
Ambientes de Realidade Virtual
direcionados para a Educação
Patrimonial: um Estudo de Caso
aplicado na Virtualização do Museu de
Arqueologia da UFMS

Carlos Henrique da Costa Silva

SERVIÇO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA FACOM-UFMS

Data de Depósito:

Assinatura: _____

Ambientes de Realidade Virtual direcionados para a Educação Patrimonial: um Estudo de Caso aplicado na Virtualização do Museu de Arqueologia da UFMS

Carlos Henrique da Costa Silva

Orientador: *Prof. Dr. Amaury Antônio de Castro Junior*

Coorientador: *Prof. Dr. Anderson Corrêa de Lima*

Coorientadora: *Dr^a Lia Raquel Toledo Brambilla Gasques*

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada da Faculdade de Computação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (FACOM - UFMS) como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Computação Aplicada.

UFMS - Campo Grande
Setembro/2023

*À minha mãe Helenalda,
que faz o possível e o impossível.*

Agradecimentos

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todas as pessoas que contribuíram para o sucesso da realização desta dissertação de mestrado. Foram muitas as ajudas e o apoio ao longo desta jornada acadêmica e, sem dúvida, não teria sido possível, sem a ajuda de algumas pessoas.

Primeiramente, gostaria de agradecer à minha família, pois sem a ajuda contínua de cada um deles eu não estaria escrevendo estes agradecimentos agora. Obrigado por me apoiarem incondicionalmente em todas as etapas da minha vida acadêmica.

Em segundo lugar, gostaria de agradecer ao meu orientador, Dr. Amaury Antônio de Castro Junior, por sua orientação ao longo deste trabalho. Seu conhecimento foi fundamental para o desenvolvimento desta pesquisa e sou grato por ter tido a oportunidade de trabalhar sob sua supervisão.

Também gostaria de agradecer aos meus coorientadores Dr. Anderson Corrêa de Lima e Dr^a Lia Raquel Toledo Brambilla Gasques. Sou grato por ter tido a oportunidade de trabalhar com profissionais tão dedicados e experientes, cujas contribuições foram inestimáveis para atingir os resultados.

Um agradecimento especial ao meu professor da vida inteira, Dr. Claudio Zarate Sanavria, que me apresentou ao universo da iniciação científica no ensino médio e me incentivou a evoluir na minha formação para este mestrado e um possível doutorado.

À Faculdade de Computação da UFMS e ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, expresso minha gratidão por proporcionarem uma educação de qualidade e por criarem um ambiente acadêmico favorável.

À equipe do Museu de Arqueologia da UFMS (MuArq), agradeço por me acolher durante uma visita ao espaço e me proporcionar todo o apoio necessário para o entendimento das necessidades e oportunidades existentes na instituição. A contribuição da equipe foi fundamental para o desenvolvimento da pesquisa.

Aos colegas e amigos que estiveram presentes durante todo o processo, agradeço pela troca de ideias e discussões. A companhia de cada um de vocês foi muito importante, pois tornou esta jornada muito mais significativa.

Por último, gostaria de agradecer a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, mesmo que não estejam mencionados aqui. Cada palavra de encorajamento, cada discussão e cada aprendizado ao longo dessa jornada tiveram um papel significativo na concretização deste estudo.

Valeu galeraaaa!

*“Curiosidade é o instinto que leva alguns
a olhar pelo buraco da fechadura,
e outros a descobrir a América.”*

Eça de Queirós

Resumo

Com o avanço das tecnologias de Realidade Virtual, diversas instituições e empresas estão explorando novos conceitos para enriquecer suas atividades cotidianas e desenvolver novos produtos. Nesse contexto, os museus também têm buscado inovações tecnológicas para proporcionar experiências diferenciadas aos visitantes. Pensando no potencial de aplicação da Realidade Virtual e na busca dos museus por novas tecnologias, este trabalho teve como objetivo a criação de ambientes de visita virtual voltados para museus, tendo o Museu de Arqueologia da UFMS como estudo de caso. Para o desenvolvimento desses ambientes virtuais, foram empregadas ferramentas de desenvolvimento *web*, como o VueJS, A-Frame e Strapi. A combinação dessas tecnologias permitiu a construção de ambientes virtuais imersivos, possibilitando aos visitantes explorar o museu e seus acervos de forma virtual. Por meio dessas tecnologias, foi desenvolvido um *software* baseado em código aberto, que é executado diretamente na *web*, podendo ser acessado de forma conveniente em diferentes dispositivos. Desse modo, o *software* teve a missão de democratizar o acesso à cultura e promover a Educação Patrimonial, quebrando barreiras geográficas e socioeconômicas, que muitas vezes afetam a população de forma abrangente. Além do mais, o *software* pode ser utilizado como uma ferramenta educacional destinada a transformar a abordagem convencional do ensino e enriquecer a experiência de aprendizado dos alunos. Tendo isso em vista, pode-se afirmar que o *software* em questão proporciona uma solução para as necessidades do estudo de caso, abrindo caminho para novas possibilidades de aplicação da Realidade Virtual em museus e outras instituições culturais.

Palavras-chave: Desenvolvimento de Software, Realidade Virtual, Educação Patrimonial, Museu.

Abstract

With the advancement of Virtual Reality technologies, several institutions and companies are exploring new concepts to enrich their daily activities and develop new products. In this context, museums have also sought technological innovations to provide differentiated experiences for visitors. Thinking about the potential application of Virtual Reality and museums' search for new technologies, this work aimed to create virtual visiting environments aimed at museums, with the UFMS Archeology Museum as a case study. To develop these virtual environments, web development tools were used, such as VueJS, A-Frame and Strapi. The combination of these technologies allowed the construction of immersive virtual environments, enabling visitors to explore the museum and its collections virtually. Through these technologies, open source-based software was developed, which runs directly on the web and can be conveniently accessed on different devices. In this way, the software had the mission of democratizing access to culture and promoting Heritage Education, breaking down geographic and socioeconomic barriers, which often affect the population in a comprehensive way. What's more, the software can be used as an educational tool aimed at transforming the conventional approach to teaching and enriching the learning experience of students. With this in mind, it can be said that the software in question provides a solution to the needs of the case study, opening the way for new possibilities for applying Virtual Reality in museums and other cultural institutions.

Keywords: Software Development, Virtual Reality, Heritage Education, Museum.

Lista de Figuras

3.1	Protótipo do ambiente de RV	29
3.2	Painel interativo do protótipo	29
3.3	Arquitetura do software proposto	31
4.1	Página de carregamento do virtualizador	38
4.2	Página de apresentação do ambiente virtual - web	39
4.3	Página de apresentação do ambiente - mobile	39
4.4	Modo VR do ambiente	39
4.5	Cursor de posicionamento no ambiente virtual	40
4.6	Página de autenticação do usuário	41
4.7	Página de boas-vindas do sistema gerenciador	41
4.8	Página de gerenciamenro de conteúdo - áudio	42
4.9	Página de gerenciamenro de conteúdo - imagem	43
4.10	Página de gerenciamenro de conteúdo - ambiente	43
4.11	Página de criação de tipo de conteúdo - áudio	44
4.12	Página de criação de tipo de conteúdo - imagem	44
4.13	Página de criação de tipo de conteúdo - ambiente	45
4.14	Página da biblioteca de mídias	45
4.15	Página de acesso à documentação	46
4.16	Página de documentação de rotas do software	46
4.17	Página de configurações - visão geral	47
4.18	Página de configurações - chaves de API	47
4.19	Página de configurações - funções	48
4.20	Página de configurações - usuários	49
C.1	Diagrama de casos do sofwtare	66
D.1	Diagrama de classes do sofwtare	68
E.1	Listagem de Chaves de API	71
E.2	Cadastro de Chave de API	72

E.3	Visualização da chave de API cadastrada	73
E.4	Listagem de Imagens	74
E.5	Cadastro de imagem	75
E.6	Listagem de Áudios	76
E.7	Cadastro de áudios	77
E.8	Listagem de Ambientes	78
E.9	Cadastro de Ambientes	79
E.10	Visualização do identificador do ambiente	80
E.11	Edição de ambientes	81
E.12	Edição de dados de um ambiente	82
E.13	Listagem de usuários	83
E.14	Convidar usuário	84
E.15	Link para cadastro do novo usuário	84
E.16	Modal de permissão para sensor de movimento	85
E.17	Acesso ao modo de Realidade Virtual	86

Lista de Tabelas

A.1 Estudos Seleccionados	59
A.2 Análise de qualidade dos estudos seleccionados	60
A.3 Ferramentas utilizadas para construção de ambientes de RV	61
B.1 Lista de requisitos funcionais do sistema	63
B.2 Lista de requisitos não funcionais do sistema	64

Lista de Abreviaturas

ACID Atomicidade, Consistência, Isolamento e Durabilidade

API Application Programming Interface

CMS Content Management System

CSS Cascading Style Sheets

DOM Document Object Model

GNU General Public License

HMR Hot Module Replacement

HTML HyperText Markup Language

INPI Instituto Nacional da Propriedade Industrial

JS JavaScript

JSON JavaScript Object Notation

JSONB JavaScript Object Notation Binding

MS Mato Grosso do Sul

MuArq Museu de Arqueologia da UFMS

npm Node Package Manager

RA Realidade Aumentada

RISTI Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação

RS Revisão Sistemática

RV Realidade Virtual

SQL Structured Query Language

UFMS Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

UML Unified Modeling Language

URL Uniform Resource Locator

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Motivação e Contextualização	1
1.2	Objetivos	3
1.3	Organização	3
2	Revisão da Literatura	5
2.1	Museologia	5
2.2	Educação Patrimonial	7
2.3	Tecnologias digitais em museus	8
2.4	Realidade Virtual	9
2.5	Imagens 360	10
2.6	Hugin	11
2.7	Tecnologias para desenvolvimento web	12
2.7.1	HyperText Markup Language (HTML)	12
2.7.2	Cascading Style Sheets (CSS)	13
2.7.3	JavaScript	15
2.7.4	A-Frame	16
2.7.5	VueJS	17
2.7.6	Vite	18
2.7.7	NodeJS	19
2.7.8	Strapi	20
2.7.9	PostgreSQL	21
2.7.10	Cloudinary	22
2.8	Engenharia de Requisitos	23
2.9	Trabalhos relacionados	24
2.10	Considerações finais	26
3	Metodologia	27
3.1	Delineamento da pesquisa	27

3.2	Elicitação de requisitos	28
3.2.1	Protótipo	28
3.3	Modelagem funcional	30
3.4	Modelagem estrutural	30
3.5	Definição da arquitetura do software	31
3.6	Preparação das imagens 360	33
3.7	Implementação do software	34
3.8	Disponibilização do software	35
3.9	Considerações finais	36
4	Resultados e Discussões	37
4.1	Virtualizador	37
4.2	Sistema gerenciador	40
4.3	Publicação de artigo científico	49
4.4	Registro de software	50
4.5	Considerações finais	50
5	Conclusão	51
5.1	Impactos educacionais e sociais	53
5.2	Limitações	53
5.3	Trabalhos futuros	54
A	Revisão Sistemática da Literatura	55
A.1	Definição dos protocolos	55
A.2	Condução da revisão	58
A.3	Análise de qualidade	59
A.4	Considerações finais	61
B	Levantamento de Requisitos	63
B.1	Requisitos funcionais	63
B.2	Requisitos não funcionais	64
C	Modelagem Funcional	65
C.1	Diagrama de casos de uso	66
D	Modelagem Estrutural	67
D.1	Diagrama de classes	68
E	Manual do usuário	69
E.1	Sobre o Meraxes	69
E.2	Organização	70
E.3	Guia de uso básico - Sistema gerenciador	70
E.3.1	Cadastro de chaves de API	70

E.3.2	Cadastro de imagens 360	73
E.3.3	Cadastro de áudios	75
E.3.4	Cadastro de ambientes	77
E.3.5	Mudança de ambientes virtuais	80
E.3.6	Cadastro de usuários	82
E.4	Guia de uso básico - Virtualizador	85
E.5	Perguntas frequentes	87
A	Artigo publicado	91
B	Registro de software	107
	Referências	109

Introdução

Esta dissertação descreve a jornada para construção de ambientes de Realidade Virtual direcionados para museus, tendo como estudo de caso o Museu de Arqueologia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Neste Capítulo 1, apresenta-se a descrição geral da dissertação, com o objetivo de fornecer uma visão abrangente dos problemas abordados e dos principais objetivos do trabalho de pesquisa realizado. A estrutura do capítulo é organizada da seguinte forma: na Seção 1.1, apresentam-se a motivação e o contexto por trás do tema de pesquisa tratado nesta dissertação. Na Seção 1.2 apresentam-se os objetivos do trabalho. Por fim, a Seção 1.3 descreve a organização da dissertação, fornecendo uma visão geral do conteúdo abordado em cada capítulo.

1.1 Motivação e Contextualização

Nos tempos atuais, Tori and da Silva Hounsell (2020) afirmam que a tecnologia é capaz de proporcionar acesso a ambientes sintéticos e imersivos. Tal capacidade é oriunda, muitas vezes, do que é conhecido como Realidade Virtual (RV). Nesse ponto de vista, com um dispositivo móvel e alguns outros acessórios de baixo custo é possível construir experiências imersivas, antes consideradas inimagináveis.

De maneira geral, a “Realidade Virtual é definida como um ambiente digital gerado computacionalmente que pode ser experienciado de forma interativa como se fosse real” Jerald (2015). Tendo em vista essa definição, e levando em consideração o potencial de aplicação da Realidade Virtual (RV) nos tempos atuais, é possível compreender que ela pode ser aplicada na resolução de

problemas de diversas áreas do conhecimento, dentre elas a educação.

De acordo com Queiroz et al. (2017), a RV vem sendo exaltada desde a “pré-história” da educação. Eles ainda salientam que, embora já se tenham muitos trabalhos sobre RV na educação, boa parte deles é feito de maneira improvisada e muitas vezes sem um grande embasamento científico. A partir desse pensamento, evidencia-se que o potencial da RV ainda pode ser bem explorado em áreas que vão além ou se relacionam diretamente com a educação.

Diante desse contexto, Silva (2018) defende que a sociedade contemporânea é capaz de determinar o dia a dia das pessoas e a rotina das corporações devido à busca pela inovação e o uso intensivo de tecnologia. Nesse cenário, as instituições culturais e outras instituições que difundem o patrimônio cultural também buscam acompanhar esse crescimento tecnológico. Silva (2018) ainda alega que os museus também têm se preocupado com a adequação de suas atividades em relação à adoção de novas tecnologias.

Nessa perspectiva, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada Ipea (2010) constatou, por meio de uma pesquisa, que cerca de 70% da população brasileira nunca visitou um museu ou centro cultural. Por meio do resultado dessa pesquisa é possível evidenciar que boa parte da população brasileira, por diversos motivos, não tem acesso ao tipo de cultura, que é proporcionado pelo patrimônio histórico cultural disponível, boa parte das vezes, em exposições museais.

Frente ao grande número de brasileiros que nunca visitaram um museu, Castro (2006) salienta que a Educação Patrimonial é uma ferramenta essencial para a construção da cidadania de um indivíduo, visto que ela é uma prática pedagógica que exige um papel ativo do indivíduo durante o processo de construção do conhecimento. Nesse mesmo pensamento, Castro (2006) ainda afirma que essa educação está muito comprometida com a transformação social, provocando questionamentos e intervindo no meio sociocultural e político.

Para Horta et al. (1999), a Educação Patrimonial é um procedimento sistemático voltado para o Patrimônio Cultural, que é um meio de afirmação da cidadania. Nessa vertente, Horta et al. (1999) ainda complementa afirmando que a educação visa descobrir os valores, hábitos, lendas, cultura material e peculiaridades do ambiente com o objetivo de revitalizá-los e disponibilizá-los para toda a comunidade, que por algum motivo, deseja ter acesso a esse conhecimento.

