THREE.Shape();
421   ringShape.moveTo(-outerW / 2, -outerH / 2);
422   ringShape.lineTo(outerW / 2, -outerH / 2);
423   ringShape.lineTo(outerW / 2, outerH / 2);
424   ringShape.lineTo(-outerW / 2, outerH / 2);
425   ringShape.lineTo(-outerW / 2, -outerH / 2);
426
427   const hole = new THREE.Path();
428   hole.moveTo(-innerW / 2, -innerH / 2);
429   hole.lineTo(innerW / 2, -innerH / 2);
430   hole.lineTo(innerW / 2, innerH / 2);
431   hole.lineTo(-innerW / 2, innerH / 2);
432   hole.lineTo(-innerW / 2, -innerH / 2);
433   ringShape.holes.push(hole);
434
435   const ringGeo = new THREE.ExtrudeGeometry(ringShape, {
436     depth: frameDepth,
437     bevelEnabled: false,
438   });
439   ringGeo.translate(0, 0, -frameDepth / 2);
440
441   const frameRing = new THREE.Mesh(ringGeo, frameMaterial);
442   frameRing.castShadow = true;
443   frameRing.receiveShadow = true;
444   frameGroup.add(frameRing);
445
446   const backCover = new THREE.Mesh(
447     new THREE.PlaneGeometry(innerW, innerH),
448     matteMaterial,
449   );
450   backCover.position.set(0, 0, -frameDepth / 2 + 0.0006);
451   backCover.receiveShadow = true;
452   frameGroup.add(backCover);
```

```
453
454     const recess = 0.0024;
455     const artZ = frameDepth / 2 - recess;
456     const artwork = new THREE.Mesh(
457         new THREE.PlaneGeometry(nSize.w, nSize.h),
458         artworkMaterial,
459     );
460     artwork.position.set(0, 0, artZ);
461     artwork.castShadow = false;
462     artwork.receiveShadow = false;
463     frameGroup.add(artwork);
464
465     frameGroup.castShadow = true;
466     frameGroup.receiveShadow = true;
467     frameGroup.userData.outerW = outerW;
468     group.add(frameGroup);
469     return;
470 }
471
472 const canvasMaterial = new THREE.MeshStandardMaterial({
473     map: texture,
474     color: 0xffffffff,
475     roughness: 1.0,
476     metalness: 0.0,
477     side: THREE.FrontSide,
478     ...POLY_OFFSET,
479 });
480
481 const whiteFrameMaterial = new THREE.MeshStandardMaterial({
482     color: 0xffffffff,
483     roughness: 1.0,
484     metalness: 0.0,
485 });
486
487 const materials = [
488     whiteFrameMaterial,
489     whiteFrameMaterial,
490     whiteFrameMaterial,
491     whiteFrameMaterial,
```

```
492     canvasMaterial,
493     whiteFrameMaterial,
494 ];
495
496 const quadroBox = new THREE.Mesh(
497     new THREE.BoxGeometry(nSize.w, nSize.h, nSize.d),
498     materials,
499 );
500 quadroBox.userData = { kind: "quadro", outerW: nSize.w };
501 quadroBox.castShadow = true;
502 quadroBox.receiveShadow = true;
503 quadroBox.position.set(position.x, position.y, position.z);
504 quadroBox.rotation.y = Math.PI;
505 group.add(quadroBox);
506 });
507 }
508
509 function createWoodTexture(THREE) {
510     const canvas = document.createElement("canvas");
511     const size = 512;
512     canvas.width = size;
513     canvas.height = size;
514     const ctx = canvas.getContext("2d");
515
516     ctx.fillStyle = "#c8a26b";
517     ctx.fillRect(0, 0, size, size);
518
519     for (let x = 0; x < size; x += 6) {
520         const hue = 35 + Math.sin(x * 0.08) * 6;
521         const light = 48 + Math.random() * 18;
522         ctx.fillStyle = `hsl(${hue}, 46%, ${light}%)`;
523         const offset = (Math.random() - 0.5) * 8;
524         ctx.fillRect(x + offset, 0, 4, size);
525     }
526
527     for (let i = 0; i < 18; i++) {
528         const radius = 8 + Math.random() * 12;
529         const x = Math.random() * size;
530         const y = Math.random() * size;
```