Voltando a atenção para um caso específico, surge o Museu de Arqueologia da UFMS (MuArq). De acordo com, Martins and Kashimoto (2012) esse museu possui uma reserva técnica que conta com mais de 250 mil peças de arqueologia, das quais boa parte são pré-históricas. Além do mais, o museu

também é encarregado de realizar ações de Educação Patrimonial. Tendo isso em vista, pode-se pensar em formas alternativas para disponibilização desse material para a comunidade.

1.2 Objetivos

Considerando o potencial de inovação e aplicação da RV em diversas áreas do conhecimento, a busca das instituições museais, como o MuArq, por novas tecnologias e meios de comunicações, e a importância da Educação Patrimonial para construção da cidadania de um indivíduo; o presente trabalho buscou desenvolver ambientes de visitação virtuais direcionados para museus, tendo como estudo de caso específico o Museu de Arqueologia da UFMS.

Para atender a proposta mencionada anteriormente, foram delineados os seguintes objetivos específicos:

- Utilizar tecnologias *web* para desenvolver os ambientes de visitação virtuais;
- Realizar a digitalização em 360 graus de um ambiente de visitação do MuArq;
- Possibilitar a reprodução de áudios nos ambientes virtuais para uma experiência sonora envolvente;
- Desenvolver recursos que permitam a personalização dos ambientes virtuais pelos usuários do MuArq;
- Implementar um sistema de gerenciamento de conteúdo eficiente para a organização e atualização de mídias dentro do ambiente virtual.

1.3 Organização

Pensando nisso, o restante deste trabalho foi estruturado da seguinte forma: o Capítulo 2 contempla a revisão da literatura, que fundamenta as bases científicas e tecnológicas do trabalho, assim como apresenta uma síntese geral dos trabalhos relacionados. No Capítulo 3 é detalhado o percurso metodológico utilizado para o desenvolvimento da pesquisa. O Capítulo 4 descreve os resultados e discussões gerados por este trabalho. No Capítulo 5, são realizadas considerações finais a respeito do trabalho desenvolvido.

Revisão da Literatura

Este capítulo apresenta as definições de Museologia (Seção 2.1) e Educação Patrimonial (Seção 2.2), assim como discussões sobre tecnologias digitais em museus (Seção 2.3), discorrendo especificamente sobre Realidade Virtual (Seção 2.4) e Imagens 360 (Seção 2.5). Além disso, o capítulo também descreve o *software* Hugin (Seção 2.6), bem como as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho. Entre elas: HTML (Subseção 2.7.1), CSS (Subseção 2.7.2), JavaScript (Subseção 2.7.3), A-Frame (Subseção 2.7.4), VueJS (Subseção 2.7.5), Vite (Subseção 2.7.6), NodeJs (Subseção 2.7.7), Strapi (Subseção 2.7.8), PostgreSQL (Subseção 2.7.9) e Cloudinary (Subseção 2.7.10). Posteriormente, o capítulo também comenta sobre a Engenharia de Requisitos e as técnicas de elicitação (Seção 2.8). Ao final do capítulo, existe uma seção para a apresentação e análise dos trabalhos que estão diretamente relacionados à pesquisa (Seção 2.9). Por último, são realizadas considerações finais a respeito do exposto (Seção 2.10).

2.1 Museologia

A Museologia é uma área que estuda a teoria, a prática e a gestão dos museus, bem como o papel dessas instituições na sociedade. Nesta seção, serão abordados os principais elementos relacionados à Museologia, incluindo sua introdução, evolução histórica, conceitos-chave, aplicação prática e tendências recentes no campo.

Anderson (2016) alega que a Museologia é uma área interdisciplinar que abrange diversos campos do conhecimento, como história, antropologia, arqueologia, arte e ciências sociais. Ela surgiu no século XIX, com o desenvolvi-

mento dos primeiros museus modernos e, desde então, evoluiu para se tornar uma disciplina acadêmica e profissional.

A história da Museologia, segundo Lomba (2018), remonta à Grécia Antiga e ao Império Romano, onde coleções de arte e objetos de valor histórico eram exibidas publicamente. No entanto, foi apenas no século XVIII que os primeiros museus modernos surgiram na Europa, como o Museu Britânico em Londres e o Louvre em Paris. Lomba (2018) também comenta que a evolução da Museologia ao longo dos séculos reflete as mudanças nas concepções de patrimônio, educação e papel dos museus na sociedade.

Pensando em conceitos-chave, Sola (2017) contribuiu afirmando que alguns conceitos-chave na Museologia incluem conservação, curadoria, acessibilidade, patrimônio cultural, educação museal e mediação cultural. A conservação se refere à preservação e à proteção do patrimônio cultural para as gerações futuras. Sola (2017) também cita que a curadoria envolve a seleção e a organização de objetos e exposições em museus. A acessibilidade visa tornar os museus inclusivos e acessíveis a todas as pessoas, independentemente de suas capacidades ou origens.

Araújo (2020) ressalta que a Museologia tem uma aplicação prática diversificada, abrangendo diferentes tipos de museus, como museus de arte, história, ciência, etnografia, entre outros. Além disso, Araújo (2020) comenta que a Museologia também está envolvida na concepção de exposições, programas educativos, pesquisas, preservação de objetos e na gestão de acervos museológicos. Os profissionais da Museologia trabalham em conjunto com outros especialistas para criar experiências significativas para o público e promover o diálogo entre a cultura e a sociedade.

Recentemente, Simon (2021) alega que a Museologia tem acompanhado as transformações da sociedade e as novas demandas do público. Tendências como a incorporação da tecnologia nas exposições, a ênfase na inclusão e diversidade, a preocupação com a sustentabilidade e a participação do público na construção de narrativas museológicas têm sido observadas. Além do mais, Simon (2021) ressalta que os museus têm buscado se tornar mais interativos e dinâmicos, proporcionando aos visitantes experiências imersivas.

Logo, a Museologia é uma disciplina essencial para o entendimento, preservação e comunicação do patrimônio cultural e histórico da humanidade. Ao longo dos séculos, ela evoluiu para se tornar uma área interdisciplinar com aplicações práticas diversas, englobando a gestão de museus, a curadoria de exposições e a preservação do patrimônio. Com as tendências, os museus têm se adaptado às mudanças da sociedade, buscando oferecer experiências mais inclusivas, interativas e relevantes para o público contemporâneo.

2.2 *Educação Patrimonial*

A Educação Patrimonial é uma abordagem pedagógica que tem como objetivo promover a valorização, preservação e compreensão do patrimônio cultural e histórico de uma comunidade ou região. Nesta seção, serão abordados os principais elementos relacionados à Educação Patrimonial, incluindo sua definição, objetivos e impacto na sociedade.

Gil (2020) alega que, no âmbito do patrimônio, da museologia, da arqueologia e da educação, as definições que fundamentam as atividades de Educação Patrimonial algumas vezes não são as mesmas. Nessa linha de pensamento, ele ainda defende que a difusão, promoção, transmissão, formação e construção são meios relacionados à concepção de educação e, conseqüentemente, da educação patrimonial.

Diante dessa vertente, Fronza-Martins (2017) ressalta que a Educação Patrimonial é responsável por proporcionar a criação de processos educativos, que instigam no indivíduo uma busca por conceitos e habilidades ainda não conhecidos. Além disso, tal busca pode possibilitar a produção de novos conhecimentos em relação ao patrimônio cultural, que dão sentido ao passado quando este está relacionado ao presente.

Tendo esses pontos como referência, Lassance (2021) afere que a Educação Patrimonial, nos tempos atuais, é um dos meios essenciais de comunicação do conhecimento arqueológico voltado para o público que não é especialista no assunto. Oliveira (2021) complementa a aferição de Lassance (2021), afirmando que atualmente existem vários segmentos culturais, acadêmicos e sociais que acolhem a Educação Patrimonial e adotam seus conceitos em práticas interdisciplinares.

Oliveira (2021) ressalta que a Educação Patrimonial pode ser entendida como um processo de mediação, que tem como base a correlação dos bens culturais e a vida cotidiana da sociedade. Essa correlação, por sua vez, pode proporcionar tanto a criação de símbolos como a circulação de significados. Dessa maneira, Oliveira (2021) ainda reforça a importância da preservação dos bens materiais e das iniciativas de registro dos bens imateriais como forma de perpetuar a Educação Patrimonial.

A Educação Patrimonial, de acordo com Santos (2019), é aplicada em diversos contextos, como escolas, museus, centros culturais, comunidades locais e espaços de preservação do patrimônio. Nas escolas, por exemplo, a Educação Patrimonial pode ser inserida no currículo como um componente curricular transversal, permitindo que os alunos conheçam e valorizem a história e cultura de sua região. Já em espaços de preservação do patrimônio, a Educação Patrimonial pode ser desenvolvida como uma forma de aproximar o público

dos acervos e monumentos, tornando a visita mais significativa e educativa.

De maneira geral, a Educação Patrimonial desempenha um papel fundamental na valorização, preservação e compreensão do patrimônio cultural e histórico de uma comunidade. Por meio de estratégias de ensino criativas e participativas, busca envolver a comunidade no processo de preservação do seu patrimônio, promovendo a formação de uma consciência crítica e um sentimento de pertencimento cultural. O impacto da Educação Patrimonial na sociedade vai além do aspecto cultural, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e o fortalecimento da identidade de uma comunidade.

2.3 Tecnologias digitais em museus

As tecnologias digitais têm desempenhado um papel cada vez mais relevante no contexto museológico, proporcionando novas oportunidades para a apresentação e interação com o patrimônio cultural. Nesta seção, serão abordados os principais elementos relacionados às tecnologias digitais em museus, incluindo sua definição e tipos de tecnologias utilizadas.

De acordo com de Vasconcellos Motta et al. (2021), os museus representam ambientes informais de educação, que procuram instigar os indivíduos a conhecer e valorizar o patrimônio musealizado. Pensando do ponto de vista tecnológico, Sunderland Bowe (2016) alega que o engajamento é um assunto de extrema importância, visto que ele é responsável por atrair e conectar audiências, por meio de plataformas e recursos diversos.

Partindo dessa premissa, Cury (2013) ressalta que o museu é um ambiente de encontro do público com o objeto em exposição. Esses objetos, por sua vez, possuem características e formas distintas de comunicação. Sunderland Bowe (2016) complementa dizendo que, muitas vezes, os objetos musealizados são estáticos, fixos e não podem ser tocados ou experimentados por outros sentidos humanos além da própria visão. Nesse ponto, surgem limitações de percepções sensoriais que afetam significativamente a experiência dos espectadores.

Em contrapartida, Simon (2010) defende que, para que seja possível proporcionar uma experiência mais atrativa para os espectadores, os museus precisam lançar plataformas e réplicas construídas com fabricação digital, que assumam o papel de objetos vivos. Dessa forma, torna-se possível a criação de acervos mais ativos e provocativos para o público, capazes de estimular explorações interativas protagonizadas pelos próprios indivíduos.

Tendo isso em vista, Marins et al. (2008) elencam uma lista de recursos digitais que tem potencial de aplicação em museus. Entre eles, um item que se destaca é a RV. De acordo com Clark (2006), a RV pode ser usada para

tornar o entendimento mais interessante e descontraído, com o intuito de melhorar a motivação e a atenção do espectador. Além do mais, o conteúdo de aprendizagem pode ser acessado de qualquer lugar e em qualquer hora por meio de dispositivos com Internet.

Em síntese, as tecnologias digitais têm transformado a forma como os museus apresentam e interagem com seu patrimônio cultural. Por meio de aplicativos móveis, RV, Realidade Aumentada (RA), projeções interativas e telas sensíveis ao toque, os visitantes são convidados a explorar o patrimônio de maneira mais imersiva, interativa e personalizada. No entanto, a implementação dessas tecnologias requer planejamento cuidadoso e atenção aos desafios enfrentados, garantindo que elas complementem e enriqueçam a experiência dos visitantes, contribuindo para a valorização e preservação do patrimônio cultural.

2.4 *Realidade Virtual*

A RV é uma tecnologia que tem ganhado destaque significativo em diversos campos, proporcionando experiências imersivas e interativas. Nesta seção, serão abordados os principais elementos relacionados à realidade virtual, incluindo sua definição, fundamentos tecnológicos, aplicações em diferentes setores e os desafios e oportunidades que ela apresenta.

Steuer (1992) define RV como uma tecnologia que permite que os usuários sejam inseridos em ambientes simulados, criando uma sensação de presença e imersão em um mundo virtual tridimensional. Steuer (1992) comenta que essa imersão é geralmente obtida por meio de dispositivos de visualização, como óculos ou capacetes de realidade virtual, que fornecem estímulos visuais e auditivos que enganam o cérebro, fazendo com que os usuários percebam o ambiente virtual como real.

De acordo com Cecotti (2021), a RV obteve um aumento significativo de interesse por parte dos profissionais de tecnologia. Nesse sentido, a RV é capaz de oferecer oportunidades para o desenvolvimento de novas abordagens com potencial de aplicação em vários segmentos. Cecotti (2021) ainda afirma que essas abordagens podem resultar em aprendizagens imersivas que, por sua vez, proporcionam um meio alternativo de interação com o ambiente.

Nessa mesma linha de pensamento, Kuchelmeister (2020) alega que a RV tem o poder de possibilitar que os espectadores interajam com ambientes virtuais de uma maneira muito mais atraente do que qualquer outro meio disponível na atualidade. Desse modo, o espectador não só assiste uma situação no ambiente, mas também é capaz de vivenciar toda a experiência proposta por ele.

Hamdi (2021) complementa a discussão definindo a RV como um ambiente tridimensional interativo, criado por meio de programas de computador. De acordo com esse autor, a RV envolve o espectador em um mundo fictício, de tal forma que o ambiente pareça real. Diante desse contexto, a interação com essa realidade programada resulta em experiências que envolvem os sentidos e reações dos espectadores.

Nesse sentido, Marins et al. (2008) fundamentam que a utilização da RV proporciona a realização de experiências muitas vezes impraticáveis por diversos motivos. Diante do exposto, Tennent et al. (2020) asseguram que a RV é uma tecnologia muito promissora para aplicação em museus. Por dela, torna-se possível mergulhar os espectadores em experiências atraentes e interativas. Seirafi and Wiencek (2017) compartilham da mesma opinião, confirmando que os museus estão procurando cada vez mais adotar a RV com o intuito de oferecer aos espectadores uma experiências mais imersiva.

De maneira geral, a RV é uma tecnologia inovadora que promove experiências imersivas e interativas, permitindo que os usuários sejam transportados para ambientes virtuais realistas. Sua aplicação se estende por diferentes setores, oferecendo oportunidades para aprimorar treinamento, educação, entretenimento, saúde e muito mais. Apesar dos desafios enfrentados, a RV continua a evoluir e a oferecer novas possibilidades para a forma como interagimos com o mundo e com a tecnologia.

2.5 *Imagens 360*

As imagens 360 têm emergido como uma forma cativante de proporcionar uma experiência visual imersiva e interativa, permitindo que os espectadores explorem ambientes panorâmicos em todas as direções. Nesta seção, serão abordados os principais elementos relacionados às imagens 360, incluindo definição, tecnologias subjacentes, aplicações práticas e impacto na visualização digital.

Em um contexto geral, Yun (2016) afirma que as imagens 360, também conhecidas como imagens panorâmicas esféricas, são representações visuais que abrangem um campo de visão de 360 graus em todas as direções, permitindo aos espectadores explorar o cenário como se estivessem fisicamente presentes no local. Yun (2016) ainda cita que, para criar essas imagens, câmeras especiais capturam imagens em todos os ângulos e, em seguida, *software* de pós-processamento une essas imagens em uma visão panorâmica completa.

Referente às aplicações práticas, Xiang et al. (2015) defendem que empresas de turismo e marketing usam imagens 360 para oferecer aos usuários a oportunidade de explorar virtualmente destinos turísticos, hotéis e locais

de eventos antes de visitá-los fisicamente. Luo et al. (2019) contribuem dizendo que, no setor imobiliário, imagens 360 permitem que os interessados em imóveis realizem passeios virtuais pelas propriedades, obtendo uma visão completa do espaço antes de agendar uma visita presencial.

Um ponto interessante levantado por Deng (2019) é que as instituições educacionais usam imagens 360 para criar ambientes de aprendizado imersivos, nos quais os alunos podem explorar locais históricos, laboratórios ou ambientes complexos. Nesse sentido, Bekele and Schwienhorst (2020) salientam que as imagens 360 revolucionaram a forma como os usuários interagem com conteúdo visual na era digital. Ao permitir que os espectadores assumam o controle da direção do olhar, as imagens 360 oferecem uma experiência de visualização mais envolvente e interativa do que as imagens tradicionais.

Em suma, as imagens 360 representam uma evolução no campo da visualização digital, proporcionando experiências imersivas e envolventes em uma variedade de contextos. Com aplicações em setores diversos, desde turismo até educação, as imagens 360 oferecem uma forma única de explorar ambientes e locais de maneira virtual. Tendo isso em vista, é provável que as imagens 360 continuem a influenciar a forma como interagimos com conteúdo visual e ampliem nossas possibilidades de experiências digitais.

2.6 Hugin

O Hugin é um *software* de código aberto que tem se destacado como uma ferramenta eficaz para criar panoramas fotográficos de alta qualidade. Nesta seção, serão explorados as principais características relacionadas ao Hugin, incluindo sua definição, recursos distintivos, aplicação prática e contribuições para o campo da fotografia e visualização.

Segundo Mertens et al. (2010), Hugin é um *software* de costura de imagens panorâmicas que permite aos usuários combinar várias fotografias sobrepostas para criar panoramas coesos e de alta resolução. Mertens et al. (2010) reforçam que ele fornece um conjunto abrangente de ferramentas para ajustar a sobreposição, alinhamento e exposição das imagens, resultando em panoramas perfeitamente alinhados e sem distorções.

Em relação aos recursos distintivos, Smith et al. (2012) ressaltam que o Hugin oferece algoritmos sofisticados para alinhar automaticamente as imagens, corrigindo erros de paralaxe e distorções, o que é essencial para garantir a precisão e a qualidade do panorama final. Além do mais, Schneider et al. (2014) salienta que o Hugin também permite ajustes manuais finos para correções de pontos de controle, controle de exposição e remoção de elementos indesejados das imagens individuais.

Desta forma, o Hugin demonstra a importância do *software* de código aberto na criação de imagens panorâmicas precisas e de alta qualidade. Com suas características avançadas e versatilidade de aplicação, ele desempenha um papel fundamental na fotografia, na fotogrametria e em outras áreas relacionadas à visualização de imagens.

2.7 Tecnologias para desenvolvimento web

A área de desenvolvimento *web* é repleta de tecnologias e frameworks que facilitam a criação de aplicativos e sites modernos e interativos. Nesta seção, serão abordadas algumas das principais tecnologias utilizadas no desenvolvimento *web*, incluindo HTML (Subseção 2.7.1), CSS (Subseção 2.7.2), JavaScript (Subseção 2.7.3), A-Frame (Subseção 2.7.4), VueJS (Subseção 2.7.5), Strapi (Subseção 2.7.8), PostgreSQL (Subseção 2.7.9) e Cloudinary (Subseção 2.7.10).

2.7.1 HTML

A Linguagem de Marcação de HiperTexto (HTML) é fundamental para a criação e formatação de páginas da *web*. Desde o seu surgimento na década de 1990, o HTML evoluiu significativamente e continua sendo uma tecnologia fundamental para o desenvolvimento de conteúdo *web*. Nesta subseção, serão apresentadas algumas características sobre o HTML e suas tendências mais recentes.

O HTML tem passado por várias revisões ao longo dos anos, cada uma trazendo novos recursos e melhorias. Segundo Bermudez and Diaz (2017), a versão mais recente do HTML é o HTML5, lançada em 2014. Desde então, tem sido amplamente adotada pela indústria de desenvolvimento *web* em virtude de suas capacidades avançadas e melhorias significativas em relação às versões anteriores.

Flanagan (2011) fundamenta que o HTML5 trouxe recursos que possibilitam uma experiência de usuário mais rica e dinâmica. Algumas das principais características incluem a adição de novas tags semânticas, que tornam mais fácil a estruturação de conteúdo. Além disso, Singh and Kaur (2016) alegam que o suporte a multimídia foi melhorado, permitindo a incorporação de elementos de áudio e vídeo diretamente no código HTML, sem a necessidade de plugins. Lambert (2018) comenta que outro ponto é a tecnologia Canvas, que permite criar gráficos e animações complexas utilizando código JavaScript.

Com o aumento do uso de dispositivos móveis para acessar a *web*, Li and Dey (2014) salientam que a criação de sites responsivos se tornou uma necessidade. A abordagem Mobile-First, que prioriza o design e desenvolvimento

para dispositivos móveis, ganhou destaque como uma abordagem recomendada. Em consonância, Khan (2019) afirma que o HTML5, juntamente com o CSS3, fornece suporte a recursos para tornar mais fácil a criação de layouts e interfaces adaptáveis a diferentes tamanhos de tela.

Brajnik (2012) corrobora para discussão afirmando que a acessibilidade *web* tem se tornado cada vez mais relevante. Brajnik (2012) também comenta que o HTML5 trouxe melhorias significativas para a acessibilidade ao introduzir novas tags semânticas que permitem uma melhor descrição da estrutura do conteúdo. Isso facilita a interpretação do conteúdo por leitores de tela e outros dispositivos assistivos.

De acordo com Tebbe and Völter (2016), uma tendência emergente no desenvolvimento *web* é a utilização de Web Components, que são elementos personalizados reutilizáveis que podem ser incorporados em páginas HTML. Tebbe and Völter (2016) também explicam que esses componentes permitem maior modularidade e facilitam a manutenção e o desenvolvimento de aplicações *web* complexas.

Em suma, o HTML é uma linguagem de marcação fundamental para o desenvolvimento de páginas da *web*. Desde a introdução do HTML5, novas funcionalidades e melhorias significativas tornaram a criação de conteúdo *web* mais rica e versátil. Além do mais, a ênfase na acessibilidade e na responsividade destaca o compromisso contínuo em tornar a *web* mais inclusiva e acessível a todos os usuários.

2.7.2 CSS

A linguagem CSS é uma parte essencial do desenvolvimento *web*, permitindo a estilização e formatação de páginas da *web* em conjunto com o HTML. Nesta subseção, serão abordados as principais características relacionadas ao CSS, incluindo sua evolução, recursos principais, tendências recentes e impacto no design e desenvolvimento de sites.

De acordo com Meyer (2014), o CSS foi introduzido inicialmente em 1996 e, desde então, tem passado por diversas versões. A versão mais recente é o CSS3, lançada em 1999, e ainda está em constante desenvolvimento para atender às demandas do desenvolvimento *web* moderno. Meyer (2014) ainda cita que as atualizações do CSS têm proporcionado aos desenvolvedores *web* mais controle sobre o layout, tipografia, cores, animações e outros aspectos visuais das páginas da *web*.

Nessa linha de pensamento, Müller and Bien (2018) alegam que o CSS oferece uma ampla gama de recursos para personalizar a aparência dos elementos HTML em uma página. Os seletores CSS permitem que os estilos sejam aplicados de forma seletiva a elementos específicos, classes ou IDs. Além do

mais, Meyer (2014) complementa a discussão afirmando que a cascata (ou cascading) no CSS permite que várias regras de estilo sejam aplicadas aos mesmos elementos, com prioridades determinadas pela especificidade do seletor e pela ordem de declaração no código.

Outros recursos importantes, segundo Coyier (2018), incluem o modelo de caixa, que define o espaço em torno de um elemento; as propriedades para posicionamento e layout, como "float" e "display"; e a capacidade de adicionar animações e transições aos elementos para criar experiências mais interativas e atraentes.

Em relação à responsividade, Frost (2016) afirma que, com o aumento do uso de dispositivos móveis, a criação de sites responsivos tornou-se uma prioridade para os desenvolvedores. Frost (2016) também ressalta que as Media Queries, uma funcionalidade do CSS3, permitem que estilos diferentes sejam aplicados com base nas características do dispositivo ou tamanho da tela. Essa abordagem possibilita a adaptação do layout e do conteúdo para proporcionar uma experiência de usuário consistente em diferentes dispositivos.

Outro recurso interessante do CSS é chamado de Flexbox. Segundo Philbin (2019), duas das adições mais significativas ao CSS3 são o Flexbox e o Grid Layout. Philbin (2019) também salienta que o Flexbox oferece uma maneira flexível de organizar os elementos em uma única direção (horizontal ou vertical), enquanto o Grid Layout permite a criação de layouts mais complexos em duas dimensões. Essas novas técnicas de layout têm simplificado o design responsivo e melhorado a eficiência do desenvolvimento.

Para simplificar a criação e a manutenção de estilos complexos, Coyier (2018) destaca que surgiram pré-processadores CSS, como Sass e Less. Eles permitem a utilização de variáveis, funções e outras funcionalidades que tornam o código CSS mais reutilizável e modular. Além disso, Coyier (2018) também diz que a customização de temas e estilos tornou-se mais comum com a crescente popularidade de frameworks como Bootstrap e Materialize, que fornecem estilos pré-definidos e componentes personalizáveis para acelerar o desenvolvimento.

De maneira geral, o CSS desempenha um papel fundamental no design e desenvolvimento de páginas da *web*, permitindo a estilização e formatação de elementos HTML de maneira sofisticada e flexível. Com a evolução do CSS3 e a introdução de recursos avançados, os desenvolvedores têm mais controle sobre o layout, tipografia, animações e interações, tornando a experiência do usuário mais envolvente e agradável. A responsividade, os recursos de layout flexível e os pré-processadores ampliaram ainda mais as possibilidades criativas e a eficiência no desenvolvimento de sites modernos.

2.7.3 JavaScript

JavaScript (JS) é uma linguagem de programação de alto nível e amplamente utilizada no desenvolvimento *web*. Nesta subseção, serão abordados os principais elementos relacionados a essa linguagem, sua evolução, recursos fundamentais, tendências recentes e impacto no desenvolvimento de aplicações *web*.

De acordo com Flanagan (2021), JavaScript foi criado em 1995 por Brendan Eich, inicialmente como uma linguagem de script simples para tornar páginas *web* mais interativas. Desde então, Flanagan (2021) alega que a linguagem tem passado por diversas revisões e atualizações. A versão mais recente é o ECMAScript 2022, que continua a adicionar novos recursos e melhorias à linguagem.

Zakas (2012) ressalta que o JavaScript é uma linguagem de programação versátil e oferece uma ampla gama de recursos fundamentais. Ele suporta tipagem dinâmica, funções de primeira classe e closures, permitindo a criação de código reutilizável e modular. Crockford (2008) complementa o pensamento dizendo que o suporte a objetos, herança prototípica e a manipulação de eventos possibilitam a construção de interfaces interativas e dinâmicas em páginas *web*.

Outro ponto importante citado por Haverbeke (2018) é que o JavaScript tem uma vasta biblioteca padrão (como manipulação de Document Object Model (DOM) e AJAX) e suporta a criação de bibliotecas e frameworks populares, como React, Angular e VueJS, para simplificar o desenvolvimento de aplicações *web* complexas.

Segundo Rauschmayer (2017), uma característica importante do JavaScript é sua capacidade de executar operações assíncronas de forma eficiente, o que permite a construção de aplicações *web* responsivas e com bom desempenho. Com o uso de callbacks e, mais recentemente, Promises e `async/await`, é possível lidar com tarefas assíncronas de maneira mais clara e legível.

A especificação ECMAScript 6 (também conhecida como ES6 ou ECMAScript 2015), de acordo com Flanagan (2021), trouxe várias melhorias significativas para o JavaScript, incluindo declaração de variáveis com `"let"` e `"const"`, arrow functions, classes e módulos. Posteriormente, as atualizações do ES7, ES8 e assim por diante, adicionaram mais recursos e funcionalidades à linguagem.

Pensando em um contexto da atualidade, Cantelon et al. (2018) comentam que o JavaScript não se limita apenas ao lado do cliente (no navegador), mas também pode ser executado no servidor. O NodeJS é um ambiente de execução JavaScript no lado do servidor que permite o desenvolvimento de aplicações *web* em JavaScript de ponta a ponta. Isso possibilita a criação de aplicações

altamente escaláveis e em tempo real usando a mesma linguagem em ambos os lados.

Logo, entende-se que o JavaScript se tornou a linguagem de programação padrão para o desenvolvimento *web*. Sua evolução contínua e a introdução de recursos avançados, juntamente com a sua capacidade de funcionar tanto no cliente quanto no servidor, têm contribuído para o seu amplo uso e impacto significativo no desenvolvimento de aplicações *web* modernas e interativas.

2.7.4 A-Frame

A-Frame é uma biblioteca de código aberto que permite a criação de experiências de RV e RA na *web*. Nesta subseção, serão abordados os principais elementos relacionados ao A-Frame, incluindo sua introdução, recursos, aplicação na *web* e tendências recentes no desenvolvimento de conteúdo imersivo.

Russell and Fajner (2017) ressaltam que A-Frame foi desenvolvido pela Mozilla em 2015 e é baseado em HTML, tornando-se uma opção acessível para a criação de conteúdo de RV e RA na *web*. Russell and Fajner (2017) ainda citam que a biblioteca utiliza uma abordagem declarativa, na qual as cenas 3D são criadas usando elementos HTML personalizados, o que torna a criação de conteúdo RV/RA mais simples e intuitiva.

Pensando em recursos, González (2019) ressalta que A-Frame fornece recursos poderosos para criar experiências imersivas. Ele suporta uma variedade de componentes e primitivas para construir objetos 3D, animações, interações e ambientes em 360 graus. Além disso, González (2019) afirma que ele oferece suporte à integração com dispositivos RV, como Oculus Rift, HTC Vive e Google Cardboard, permitindo que os usuários naveguem em ambientes virtuais com o auxílio de dispositivos de realidade virtual.

Uma das principais vantagens do A-Frame, segundo Salman and Alharbi (2020), é sua capacidade de executar em navegadores da *web* comuns, sem a necessidade de plugins ou *software* adicional. Isso torna o conteúdo de RV/RA acessível a uma ampla variedade de dispositivos, desde computadores desktop até *smartphones* e *tablets*. Chowdhury et al. (2018) complementam a discussão afirmando que, com o suporte do A-Frame, muitos desenvolvedores estão criando experiências imersivas, como visitas virtuais a ambientes reais ou imaginários, visualizações de dados em 3D, treinamentos em simulações e jogos interativos.

Nos tempo atuais, Russell and Fajner (2017) ressaltam que o A-Frame tem experimentado um crescimento significativo em popularidade e adoção pela comunidade de desenvolvedores. Com o aumento da demanda por experiências de RV/RA, essa biblioteca tem recebido suporte constante e atualizações regulares para melhorar o desempenho, adicionar novos recursos e supor-

tar tecnologias emergentes. Outro ponto que González (2019) destaca é que o A-Frame tem sido amplamente utilizado em projetos de RV em educação, arquitetura, entretenimento e outras áreas, demonstrando seu potencial para uma variedade de aplicações.

Por fim, a A-Frame se destaca como uma poderosa biblioteca de RV e RA, permitindo que desenvolvedores criem experiências imersivas diretamente na *web*. Com sua abordagem declarativa e suporte a dispositivos RV, o A-Frame tem desempenhado um papel crucial no crescimento e expansão da adoção de conteúdo RV/RA, tornando a tecnologia de imersão mais acessível e difundida na internet.

2.7.5 *VueJS*

VueJS é um framework de código aberto amplamente utilizado para o desenvolvimento de interfaces de usuário reativas e dinâmicas na *web*. Nesta subseção, serão abordadas as principais características relacionados ao VueJS, incluindo sua introdução, recursos principais, aplicação na *web* e tendências recentes no desenvolvimento front-end.