```
531     const gradient = ctx.createRadialGradient(x, y, 2, x, y, radius);
532     gradient.addColorStop(0, "rgba(110, 80, 40, 0.65)");
533     gradient.addColorStop(1, "rgba(110, 80, 40, 0)");
534     ctx.fillStyle = gradient;
535     ctx.beginPath();
536     ctx.arc(x, y, radius, 0, Math.PI * 2);
537     ctx.fill();
538 }
539
540 const texture = new THREE.CanvasTexture(canvas);
541 texture.wrapS = THREE.RepeatWrapping;
542 texture.wrapT = THREE.RepeatWrapping;
543 texture.anisotropy = 8;
544 texture.repeat.set(1.8, 1.8);
545 texture.encoding = THREE.sRGBEncoding;
546 return texture;
547 }
548
549 function addAutorLabel(
550     scene,
551     parent,
552     text,
553     offset = { x: 0, y: -0.35, z: 0.01 },
554 ) {
555     if (!text) return;
556
557     const canvas = document.createElement("canvas");
558     const ctx = canvas.getContext("2d");
559     canvas.width = 512;
560     canvas.height = 128;
561
562     ctx.fillStyle = "#fff";
563     ctx.font = "28px sans-serif";
564     ctx.textAlign = "center";
565     ctx.fillText(text, canvas.width / 2, canvas.height / 2 + 10);
566
567     const texture = new THREE.CanvasTexture(canvas);
568     texture.encoding = THREE.sRGBEncoding;
569
```

```

570   const material = new THREE.MeshBasicMaterial({
571     map: texture,
572     transparent: true,
573   });
574
575   const lastFrame = [...parent.children]
576     .reverse()
577     .find((c) => c.userData?.outerW);
578   const baseW = lastFrame?.userData?.outerW ?? 0.6;
579   const labelW = Math.max(0.35, Math.min(0.9, baseW * 0.7));
580   const labelH = labelW * (128 / 512);
581
582   const geometry = new THREE.PlaneGeometry(labelW, labelH);
583
584   const mesh = new THREE.Mesh(geometry, material);
585   mesh.position.set(offset.x, offset.y, offset.z);
586   mesh.renderOrder = 999;
587   parent.add(mesh);
588 }
589
590 export function resetWall() {
591   if (currentWall && scene) {
592     scene.remove(currentWall);
593     currentWall = null;
594   }
595   wallPlaced = false;
596 }
597
598 export function isWallPlaced() {
599   return wallPlaced;
600 }

```

Arquivo video-utils.js

Código-fonte 5 – Funções auxiliares de vídeo (video-utils.js)

```

1 // Captura o vdeo da cmera para gerar texturas usadas na parede virtual.

```

```
2 export let video, canvas, ctx;
3
4 export async function initVideoStream() {
5   video = document.createElement("video");
6   video.setAttribute("autoplay", "");
7   video.setAttribute("muted", "");
8   video.setAttribute("playsinline", "");
9   video.style.display = "none";
10  document.body.appendChild(video);
11
12  canvas = document.createElement("canvas");
13  canvas.style.display = "none";
14  ctx = canvas.getContext("2d");
15  document.body.appendChild(canvas);
16
17  try {
18    const stream = await navigator.mediaDevices.getUserMedia({
19      video: { facingMode: "environment" },
20    });
21    video.srcObject = stream;
22    await video.play();
23  } catch (err) {
24    console.error("Erro ao acessar a camera:", err);
25  }
26 }
27
28 export function getWallTextureFromVideo(THREE) {
29   const w = video.videoWidth;
30   const h = video.videoHeight;
31   if (!w || !h) return null;
32
33   const sampleSize = 64;
34   const cropSize = Math.min(w, h) * 0.35;
35   canvas.width = sampleSize;
36   canvas.height = sampleSize;
37
38   ctx.filter = "blur(6px) saturate(0.9)";
39   ctx.drawImage(
40     video,
```

```
41     w / 2 - cropSize / 2,  
42     h / 2 - cropSize / 2,  
43     cropSize,  
44     cropSize,  
45     0,  
46     0,  
47     sampleSize,  
48     sampleSize,  
49 );  
50 ctx.filter = "none";  
51  
52 const imageData = ctx.getImageData(0, 0, sampleSize, sampleSize);  
53 const data = imageData.data;  
54  
55 let rSum = 0,  
56     gSum = 0,  
57     bSum = 0;  
58 for (let i = 0; i < data.length; i += 4) {  
59     rSum += data[i];  
60     gSum += data[i + 1];  
61     bSum += data[i + 2];  
62 }  
63 const totalPixels = sampleSize * sampleSize;  
64 const avgColor = {  
65     r: rSum / totalPixels,  
66     g: gSum / totalPixels,  
67     b: bSum / totalPixels,  
68 };  
69  
70 for (let y = 0; y < sampleSize; y++) {  
71     const vFade = Math.min(y / 18.5, (sampleSize - y) / 18.5, 1);  
72     for (let x = 0; x < sampleSize; x++) {  
73         const hFade = Math.min(x / 18.5, (sampleSize - x) / 18.5, 1);  
74         const i = (y * sampleSize + x) * 4;  
75         const fade = Math.min(hFade, vFade);  
76  
77         data[i] = data[i] * 0.35 + avgColor.r * 0.65;  
78         data[i + 1] = data[i + 1] * 0.35 + avgColor.g * 0.65;  
79         data[i + 2] = data[i + 2] * 0.35 + avgColor.b * 0.65;
```