De acordo com You (2018), VueJS foi criado por Evan You e lançado em 2014 como uma biblioteca JavaScript leve e fácil de usar para a construção de interfaces de usuário interativas. Inspirado em outros frameworks, como Angular e React, VueJS oferece uma abordagem mais simples e flexível para a criação de aplicações front-end.

Chinnathambi (2020) ressalta que o VueJS possui um conjunto de recursos principais que o tornam uma escolha popular entre os desenvolvedores front-end. Um dos recursos mais notáveis é a reatividade, na qual as alterações nos dados do aplicativo são automaticamente refletidas na interface do usuário sem a necessidade de manipulação direta do DOM. Além do mais, Chinnathambi (2020) afirma que o VueJS oferece diretivas personalizadas, componentes reutilizáveis e integração perfeita com outras bibliotecas e frameworks, permitindo um desenvolvimento mais eficiente e escalável.

Relativo às aplicações na *web*, Zhang et al. (2019) comentam que o VueJS é amplamente utilizado para criar aplicações *web* interativas e dinâmicas. Com sua curva de aprendizado suave e documentação abrangente, desenvolvedores podem rapidamente criar interfaces de usuário complexas e responsivas. O VueJS é frequentemente escolhido para projetos de diferentes tamanhos, desde pequenos aplicativos até grandes sistemas *web*.

O VueJS, de acordo com Egbewale and Fagbolagun (2018), tem um ecossistema ativo, com uma vasta coleção de plugins, bibliotecas e ferramentas de suporte. Entre eles estão o Vue Router para roteamento, o Vuex para gerenciamento de estado e o Vue CLI para facilitar a configuração e a criação de

projetos VueJS. Esse ecossistema robusto contribui para a produtividade e a qualidade do desenvolvimento usando o framework.

No que se refere às tendências, Jagtap and Kulkarni (2021) alegam que Nos últimos anos, o VueJS tem experimentado um crescimento significativo em popularidade, tornando-se uma escolha popular entre os desenvolvedores front-end. Com a crescente demanda por interfaces de usuário interativas e a adoção crescente de tecnologias baseadas em componentes, o VueJS continua a ser uma opção atraente para o desenvolvimento front-end.

Em resumo, VueJS é um framework JavaScript poderoso e flexível, que oferece aos desenvolvedores a capacidade de criar interfaces de usuário reativas e interativas na *web*. Com seu ecossistema robusto e documentação abrangente, o VueJS continua a atrair uma comunidade crescente de desenvolvedores e empresas que buscam criar aplicações *web* modernas e eficientes.

2.7.6 Vite

Nos últimos anos, o desenvolvimento *web* tem evoluído rapidamente, impulsionado pela necessidade de criar aplicações mais rápidas e eficientes. Uma das inovações nesse cenário é o Vite, uma ferramenta moderna de construção de aplicações *web* que tem ganhado destaque. Nesta subseção, exploraremos os principais elementos relacionados ao Vite, incluindo suas características distintivas, vantagens e contribuições para o desenvolvimento *web*.

You (2020) defende que o Vite introduz uma abordagem inovadora para o desenvolvimento *web*, focada na eficiência durante o ciclo de desenvolvimento. Ao adotar o carregamento sob demanda de módulos, o Vite elimina a necessidade de uma compilação completa, permitindo um tempo de inicialização significativamente mais rápido. You (2020) ainda comenta que o Vite utiliza os módulos nativos do ES6 para carregar apenas o código necessário, o que resulta em um processo de desenvolvimento mais ágil.

Pensando em vantagens, Lazzati and Luiz (2021) alegam que a arquitetura do Vite, baseada no carregamento sob demanda, oferece um ciclo de desenvolvimento mais rápido, onde as alterações refletem instantaneamente no navegador, sem a necessidade de uma recompilação demorada. Para complementar, Rahman and Hossain (2021) ressalta que o Vite otimiza a utilização de memória e processamento ao carregar apenas os recursos necessários para a página atual, contribuindo para um desempenho mais eficiente durante o desenvolvimento e a execução.

Outro ponto levantado por Wang and Wang (2022) é o Hot Module Replacement (HMR), que no Vite é altamente eficiente, permitindo atualizações em tempo real sem a recarga completa da página, agilizando o processo de desenvolvimento. Tais vantagens justificam que a introdução do Vite trouxe contri-

buições significativas para a abordagem tradicional de desenvolvimento *web* em relação às práticas de compilação convencionais ao priorizar a velocidade de desenvolvimento e a experiência do desenvolvedor.

De modo geral, o Vite representa um passo significativo na evolução do desenvolvimento *web*, destacando-se por sua abordagem inovadora e foco na eficiência do ciclo de desenvolvimento. Com características como carregamento sob demanda, utilização otimizada de módulos e um HMR aprimorado, ele tem potencial para redefinir a maneira como as aplicações front-end são construídas e otimizadas.

2.7.7 NodeJS

NodeJS é uma plataforma de código aberto que permite a execução de código JavaScript no lado do servidor. Nesta subseção, serão abordados os principais elementos relacionados ao NodeJS, incluindo sua definição, características, vantagens e aplicações práticas.

Dahl (2010) fundamenta que NodeJS é uma plataforma baseada no motor JavaScript V8 do Google Chrome, projetada para fornecer um ambiente de tempo de execução assíncrono e orientado a eventos. Dahl (2010) defende que ele permite que os desenvolvedores utilizem JavaScript tanto no lado do cliente (navegador) quanto no lado do servidor. A abordagem assíncrona e baseada em eventos do NodeJS o torna eficiente para aplicações que precisam lidar com muitas requisições concorrentes sem bloquear o thread principal.

O NodeJS tem sido amplamente adotado em várias aplicações práticas desde o seu lançamento. Alguns exemplos de aplicações onde o NodeJS é utilizado incluem:

- **Servidores Web e Application Programming Interface (API):** O NodeJS é frequentemente usado para criar servidores *web* e APIs RESTful, devido à sua capacidade de lidar com muitas conexões simultâneas de forma eficiente (Meiklejohn et al., 2015);
- **Streaming de Dados e Aplicações em Tempo Real:** A arquitetura assíncrona do NodeJS é ideal para aplicações que envolvem streaming de dados em tempo real, como bate-papo, jogos online e aplicações colaborativas (Wang et al., 2019);
- **Microserviços e Arquiteturas Baseadas em Eventos:** O NodeJS é comumente utilizado para construir microserviços e sistemas baseados em eventos, permitindo a criação de aplicações modulares e escaláveis (Flores et al., 2017).

Uma das vantagens, segundo Soyly et al. (2018), é que O NodeJS permite que desenvolvedores utilizem JavaScript tanto no lado do cliente quanto no lado do servidor, facilitando a reutilização de código e a colaboração entre equipes. Zhao et al. (2021) elencam outra vantagem: a arquitetura assíncrona, que permite que ele lide com muitas requisições concorrentes de forma eficiente, tornando-o adequado para aplicações que precisam escalar para um grande número de usuários.

Um ponto importante, levantado por Bajwa et al. (2016) é que o NodeJS possui o Node Package Manager (npm), que é um dos maiores repositórios de bibliotecas e módulos de código aberto. Isso torna mais fácil para os desenvolvedores encontrar e usar pacotes de terceiros em seus projetos.

Resumidamente, o NodeJS é uma plataforma poderosa e versátil que tem transformado a forma como o JavaScript é utilizado no desenvolvimento de aplicações do lado do servidor. Sua abordagem assíncrona e baseada em eventos o torna altamente eficiente para aplicações *web* escaláveis e em tempo real. Com um ecossistema robusto de bibliotecas e módulos no npm, o NodeJS continua a ser uma escolha popular entre os desenvolvedores.

2.7.8 Strapi

Strapi é um Content Management System (CMS), ou sistema de gerenciamento de conteúdo, de código aberto e flexível, baseado em NodeJS, amplamente utilizado para criar APIs de forma rápida e eficiente. Nesta subseção, serão abordados os principais elementos relacionados ao Strapi, incluindo sua introdução, recursos principais, aplicação e tendências recentes no desenvolvimento de APIs.

De acordo com Bruneau (2019), Strapi foi lançado em 2015 como uma alternativa ao desenvolvimento de APIs e backends tradicionais. Ele foi construído sobre o NodeJS e o framework Koa. Bruneau (2019) também comenta que o Strapi permite que desenvolvedores criem APIs RESTful e GraphQL de maneira eficiente e com uma arquitetura flexível baseada em plugins. Por meio da interface de usuário, o Strapi também fornece uma experiência amigável para gerenciar e atualizar o conteúdo do CMS.

Nessa vertente, Lee (2020) alega que O Strapi oferece recursos que tornam o desenvolvimento de APIs mais simples e produtivo. O sistema de modelagem de dados é altamente flexível e permite que desenvolvedores definam seus próprios modelos de conteúdo com campos personalizados, relacionamentos e validações. Além do mais, o Strapi possui suporte integrado para autenticação, autorização e controle de acesso, garantindo que as APIs sejam seguras e bem gerenciadas.

Outros recursos importantes incluem, de acordo com Simon (2018), a ca-

pacidade de criar endpoints de API personalizados, a integração de plugins para adicionar funcionalidades extras e a opção de hospedar o Strapi em ambientes como Heroku ou servidores próprios.

Relativo à sua aplicação, McKenzie (2021) afirma que O Strapi é amplamente utilizado em projetos que exigem um CMS personalizado e APIs bem estruturadas. É uma escolha popular para o desenvolvimento de aplicativos *web* e móveis, sistemas de gerenciamento de conteúdo, lojas online e outras aplicações onde o gerenciamento de dados é essencial. Sua arquitetura extensível e fácil integração com outras tecnologias o tornam uma opção versátil para diversos tipos de projetos.

No que diz respeito às tendências, Simon (2018) relata que, nos últimos anos, o Strapi tem ganhado popularidade na comunidade de desenvolvedores, tornando-se uma opção mais reconhecida e amplamente adotada para a criação de APIs e CMS. Com sua arquitetura modular e suporte ativo da comunidade, o Strapi continua a receber atualizações regulares e novos recursos para melhorar a experiência do desenvolvedor e a funcionalidade do sistema.

Em síntese, Strapi é uma ferramenta para o desenvolvimento de APIs e sistemas de gerenciamento de conteúdo, permitindo que os desenvolvedores criem rapidamente APIs flexíveis e bem estruturadas. Com sua arquitetura modular e recursos avançados, o Strapi oferece uma solução eficiente para projetos que exigem um CMS personalizado e APIs altamente funcionais.

2.7.9 PostgreSQL

PostgreSQL é um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional de código aberto, conhecido por sua confiabilidade, escalabilidade e recursos avançados. Nesta subseção, serão abordadas as principais características relacionadas ao PostgreSQL, incluindo sua introdução, recursos-chave, aplicação em projetos e tendências recentes no uso de bancos de dados.

Em termos de definição, Momjian and Drake (2019) afirmam que PostgreSQL, também conhecido como Postgres, foi desenvolvido pela Universidade da Califórnia, em Berkeley, e lançado pela primeira vez em 1989. Desde então, Momjian and Drake (2019) ressaltam que ele cresceu para se tornar um dos sistemas de gerenciamento de banco de dados de código aberto mais populares e respeitados. O PostgreSQL é conhecido por sua arquitetura robusta, suporte a recursos avançados de Structured Query Language (SQL) e seu compromisso com os padrões ANSI SQL.

Banks (2021) comenta que o PostgreSQL oferece uma ampla variedade de recursos que o tornam uma escolha atraente para uma variedade de aplicações. Ele suporta transações de Atomicidade, Consistência, Isolamento e Du-

rabilidade (ACID), o que garante que as operações de banco de dados sejam confiáveis e consistentes. Além do mais, Banks (2021) alega que ele possui suporte a chaves estrangeiras, índices, procedimentos armazenados e gatilhos, permitindo a criação de bancos de dados complexos e altamente eficientes.

Outros recursos notáveis, segundo Sáez and Zorrilla (2020), incluem suporte a JavaScript Object Notation (JSON) e JavaScript Object Notation Binding (JSONB) para armazenar e consultar dados no formato JSON, suporte a replicação e failover para alta disponibilidade e extensibilidade por meio de extensões personalizadas.

No que se refere à aplicação, Radcliffe and Mladenova (2018) salientam que o PostgreSQL é amplamente utilizado em uma variedade de projetos e aplicações. Ele é frequentemente escolhido para aplicações *web*, sistemas de gerenciamento de conteúdo, análise de dados, aplicações geoespaciais e muito mais. Radcliffe and Mladenova (2018) também comentam que sua capacidade de lidar com grandes volumes de dados e consultas complexas o torna uma escolha popular para projetos de alta escala.

Em relação às tendências, Momjian and Drake (2019) citam que, nos últimos anos, o PostgreSQL tem mantido sua posição como um dos bancos de dados mais confiáveis e avançados disponíveis. Com a crescente adoção de tecnologias de código aberto e a demanda por bancos de dados mais escaláveis e seguros, o PostgreSQL continua a ser uma escolha popular entre empresas e desenvolvedores.

No geral, o PostgreSQL é uma solução de banco de dados relacional de código aberto, com recursos avançados e ampla aplicação em diversos projetos. Sua confiabilidade, escalabilidade e suporte a recursos modernos o tornam uma escolha sólida para aqueles que buscam uma solução robusta e flexível para gerenciamento de dados.

2.7.10 Cloudinary

Cloudinary é um serviço de gerenciamento de ativos de mídia baseado na nuvem, que oferece soluções para armazenar, otimizar e entregar imagens e vídeos em aplicativos *web* e móveis. Nesta subseção, serão abordados os principais elementos relacionados ao Cloudinary, incluindo sua introdução, recursos-chave, aplicação em projetos e tendências recentes no uso de serviços de gerenciamento de mídia na nuvem.

Segundo Zweig (2019), o Cloudinary foi lançado em 2011 como uma plataforma de gerenciamento de mídia baseada na nuvem, com o objetivo de facilitar o armazenamento, otimização e entrega de imagens e vídeos em diferentes plataformas. Zweig (2019) também ressalta que ele fornece uma API fácil de usar e uma interface de usuário amigável que permite aos desenvolvedores e

equipes de marketing gerenciar ativos de mídia com eficiência.

Pensando em recursos, Barth (2020) alega que o Cloudinary oferece uma gama de recursos que o tornam uma escolha popular para o gerenciamento de ativos de mídia. Ele suporta o armazenamento de imagens e vídeos em diversos formatos e tamanhos, permitindo que os desenvolvedores otimizem a entrega de mídia para diferentes dispositivos e resoluções.

Buckingham (2017) comenta que outros recursos notáveis incluem manipulação dinâmica de imagens por meio de transformações, como redimensionamento, corte, rotação e filtragem, bem como suporte para geração automática de miniaturas e aplicação de efeitos especiais.

O Cloudinary, de acordo com Gupta (2018), é amplamente utilizado em projetos *web* e móveis que exigem uma solução eficiente para o gerenciamento de ativos de mídia. Gupta (2018) ressalta que ele é comumente usado em sites de comércio eletrônico para otimizar imagens de produtos, em aplicativos de mídia social para o compartilhamento de fotos e vídeos e em plataformas de vídeo sob demanda para a entrega rápida e eficiente de conteúdo de vídeo.

Pensando em tendências, Ghosh (2021) relata que com o aumento da demanda por aplicativos *web* e móveis com alto desempenho e experiências visuais atraentes, os serviços de gerenciamento de mídia na nuvem, como o Cloudinary, têm ganhado popularidade. Em consonância, Ghosh (2021) também comenta que empresas e desenvolvedores estão cada vez mais reconhecendo os benefícios de usar plataformas baseadas em nuvem para armazenar e entregar ativos de mídia de forma rápida e eficiente.

De forma ampla, Cloudinary é uma plataforma líder de gerenciamento de ativos de mídia na nuvem, que oferece recursos poderosos para armazenar, otimizar e entregar imagens e vídeos em aplicativos *web* e móveis. Sua facilidade de uso, recursos avançados e integração eficiente o tornam uma escolha popular para equipes de desenvolvimento que desejam melhorar a experiência do usuário e a eficiência no gerenciamento de ativos de mídia.

2.8 Engenharia de Requisitos

A Engenharia de Requisitos é fundamental no processo de desenvolvimento de *software*. Ela visa a elicitação, análise, especificação e validação dos requisitos de um sistema. Nesta seção, serão abordados os principais elementos relacionados à Engenharia de Requisitos, incluindo conceitos-chave, processos e técnicas.

A Engenharia de Requisitos envolve atividades para se entender as necessidades dos stakeholders e definir os requisitos do sistema a ser desenvolvido. Entre os principais conceitos e processos estão:

- **Elicitação de Requisitos:** Processo de coleta de informações junto aos stakeholders para identificar suas necessidades e expectativas em relação ao sistema (Sutcliffe et al., 2011);
- **Análise de Requisitos:** Atividade de avaliação e refinamento dos requisitos coletados, identificando inconsistências, ambiguidades e restrições (Wohlin et al., 2012);
- **Especificação de Requisitos:** Documentação formal dos requisitos, que deve ser clara, completa e verificável (Kotonya and Sommerville, 2016);
- **Validação de Requisitos:** Processo de verificação dos requisitos para garantir que eles atendam às necessidades dos stakeholders e sejam viáveis de serem implementados (Lamsweerde et al., 2015).

Existem diversas técnicas e ferramentas que podem ser utilizadas na Engenharia de Requisitos para auxiliar no processo de elicitación, análise e especificação dos requisitos. Goguen (2014) cita as entrevistas e questionários como técnicas tradicionais de coleta de informações, em que os stakeholders são entrevistados ou respondem a questionários estruturados.

Ainda pensando em técnicas, Bass et al. (2015) mencionam que a utilização de protótipos de baixa fidelidade pode ser útil para validar os requisitos com os stakeholders antes da especificação final. Jacobson et al. (2011) contribuem para a discussão comentando sobre a importância da Modelagem de Casos de Uso, que representam graficamente os requisitos em forma de cenários de interação entre os usuários e o sistema.

Outra técnica destacada por Stevens et al. (2014) é a Modelagem de Requisitos com Unified Modeling Language (UML), que consiste em representar os requisitos na forma de diagramas de casos de uso, de diagramas de classes, de diagramas de sequência, de diagramas de atividades, entre outros.

Diante do exposto, pode-se afirmar que a Engenharia de Requisitos desempenha um papel crucial no desenvolvimento de *software*, assegurando que as necessidades dos stakeholders sejam corretamente entendidas e traduzidas em requisitos bem especificados e validados. Com uma variedade de técnicas e ferramentas disponíveis, os engenheiros de requisitos têm à disposição recursos para enfrentar os desafios inerentes ao processo.

2.9 Trabalhos relacionados

Nesta seção apresenta-se uma discussão a respeito dos principais trabalhos, que estão relacionados com o estudo realizado anteriormente. Nessa vertente, alguns posicionamentos são estabelecidos em virtude dos resultados

proporcionados pela execução do estudo. Além do mais, buscou-se analisar o estado da arte em relação à aplicação de RV para instituições museais.

Por meio da realização desta pesquisa, foi possível evidenciar que o estado da arte revela algumas abordagens promissoras, que podem ser relacionadas diretamente para a simulação de ambientes de visitação virtuais de museus. Partindo desse ponto, também foi possível identificar quais as tecnologias mais utilizadas para construção de ambientes virtuais e imersivos. Tendo isso em vista, alguns trabalhos serão apresentados ao longo desta Seção.

Pensando nisso, o trabalho de Cecotti (2021) apresenta um museu, onde um total de 1.000 pinturas podem ser acessadas de forma individual em ou galerias de artes. Para o desenvolvimento desse acervo, foi utilizado o *pugin* SteamVR2, que é uma ferramenta para experimentação de conteúdos em RV. Tal ferramenta ainda possibilitou a utilização de vários tipos de fone de ouvido, não restringindo a tecnologia apenas ao uso de *headsets*. Ao final, as pinturas em questão podem ser acessadas por meio de um aplicativo disponibilizado na plataforma Steam.

O trabalho de Poce et al. (2020) propôs um aplicativo de RV que apresenta uma exposição de arte etrusca de um museu romano. Nesse contexto, foram criados modelos tridimensionais, elaborados com o auxílio do *software* de modelagem 3D Rhinoceros junto ao *software* de edição de fotos Adobe Photoshop. Para a criação de interações com esses modelos, foi utilizado o *software* Unity. Em tal interação, o espectador pode se mover em um espaço virtual, desenvolvido com o auxílio do *software* Adobe XD.

Em continuidade, Zidianakis et al. (2021) projetaram uma plataforma chamada Museu Invisível, que objetiva a criação de exposições virtuais tridimensionais por meio de um ambiente unificado e ao mesmo tempo colaborativo. Para geração dos ambientes virtuais, foi utilizada a biblioteca Cortona que, de acordo com Zidianakis et al. (2021), é capaz de gerar ambientes virtuais de forma rápida e eficiente. Eles ainda citam que utilizaram a tecnologia Web3D para visualização dos ambientes virtuais.

Micoli et al. (2020) discutem sobre uma abordagem para se projetar exposições interativas de artefatos egípcios. Nessa linha, eles pontuam que umas das abordagens mais simplificadas consiste na expansão monoscópica do ambiente real que, geralmente, faz uso de dispositivos móveis pessoais, como *smartphones* para visualização. Para essa situação específica, Micoli et al. (2020) alertam que devem ser criados marcadores fiduciais, pensando na qualidade da conexão do conteúdo aumentado e a conteúdo real.

Por último, Seirafi and Wiencek (2017) definem algumas ideias para aplicação de RV em museus. Por meio de algumas dessas ideias, eles criaram uma tecnologia chamada HoloMuse, que desenvolve novas formas de apren-

dizagem para ambientes com patrimônio cultural executáveis em celulares. De maneira geral, eles afirmam que tecnologias como a RV agregam muito valor e geram novas oportunidades de aprendizado, podendo ser integradas a conceitos didáticos.

Vale ressaltar que a análise dos estudos supracitados é oriunda de uma Revisão Sistemática da Literatura efetuada durante a condução do presente trabalho, conforme pode ser consultado no Apêndice A. Tal revisão foi de suma importância para identificar, selecionar e analisar criticamente os estudos existentes sobre os tópicos que tangenciam a pesquisa. Dessa maneira, a Revisão Sistemática foi capaz de oferecer uma base sólida para a compreensão do contexto e da lacuna de conhecimento que a presente pesquisa objetiva preencher.

2.10 Considerações finais

Neste capítulo foram apresentadas diversas fontes e pesquisas relevantes sobre o tema abordado. Por meio dessa revisão da literatura, foi possível compreender as características, vantagens e desafios associados às diferentes tecnologias e conceitos que envolvem o presente trabalho. Além do mais, foram destacadas as aplicações as técnicas e tecnologias, demonstrando o impacto e a relevância que se pode ter na área de concentração deste estudo.

De maneira geral, a revisão da literatura serviu como uma base sólida de conhecimento. Com isso, espera-se que o conhecimento adquirido por meio desta revisão sirva como uma sólida fundação para o desenvolvimento das etapas subsequentes desta pesquisa.

Metodologia

Este capítulo descreve o percurso metodológico, delineando com precisão as estratégias e abordagens que nortearam o desenvolvimento do presente trabalho. Para tanto, a estrutura do capítulo está organizada da seguinte forma: na Seção 3.1, apresenta-se um visão geral sobre a pesquisa em termos de classificação metodológica. Na Seção 3.2 descreve-se o processo de elicitação de requisitos, assim como o protótipo do *software* (Subseção 3.2.1). A Seção 3.3, por sua vez, retrata a elaboração do diagrama de casos de uso do *software*. Já a Seção 3.4 apresenta a elaboração do diagrama de classes do *software*. Na sequência, a Seção 3.5, relata a definição da arquitetura adotada para construção do *software*. Em seguida, na Seção 3.6, discorre-se o processo para preparação das imagens 360 utilizadas no software. Posteriormente, a Seção 3.7 descreve o processo de desenvolvimento do produto final. E por último, na Seção 3.8 trata-se da disponibilização do *software* desenvolvido, seguida pelas considerações finais do capítulo na Seção 3.9.

3.1 Delineamento da pesquisa

O presente trabalho pode ser classificado metodologicamente como uma pesquisa da área de engenharia voltada para o desenvolvimento e disponibilização de um sistema de RV. Para o desenvolvimento e validação da pesquisa foi proposto um estudo de caso aplicado na virtualização do MuArq, atualmente situado na cidade de Campo Grande - Mato Grosso do Sul (MS).

A escolha do MuArq como estudo de caso do presente trabalho se deve principalmente pelo período pandêmico do ano de 2020, que trouxe questões sobre como tornar as exposições do museu acessíveis para toda a comunidade

da cidade de Campo Grande e de outras regiões do estado de Mato Grosso do Sul, do Brasil e até mesmo do mundo.

3.2 *Elicitação de requisitos*

A elicitação de requisitos emergiu como uma etapa essencial da pesquisa, visto que ela constitui o pilar inicial no delineamento do produto desenvolvido. Por meio desse processo, almejou-se a compreensão profunda e precisa das necessidades e expectativas dos stakeholders envolvidos, fornecendo a base sobre a qual todo o desenvolvimento subsequente foi construído.

Diante desse contexto, foi realizada uma conversa por vídeo chamada com a Dr^a Lia Raquel Toledo Brambilla Gasques que, naquele momento era coordenadora das ações do MuArq. Durante a conversa, foram identificadas algumas necessidades que os colaboradores enfrentavam em um período em que o museu não estava aberto ao público devido à pandemia da COVID-19.

A partir dessa conversa foi possível levantar a proposta do presente trabalho, assim como levantar os requisitos funcionais e não funcionais para desenvolver o *software*, conforme pode ser consultado no Apêndice B. Além disso, também foi possível discutir com os envolvidos a respeito do potencial de aplicação da RV na virtualização do MuArq.

De modo geral, foi possível evidenciar, por meio das necessidades, que o MuArq precisa de um *software* versátil, que conceda aos curadores do museu a autonomia de personalizar os ambientes virtuais de acordo com o acervo sob sua custódia naquele momento. Além disso, também foi possível identificar que o sistema precisa ser acessível e funcional em dispositivos móveis, uma abordagem que visa a simplificar a utilização da tecnologia, oferecendo aos usuários a conveniência de interagir com o MuArq por meio de seus dispositivos móveis sem a necessidade de utilizar dispositivos voltados para RV.

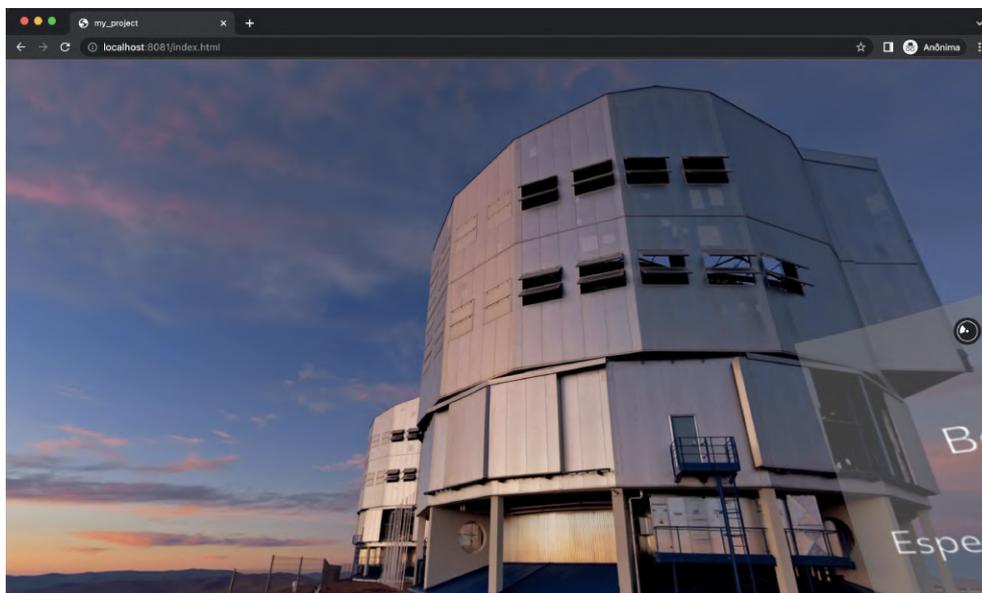
3.2.1 *Protótipo*

Para validar os requisitos coletados junto aos stakeholders, foi elaborado um protótipo inaugural de um ambiente que permite aos usuários vivenciar uma visão panorâmica de 360º de um espaço específico por meio de um navegador *web*. Nesse cenário, um painel informativo está posicionado, proporcionando ao usuário a capacidade de efetuar escolhas e, assim, interagir com o ambiente virtualizado. Tal dinâmica pode ser visualizada na Figura 3.1.

No contexto desse ambiente, concede-se ao usuário a liberdade de exercer o controle sobre as direções e o enfoque da exibição na tela. Na porção direita da interface gráfica, um ícone se destaca, assemelhando-se a um radar de localização espacial. Por intermédio desse ícone, é possível discernir qual área

está atualmente sob o foco da visualização, conferindo, assim, ao espectador uma sensação tangível de navegação dentro da plataforma.

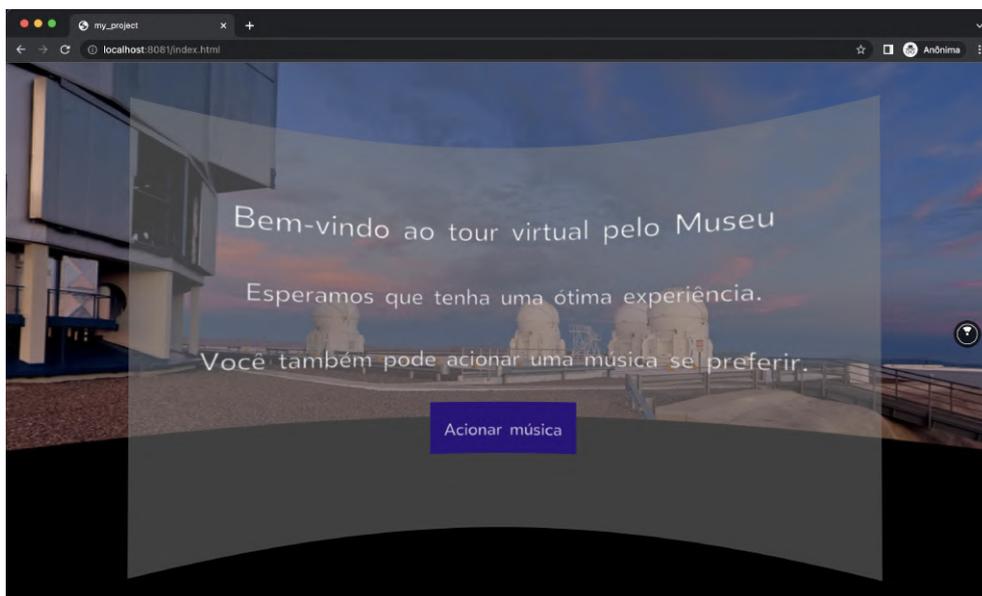
Figura 3.1: Protótipo do ambiente de RV



Fonte: Elaborada pelo autor.

Além do mais, adicionalmente, uma música ambiente foi incorporada no início da exploração do espaço virtualizado, com a finalidade de aprimorar a imersão da experiência do espectador, tal como apresentado na Figura 3.2. Essa estratégia encontra respaldo em diversas pesquisas analisadas neste estudo, notadamente no contexto de navegação por espaços que partilham da mesma finalidade de uma exposição de artefatos pré-históricos, por exemplo.

Figura 3.2: Painel interativo do protótipo



Fonte: Elaborada pelo autor.