```

80     data[i + 3] *= fade;
81   }
82 }
83
84 ctx.putImageData(imageData, 0, 0);
85
86 const texture = new THREE.CanvasTexture(canvas);
87 texture.minFilter = THREE.LinearMipMapLinearFilter;
88 texture.magFilter = THREE.LinearFilter;
89 texture.needsUpdate = true;
90 return texture;
91 }

```

Arquivo index.html

Código-fonte 6 – Página HTML principal (index.html)

```

1 <!DOCTYPE html>
2 <!-- Pgina principal com a navegao da galeria e a experincia em realidade aumentada.
   -->
3 <html lang="pt-BR">
4   <head>
5     <meta charset="UTF-8" />
6     <title>Casa de Saberes Cego Aderaldo - Museu Matriosca</title>
7     <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0" />
8     <link
9       rel="stylesheet"
10      href="https://fonts.googleapis.com/css2?family=Manrope:wght@400;600;800&
display=swap"
11     />
12     <link rel="stylesheet" href="css/style.css" />
13     <script type="module" src="js/main.js"></script>
14   </head>
15   <body>
16     <div id="ui">
17       <div id="gallery-ui">
18         <section id="intro-screen" class="screen active">

```

```

19     <div class="intro-card">
20         <div class="intro-hero">
21             
26         <div class="intro-text">
27             <p class="eyebrow">Casa de Saberes Cego Aderaldo</p>
28             <h1>Museu Matriosca</h1>
29             <p class="subtitle">
30                 Uma jornada pelo acervo de 2025 com arte e realidade aumentada.
31             </p>
32         </div>
33     </div>
34     <div class="intro-actions">
35         <button id="enter-gallery-btn" type="button">Explorar agora</button>
36     </div>
37 </div>
38 </section>
39
40 <section id="carousel-screen" class="screen">
41     <header class="screen-header">
42         <h2>Escolha a exposio</h2>
43     </header>
44     <div class="carousel">
45         <button id="carousel-prev" class="carousel-nav" type="button">
46             <span aria-hidden="true"></span>
47             <span class="sr-only">Exposio anterior</span>
48         </button>
49         <div class="carousel-window">
50             <div id="carousel-track"></div>
51         </div>
52         <button id="carousel-next" class="carousel-nav" type="button">
53             <span aria-hidden="true"></span>
54             <span class="sr-only">Prxima exposio</span>
55         </button>
56     </div>
57     <div class="intro-footnote carousel-hint">

```

```

58     <span class="pulse"></span>
59     <span>Arraste para escolher a exposio</span>
60 </div>
61 <div id="carousel-info">
62     <h3 id="carousel-title"></h3>
63     <p id="carousel-description"></p>
64     <button id="view-details-btn" type="button">Explorar exposio</button>
65 </div>
66 <div id="carousel-indicators" aria-hidden="true"></div>
67 </section>
68
69 <section id="details-screen" class="screen">
70     <header class="screen-header">
71         <button id="voltar-btn" class="ghost-btn" type="button">
72             Exposies
73         </button>
74     </header>
75     <div class="details-hero">
76         <div class="details-gradient"></div>
77         <div class="details-copy">
78             <h2 id="exibicao-titulo"></h2>
79             <p id="exibicao-descricao"></p>
80             <div class="details-actions">
81                 <button id="open-info-btn" class="info-btn" type="button">
82                     <span class="info-btn__icon" aria-hidden="true"></span>
83                     <span class="info-btn__label">Informaes da exposio</span>
84                 </button>
85             </div>
86         </div>
87     </div>
88     <div id="obras-lista"></div>
89     <div id="start-wrapper">
90         <button id="start-ar-btn" type="button"></button>
91         <span class="start-label">Iniciar experincia em RA</span>
92     </div>
93 </section>
94
95 <div id="image-modal" aria-hidden="true">
96     <div class="image-modal__overlay" data-close-modal></div>