Tecnicamente, para construção desse protótipo, utilizaram-se recursos básicos das bibliotecas React¹ e React 360². Tais recursos envolveram painéis e botões de RV. Diante dessa perspectiva, é seguro afirmar que a tecnologia em questão oferece atributos e funções que atendem a construção de um ambiente direcionado para a virtualização de espaços e exposições museais.

De forma abrangente, foi construído o protótipo de ambiente virtualizado, apresentando a versatilidade de ser direcionado e personalizado de acordo com as demandas específicas de uma instituição museal, como é o caso do MuArq. Em suma, esse desenvolvimento empírico robustece a demonstração do potencial da RV no âmbito do contexto abordado nesta pesquisa.

3.3 Modelagem funcional

Com a realização da etapa de elicitação de requisitos foi iniciada a etapa de modelagem funcional, enfatizando a elaboração do diagrama de casos do uso do *software* desenvolvido. Essa fase desempenhou um papel central na pesquisa, uma que ela fundamentou a representação visual e abstrata dos principais elementos do *software*, conforme pode ser verificado no Apêndice C.

Nessa circunstância, a elaboração do diagrama de casos de uso emergiu como uma ferramenta essencial para capturar as interações entre atores e funcionalidades, proporcionando uma visão panorâmica das principais atividades do sistema e o papel dos atores envolvidos. Logo, a elaboração do diagrama de casos de uso alinhou-se às boas práticas de engenharia de requisitos, conferindo solidez e tangibilidade à fase inicial do projeto.

3.4 Modelagem estrutural

Avançando nas etapas de Engenharia de Software, a exploração da modelagem estrutural assume um papel central, delineando a base conceitual e organizacional do *software* em questão. Essa etapa é fundamentada na elaboração do diagrama de classes, uma representação visual que captura a estrutura estática do sistema, identificando suas entidades, seus atributos e suas relações interdependentes.

¹React é uma biblioteca JavaScript utilizada para a construção de interfaces de usuário interativas e eficientes que foi desenvolvida pelo Facebook. Ela revolucionou a forma como as aplicações *web* eram desenvolvidas, introduzindo conceitos como componentização e gerenciamento eficiente de estado React (2023).

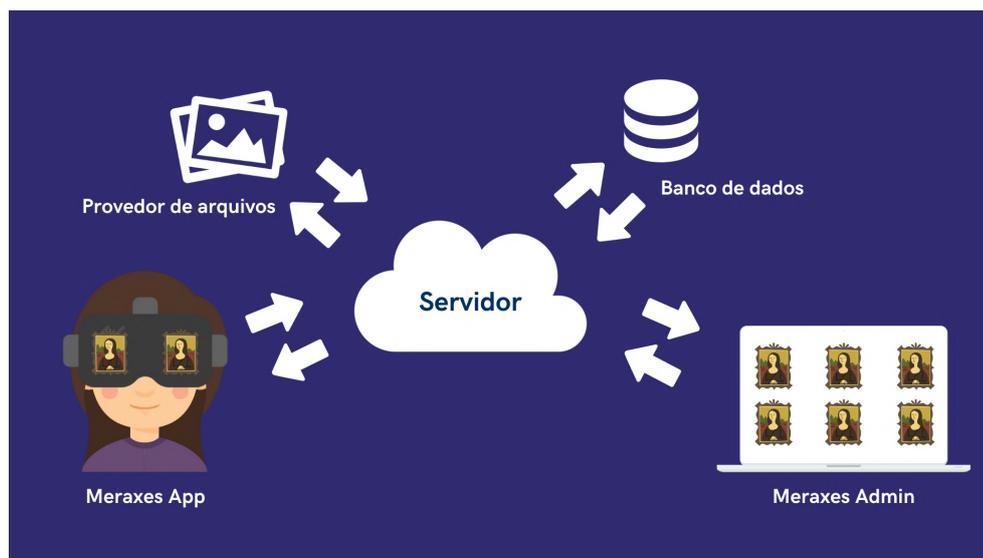
²React 360 é uma extensão do React que visa levar a experiência de desenvolvimento do React para a RV e realidade aumentada RA. Ele permite a criação de ambientes interativos em 3D que podem ser acessados por meio de dispositivos de realidade virtual, como headsets, ou até mesmo em navegadores compatíveis Facebook (2023).

Por meio do diagrama de classes, é possível visualizar a arquitetura subjacente do *software*, revelando as interações entre as diversas partes componentes e permitindo uma análise detalhada da organização hierárquica das classes, conforme pode ser consultado no Apêndice D. Além disso, a elaboração do diagrama de classes demandou uma abordagem criteriosa, na qual se definiram as associações entre as classes.

3.5 Definição da arquitetura do software

A definição da arquitetura do *software* revelou-se como um ponto importante na estruturação metodológica da presente pesquisa, constituindo uma base sólida para guiar o desenvolvimento do *software* proposto. Partindo dessa premissa e considerando as necessidades levantadas anteriormente, foi elaborada a arquitetura do sistema desenvolvido, conforme pode ser observado na Figura 3.3.

Figura 3.3: Arquitetura do software proposto



Fonte: Elaborada pelo autor.

De forma genérica, a arquitetura do *software* se configura como um projeto que engloba o virtualizador de RV chamado Meraxes. Essa aplicação desempenha a função essencial de apresentar o ambiente virtual da exposição museal, permitindo ao usuário explorar o acervo daquele ambiente por meio do modo RV, acessível mediante à integração de um *smartphone* e um óculos de RV. Além disso, o virtualizador também viabiliza a reprodução de um áudio guia da exposição, cujo potencial é maximizado quando utilizado em conjunto com um fone de ouvido.

Em termos técnicos, a implementação desse virtualizador foi realizada por meio da biblioteca A-Frame, reconhecida pelo suporte à RV. Adicionalmente,

optou-se pela adoção conjunta do framework VueJS e da plataforma Vite, uma combinação que viabilizou a criação de uma interface de usuário amigável e intuitiva, especialmente direcionada para o público-alvo do presente trabalho.

Outro componente essencial da arquitetura é a aplicação backoffice do projeto chamada Meraxes Admin. Essa aplicação, por sua vez, desempenha um papel fundamental ao possibilitar a personalização dos ambientes de RV, que são carregados e apresentados no virtualizador. Por meio dela, torna-se viável a inclusão de imagens 360 e áudios, além da configuração meticulosa de ambientes virtuais a partir dessas imagens e áudios, permitindo a criação de ambientes de RV imersivos.

Do ponto de vista técnico, a implementação da aplicação backoffice foi realizada utilizando o CMS Strapi. A escolha desse recurso tecnológico viabilizou a construção de uma interface de usuário dedicada à personalização dos ambientes de RV de maneira descomplicada e intuitiva. Tal escolha estratégica não apenas simplifica a configuração dos ambientes virtuais, mas também no acesso, agregando valor à eficiência do projeto como um todo.

Um componente central da arquitetura de *software* elaborada é o servidor *web*. Esse componente é responsável pelo gerenciamento das informações processadas tanto no visualizador quanto no sistema gerenciador. Ademais, o servidor desempenha um papel fundamental ao manter a conexão e gerenciamento dos dados presentes no banco de dados com PostgreSQL. Destaca-se também sua conexão com o serviço de gerenciamento de mídias Cloudinary, realçando ainda mais sua posição central nesse panorama arquitetônico. O servidor, portanto, exerce uma função vital na manutenção da integridade e na facilitação do fluxo de informações ao longo de toda a arquitetura proposta.

Sob uma perspectiva técnica, o servidor em questão foi estruturado utilizando NodeJS a partir do Strapi. Essa escolha não apenas fundamenta a base de operações do servidor, mas também fortalece sua capacidade de lidar com solicitações e facilitar a comunicação eficiente entre os diversos componentes do sistema. Nesse sentido, a utilização do NodeJS garante agilidade e a adaptabilidade necessárias para atender às demandas da arquitetura proposta.

Na estruturação da arquitetura do *software*, destaca-se a presença fundamental do banco de dados PostgreSQL. Escolhido devido à sua reputação de confiabilidade e robustez, o PostgreSQL desempenha um papel no armazenamento e gerenciamento das informações críticas do sistema. A presença do PostgreSQL na arquitetura reforça a ênfase na integridade dos dados, promovendo a coesão entre os diferentes componentes do *software*.

Integrado de maneira estratégica na arquitetura do *software*, o Cloudinary desempenha um papel crucial na manipulação e entrega eficiente de recursos visuais. Mediante dessa solução, as imagens e mídias utilizadas na plataforma

são armazenadas de forma centralizada, otimizadas para uma variedade de dispositivos e acessíveis por meio de uma Uniform Resource Locator (URL) segura. Sua integração harmoniosa na arquitetura viabiliza a exibição fluida e imersiva das mídias, complementando a proposta do *software* e enriquecendo a interação dos usuários com os ambientes virtuais.

Concluindo esta seção, dedicada à arquitetura de *software*, fica evidente que a estrutura proposta é o resultado de um cuidadoso planejamento e seleção criteriosa de componentes. A interligação harmoniosa entre o virtualizador, o servidor *web*, o banco de dados com PostgreSQL e o serviço de gerenciamento de mídias Cloudinary formam um ecossistema coeso e dinâmico. A arquitetura não apenas suporta a realização das funcionalidades pretendidas, como promove um alicerce sólido para a implementação bem-sucedida do *software*.

3.6 Preparação das imagens 360

Nesta seção, é detalhado o processo de preparação das imagens 360 com o auxílio do *software* Hugin, um recurso essencial na metodologia empregada. A etapa de preparação das imagens desempenha um papel fundamental na criação de ambientes imersivos de RV, permitindo que os usuários explorem espaços virtuais com uma perspectiva completa de 360 graus.

Partindo dessa premissa, foi realizada uma visita presencial nas instalações do MuArq na cidade de Campo Grande em Setembro de 2022. Durante essa ocasião, uma reunião foi conduzida com a equipe do museu, visando a discussão dos objetivos desta pesquisa, bem como a exploração dos diversos ambientes e acervos pertencentes à instituição. Esse encontro permitiu a obtenção de informações cruciais para direcionar o desenvolvimento da plataforma, garantindo que a criação do *software* estivesse alinhada às necessidades e à realidade do museu.

Após a conclusão da reunião, as áreas da principal exposição do museu foram fotografadas, visando a criação das imagens 360 do ambiente. Durante esse estágio, uma série de fotografias foi capturada, abrangendo todos os ângulos possíveis por meio de um *smartphone*. Essa abordagem permitiu a obtenção de uma visão abrangente e detalhada das seções de povos caçadores-coletores pré-históricos e de povos agricultores ceramistas pré-coloniais, que são os dos grandes grupos da exposição principal. Esse passo foi essencial para a posterior produção de ambientes virtuais imersivos e autênticos.

Na sequência, as fotografias capturadas foram importadas no *software* Hugin, onde as imagens foram alinhadas e sobrepostas de maneira a criar uma imagem panorâmica unificada. O *software* em questão também permitiu o

ajuste fino de parâmetros como distância focal, ponto de vista e correção de distorções, resultando em imagens 360 coesas e realistas sobre o acervo da exposição museau.

O *software* Hugin, reconhecido por sua eficácia na criação e montagem de imagens panorâmicas, foi selecionado devido à sua capacidade de unir fotografias individuais em uma única imagem panorâmica. Esse *software* oferece uma gama de recursos que facilitam a captura de imagens de alta qualidade, corrigindo distorções, ajustando a exposição e realizando a sobreposição das fotos.

Após a criação das imagens panorâmicas, foi realizada a otimização delas para uso no ambiente virtualizado. Isso envolve a redução de resolução e tamanho para garantir tempos de carregamento eficientes, bem como a configuração adequada de metadados para permitir uma exibição correta no *software* de visualização. Após a otimização as imagens foram exportadas do *software* para o formato JPG.

Com a preparação e exportação das imagens panorâmicas, procedeu-se a um ajuste final individualizado para cada uma delas. Utilizando a ferramenta de edição de imagens GIMP, aplicou-se um preenchimento sólido na cor preta às áreas da imagem que não puderam ser preenchidas no espaço 360.

Com a imagem panorâmica preparada e exportada, foi necessário realizar um ajuste final em cada uma delas. Com o auxílio do *software* livre GIMP, foi realizado um preenchimento sólido na cor preta para as áreas que não puderam ser capturadas pelo *smartphone* em um espaço 360. Esse refinamento assegurou uma coesão visual consistente e a eliminação de quaisquer distrações visuais, contribuindo para a imersão ininterrupta dos usuários ao explorar os ambientes virtuais.

Tendo em vista todos esses passos, as imagens ficaram prontas para integração ao sistema, estando disponível para ser incorporada aos ambientes virtuais e oferecer uma experiência imersiva aos usuários. Em suma, por meio desta etapa, as imagens capturadas ganharam vida, tornando-se parte integrante de ambientes virtuais que proporcionam uma imersão para o público-alvo do MuArq.

3.7 Implementação do software

A etapa de desenvolvimento e implementação constitui um ponto crucial no processo de construção do *software* proposto, uma vez que os conceitos e as ideias previamente delineados se transformam em código funcional e interativo. Nesta fase, foi realizada a tradução das especificações e os requisitos em uma realidade tangível, utilizando abordagens ágeis para assegurar a fle-

xibilidade e a adaptabilidade ao longo do processo.

O desenvolvimento ocorreu com iterações regulares que agregavam novas funcionalidades e refinamentos à plataforma. A colaboração entre práticas programação, de design e de experiência do usuário foi essencial para garantir que as implementações atendessem tanto aos aspectos técnicos quanto às expectativas dos usuários finais.

A implementação foi conduzida utilizando tecnologias específicas previamente escolhidas e alinhadas com a arquitetura apresentada anteriormente. O virtualizador, por sua vez, foi construído com base na biblioteca A-Frame, permitindo a criação de ambientes virtuais interativos e imersivos, em conjunto com o framework VueJS e Vite. Já a aplicação backoffice utilizou o CMS Strapi para facilitar a personalização dos ambientes de RV, proporcionando uma interface intuitiva para a equipe do museu.

A abordagem de testes também desempenhou um papel significativo nessa fase. Cada nova funcionalidade e componente passou por testes de integridade e usabilidade, assegurando que o *software* funcionasse de maneira eficaz em diferentes dispositivos e navegadores para garantir uma experiência consistente para todos os usuários.

No geral, a fase de implementação se destacou como um processo dinâmico, permeado por ajustes iterativos e refinamentos contínuos. A abordagem ágil adotada permitiu que a plataforma evoluísse de acordo com as necessidades identificadas, enquanto a dedicação à qualidade técnica e à experiência do usuário resultou em um *software* que atinge os objetivos propostos, conforme é descrito com mais profundidade no Capítulo 4.

3.8 Disponibilização do software

Pensando em transparência, compartilhamento e colaboração, o código-fonte completo do *software* desenvolvido foi disponibilizado publicamente na plataforma GitHub³. Essa iniciativa permite que outros desenvolvedores, pesquisadores e entusiastas tenham acesso ao código para contribuir com melhorias e desenvolvimentos adicionais e explorar as funcionalidades criadas. Essa abertura também reflete o compromisso de fomentar o avanço tecnológico por meio da colaboração e da disseminação do conhecimento, contribuindo para a comunidade em geral e promovendo a evolução constante da plataforma.

³<https://github.com/orgs/meraxes-application/repositories>

3.9 Considerações finais

Neste capítulo, evidencia-se que a abordagem adotada se mostrou coerente na criação de uma plataforma de Realidade Virtual voltada para a experiência museal. O processo de elicitação de requisitos, junto às modelagens funcionais e estruturais e à escolha criteriosa de tecnologias, estabeleceu as bases para a materialização da arquitetura proposta. A colaboração contínua com a equipe do museu, desde as fases iniciais, garantiu que o *software* se alinhasse integralmente com as necessidades do MuArq.

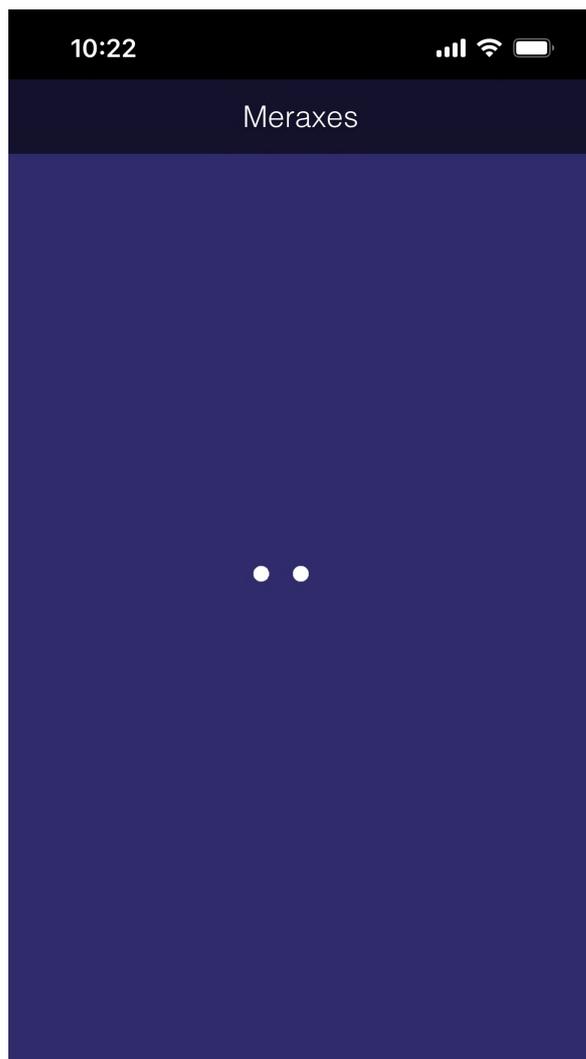
Resultados e Discussões

Este capítulo descreve os resultados do processo de desenvolvimento e implementação do *software* proposto. Na Seção 4.1 apresentam-se as interfaces relacionadas ao visualizador de Realidade Virtual da plataforma, descrevendo cada uma das funcionalidades da aplicação. A Seção 4.2 discorre sobre as interfaces referentes ao sistema gerenciador de conteúdos da plataforma, expondo a engenhosidade por trás da organização, atualização e personalização dos elementos que compõem a realidade digital. Também são mencionadas algumas conquistas do trabalho, entre elas: a publicação de um artigo científico (Seção 4.3) e o registro do *software* desenvolvido (Seção 4.4). Ao final, na Seção 4.5 são realizadas as considerações finais deste capítulo.

4.1 Virtualizador

Ao acessar o virtualizador por um navegador *web*, o usuário é prontamente recebido pela interface de carregamento, cuja exibição se dá de forma automática, conforme pode ser observado na Figura 4.1. Uma vez que o *software* efetua a solicitação ao servidor para obter os elementos de áudio e a imagem em 360 graus destinada à apresentação, o sistema orquestra o redirecionamento fluido do usuário para o seu destino no ambiente virtual.

Figura 4.1: Página de carregamento do virtualizador

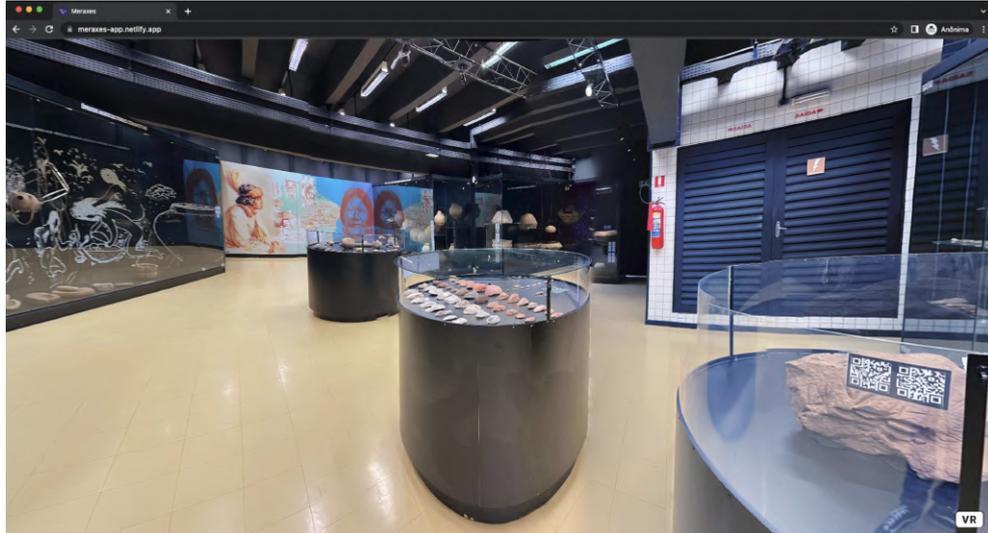


Fonte: Elaborada pelo autor.

Uma vez direcionado para o ambiente virtual, o usuário encontra-se envolto por um cenário de 360 graus, conforme pode ser observado na Figura 4.2 e na Figura 4.3. Nesse cenário, o usuário é convidado a explorá-lo em sintonia com a orientação e movimentos do dispositivo, caso acesse por meio de um *smartphone*. Alternativamente, ao ser acessado por um dispositivo desktop, a exploração é viabilizada pela manipulação do cursor do mouse.

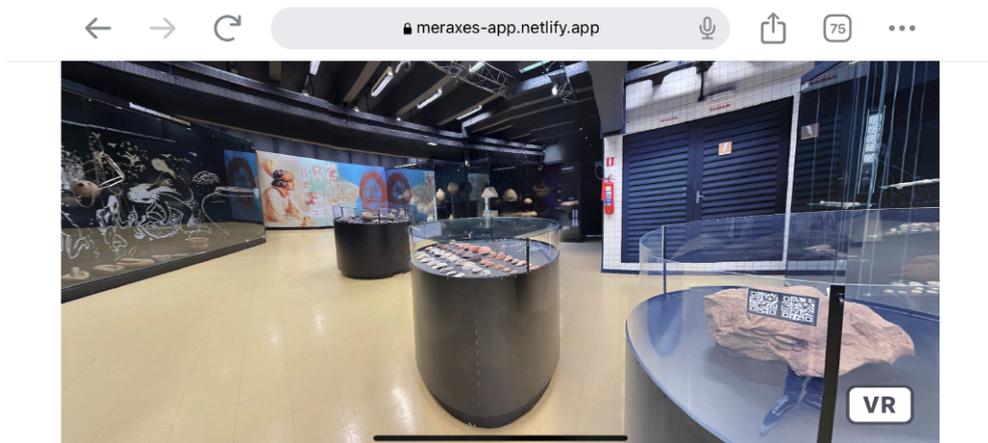
Com o objetivo de otimizar a exploração dos recursos de RV oferecidos pela plataforma, o usuário tem a oportunidade de ativar o modo VR por meio do botão localizado no canto inferior direito da tela. Ao acionar este botão utilizando um dispositivo móvel, o navegador é instantaneamente comutado para o modo VR, desencadeando uma experiência imersiva, conforme a Figura 4.4.

Figura 4.2: Página de apresentação do ambiente virtual - web



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 4.3: Página de apresentação do ambiente - mobile



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 4.4: Modo VR do ambiente

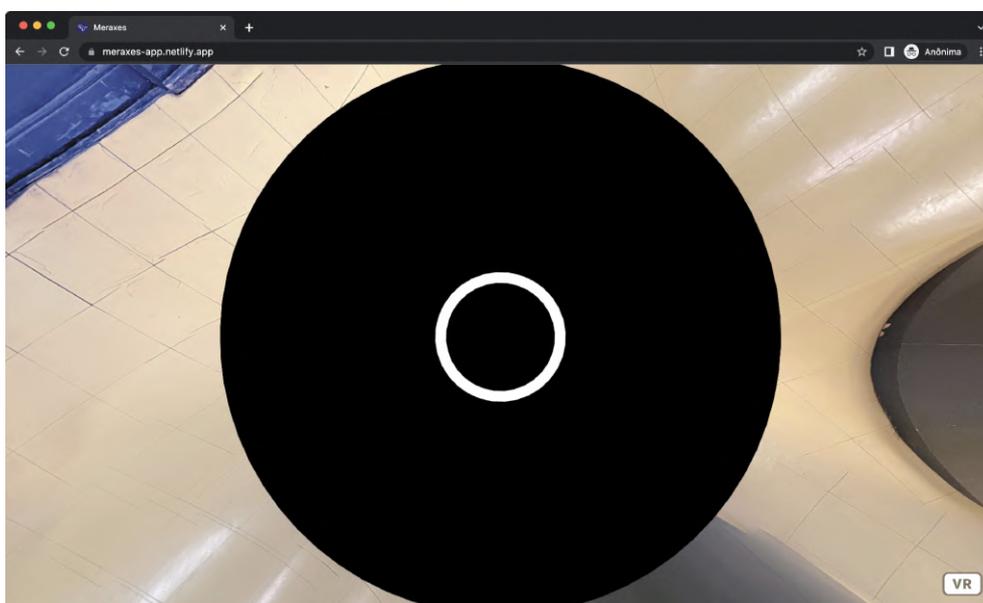


Fonte: Elaborada pelo autor.

De forma complementar, um áudio guia da exposição é ativado, prestando-se a fornecer informações elucidativas sobre o acervo, com a finalidade de enriquecer a compreensão do usuário sobre o contexto em questão. Cumpre enfatizar que o modo VR do *software* é melhor aproveitado por intermédio de um óculos de RV.

Outro recurso interessante é um cursor de posicionamento materializado no *software* por meio de uma circunferência branca. Esse cursor encontra-se posicionado na porção mais inferior do virtualizador e é responsável por indicar a localização do usuário no contexto do espaço virtual, conforme pode ser observado na Figura 4.5.

Figura 4.5: Cursor de posicionamento no ambiente virtual



Fonte: Elaborada pelo autor.

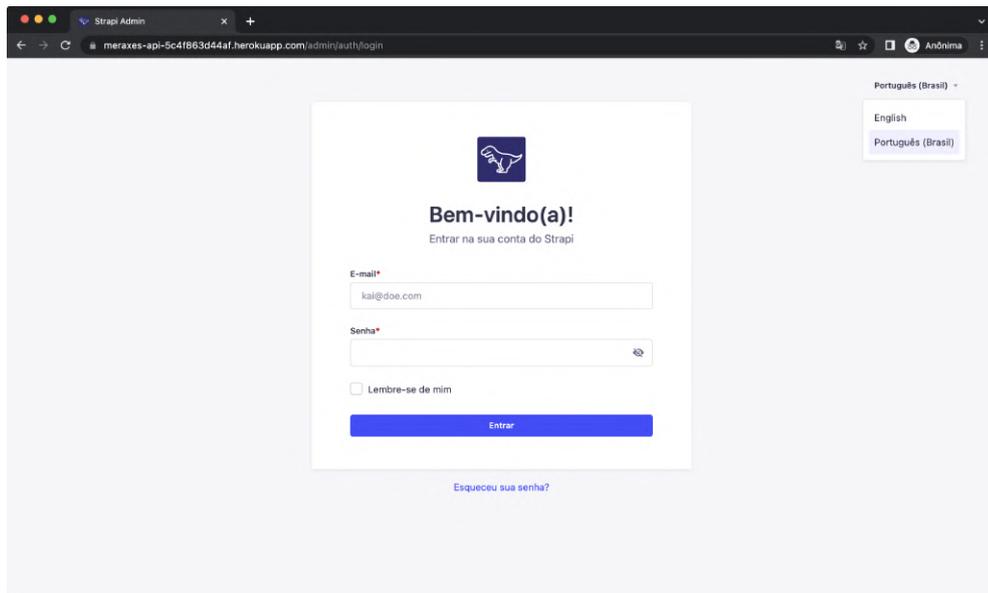
Diante do exposto, foram apresentadas todas as interfaces relacionadas ao projeto do virtualizador, apontando as funcionalidades existentes, assim como as possibilidades que o ambiente oferece em relação à exploração por parte do público-alvo.

4.2 Sistema gerenciador

Em relação ao sistema gerenciador, o ponto de partida para o usuário é a interface de autenticação. Nessa interface, são disponibilizados campos destinados ao preenchimento do e-mail e senha, os quais servem como as credenciais de acesso ao sistema, conforme pode ser observado na Figura 4.6. Além disso, na porção superior direita dessa mesma seção, é possível selecionar o idioma preferido da plataforma. Para esta instância, as opções contemplam o Inglês ou o Português (Brasil), proporcionando uma experiência personalizada

e acessível em ambas as línguas.

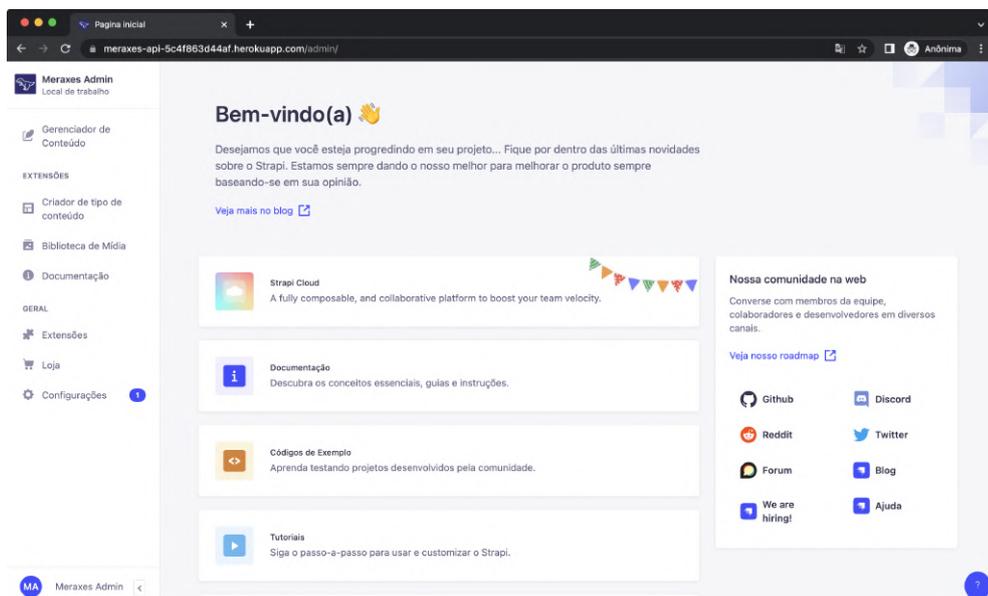
Figura 4.6: Página de autenticação do usuário



Fonte: Elaborada pelo autor.

Quando o usuário efetua o acesso ao sistema utilizando credenciais válidas, é prontamente encaminhado para uma página de boas-vindas, conforme evidenciado na Figura 4.7. Nessa interface de recepção, uma mensagem de saudação aguarda, acompanhada de uma série de links relacionados à comunidade do CMS Strapi. Adicionalmente, a página concede acesso a um menu lateral que concede a possibilidade de navegar pelas diversas funcionalidades disponíveis no sistema, proporcionando uma experiência de navegação fluida.