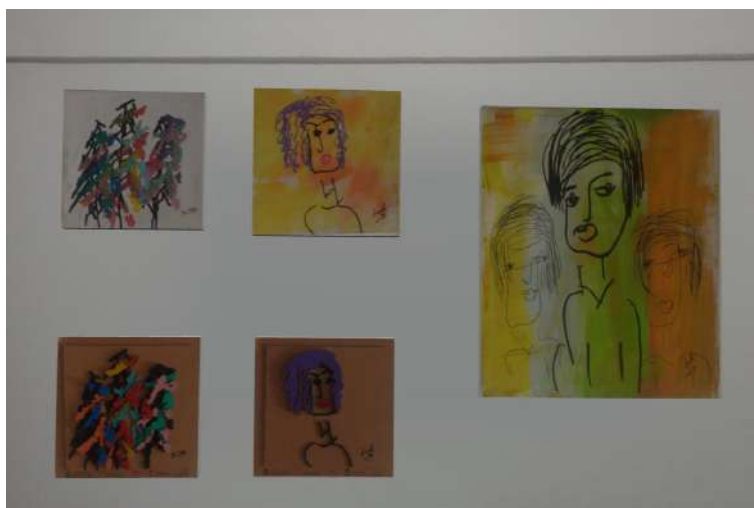
```

```
97     <div class="image-modal__content" role="dialog" aria-modal="true">
98         <button
99             type="button"
100             class="image-modal__close"
101             aria-label="Fechar visualizao da obra"
102             data-close-modal
103         >
104
105     </button>
106     <img id="image-modal-img" src="" alt="" />
107     <p id="image-modal-caption"></p>
108 </div>
109 </div>
110
111 <div id="info-modal" aria-hidden="true">
112     <div class="info-modal__overlay" data-close-info></div>
113     <div class="info-modal__content" role="dialog" aria-modal="true">
114         <header class="info-modal__header">
115             <div class="info-modal__title">
116                 <span class="info-modal__title-icon" aria-hidden="true"></span>
117                 <div>
118                     <p class="info-modal__eyebrow">Texto curatorial</p>
119                     <h3 id="info-modal-title"></h3>
120                 </div>
121             </div>
122             <div class="info-modal__actions">
123                 <button
124                     id="info-audio-btn"
125                     class="info-audio-btn"
126                     type="button"
127                     aria-label="Ouvir o texto curatorial"
128                     aria-pressed="false"
129                 >
130                     <span class="info-audio-btn__icon" aria-hidden="true"></span>
131                     <span class="info-audio-btn__label">Ouvir</span>
132                 </button>
133                 <button
134                     type="button"
135                     class="info-modal__close"
```

```
136         aria-label="Fechar informaes da exposio"
137         data-close-info
138     >
139
140     </button>
141 </div>
142 </header>
143 <div class="info-modal__body">
144     <div id="info-curatorial" class="info-curatorial"></div>
145     <div id="info-credits" class="info-credits"></div>
146 </div>
147 </div>
148 </div>
149 </div>
150 </div>
151 </body>
152 </html>
```

APÊNDICE D – EXPOSIÇÕES EM RA

Figura 16 – Interação em RA com a exposição *Linhas da Vida*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 17 – Interação em RA com a exposição *Sertão Monumental*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 18 – Interação em RA com a exposição *Retratos do Voo*.



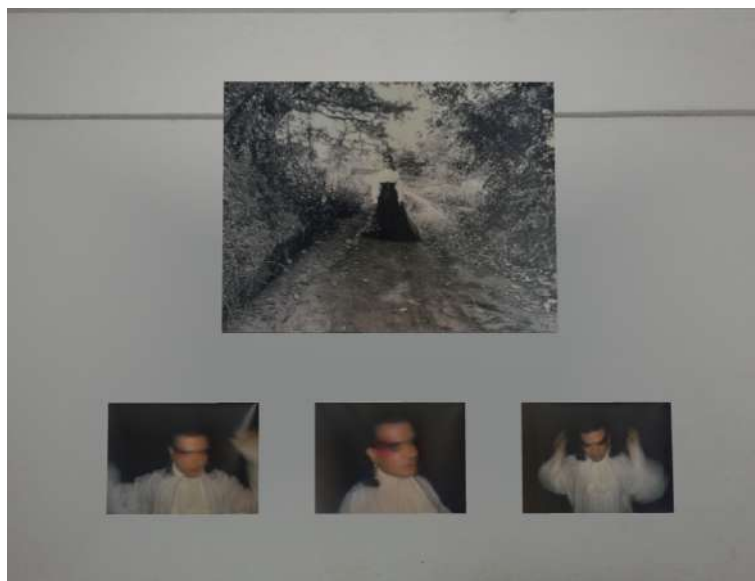
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 19 – Interação em RA com a exposição *Cotidiano*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 20 – Interação em RA com a exposição *Bicha Passarin*.



Fonte: Elaborado pelo autor.