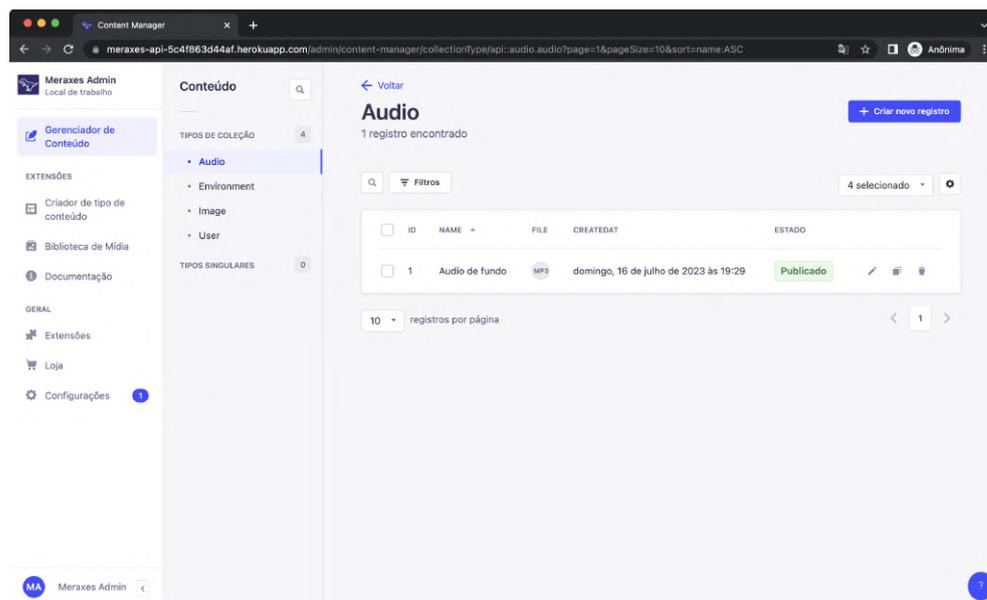
Figura 4.7: Página de boas-vindas do sistema gerenciador



Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao acessar a seção “Gerenciador de Conteúdo”, o usuário é conduzido para uma interface que possibilita o gerenciamento das coleções existentes no *software*. A Figura 4.8 apresenta o cenário de administração da coleção de áudios, proporcionando a visualização da lista de áudios registrados no sistema, bem como realizar o cadastro de novos áudios e até mesmo editar ou excluir um áudio existente na plataforma. Este ambiente oferece ao usuário a liberdade de configurar e exibir um conteúdo que é personalizado.

Figura 4.8: Página de gerenciamento de conteúdo - áudio

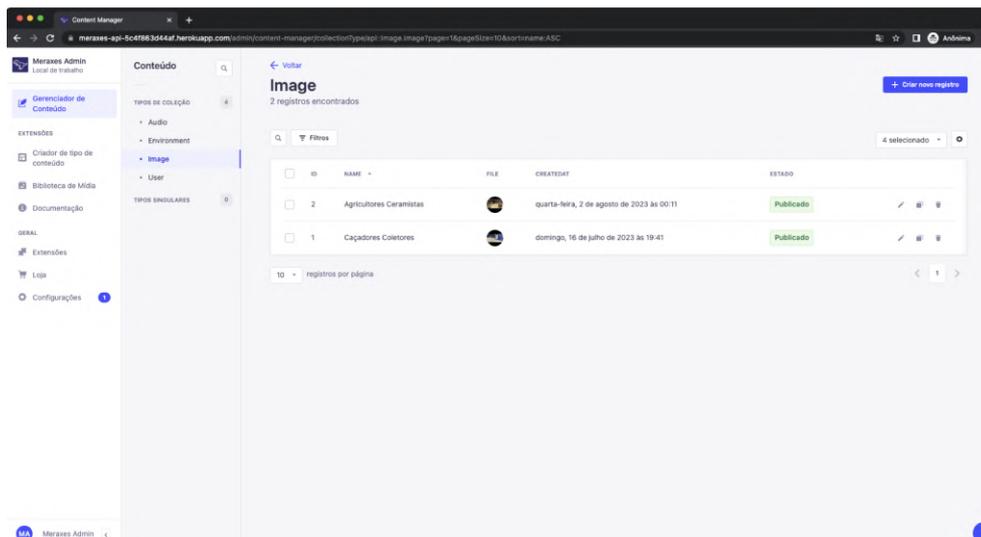


Fonte: Elaborada pelo autor.

Adentrando a área de gerenciamento de imagem, conforme a Figura 4.9, as mesmas ações descritas anteriormente também são permitidas. Na visualização da lista de imagens, pode-se observar o identificador único da imagem no banco de dados e o nome que foi dado para a imagem. Também é possível visualizar uma miniatura da imagem carregada, bem como a data de criação desse registro no banco de dados do *software*.

A coleção do ambiente, por sua vez, é responsável por relacionar a imagem e o áudio que são apresentados no visualizador, conforme pode ser observado na Figura 4.10. Nessa área, é exibida uma lista de ambientes contendo o identificador único do ambiente no banco de dados, assim como o nome da imagem e do áudio que são apresentados no visualizador e até mesmo o nome para identificar o ambiente cadastrado.

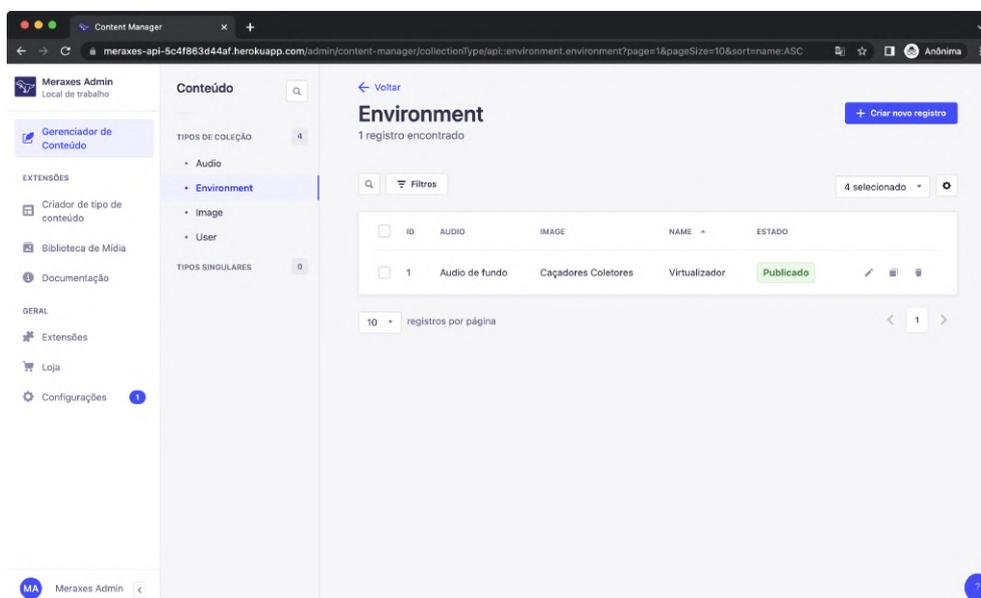
Figura 4.9: Página de gerenciamento de conteúdo - imagem



Fonte: Elaborada pelo autor.

A interface em questão também permite que os ambientes sejam modificados e até mesmo apagados da base de dados. O cadastro de novos ambientes é realizado por meio do botão “Criar novo registro”.

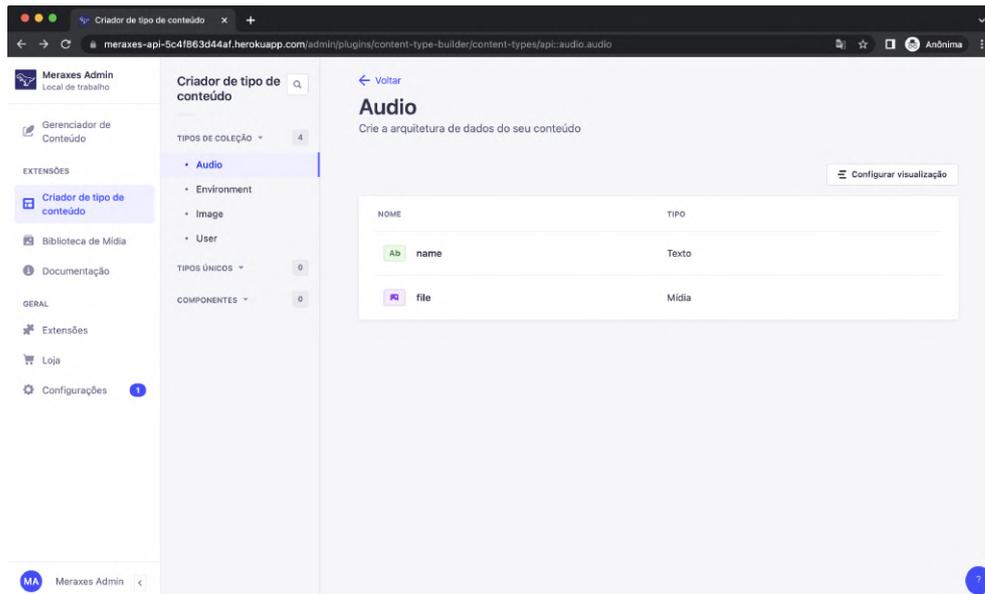
Figura 4.10: Página de gerenciamento de conteúdo - ambiente



Fonte: Elaborada pelo autor.

Avançando para a seção “Criador de tipo de conteúdo”, o usuário é conduzido para um ambiente relacionado aos atributos das coleções apresentadas anteriormente. Nessa área, torna-se possível configurar a visualização dos campos persistidos em banco de dados para as coleções do *software*. A Figura 4.11 apresenta a relação de atributos da coleção de áudio.

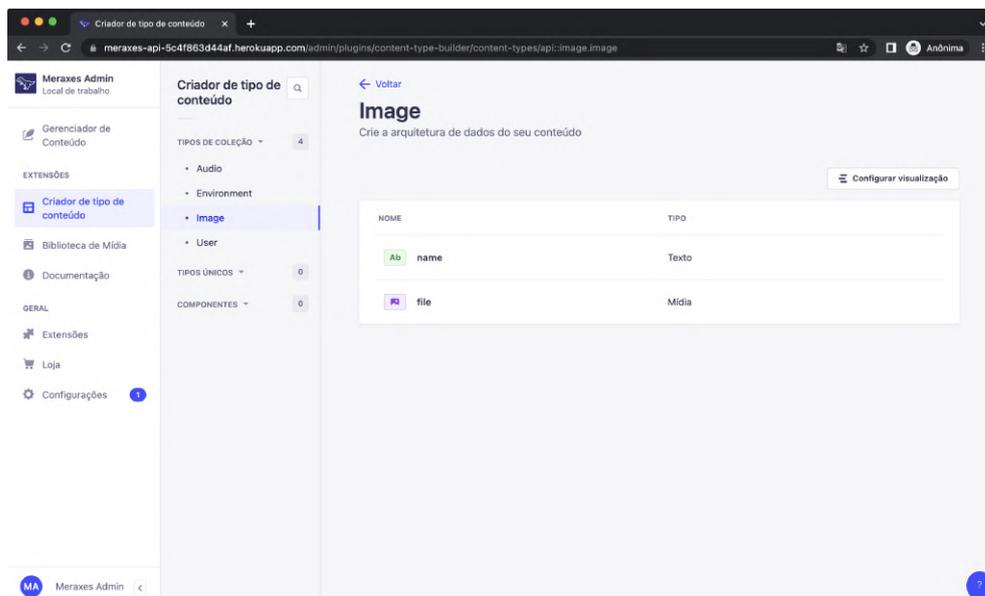
Figura 4.11: Página de criação de tipo de conteúdo - áudio



Fonte: Elaborada pelo autor.

Na sequência, a Figura 4.12 apresenta ao usuário os atributos relacionados à coleção de imagem. Nessa área também é permitido configurar a visualização dos campos persistidos em banco de dados. Observa-se, portanto, que as coleções de imagens possuem um atributo de nome e um atributo para armazenamento do arquivo.

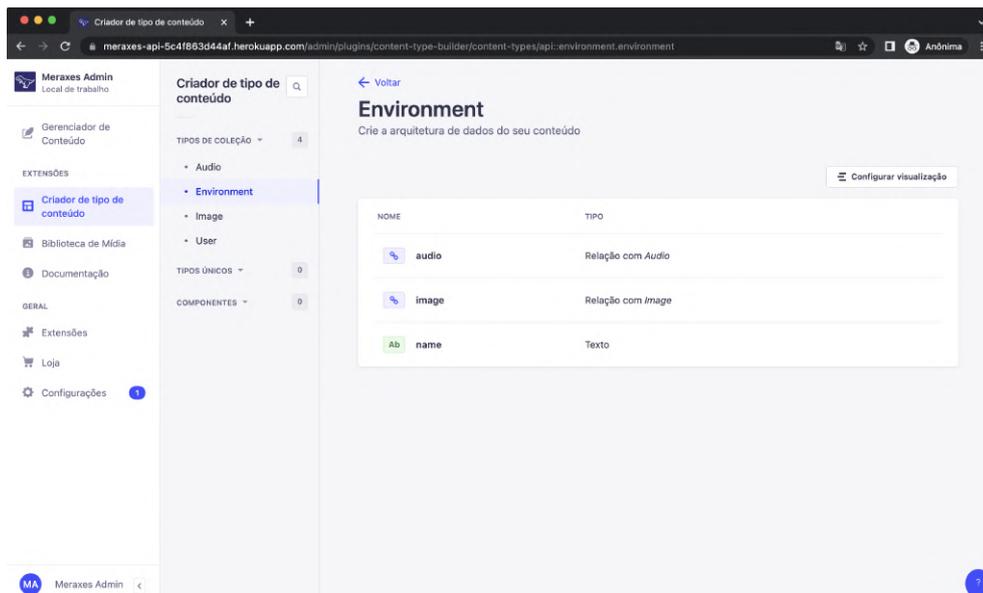
Figura 4.12: Página de criação de tipo de conteúdo - imagem



Fonte: Elaborada pelo autor.

Os mesmos comportamentos são apresentados na Figura 4.13. Esta figura evidencia a exposição dos atributos interligados ao ambiente virtual, que por sua vez é manifestado no virtualizador de RV do *software* em pauta.

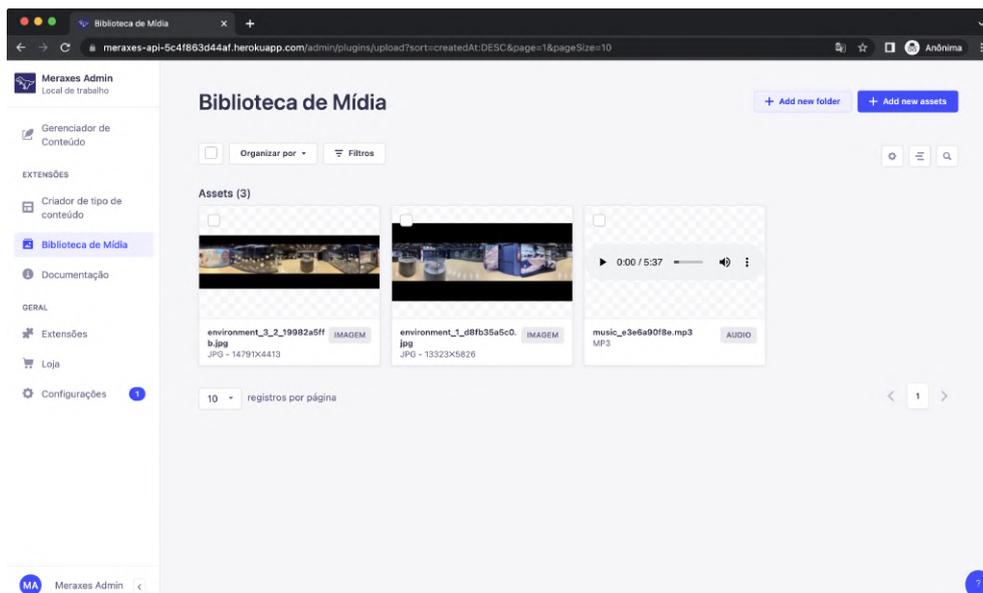
Figura 4.13: Página de criação de tipo de conteúdo - ambiente



Fonte: Elaborada pelo autor.

Acessando a seção designada como “Biblioteca de Mídia”, conforme apresentado na Figura 4.14, o usuário é conduzido para uma área que contém a relação de arquivos de mídia registrados no *software*. Tais arquivos podem variar entre áudio e imagem. Vale ressaltar que essa área estabelece uma conexão direta com o provedor de serviços de arquivos Cloudinary, ampliando assim a eficiência e a acessibilidade na administração dos recursos multimídia. Na interface, novos arquivos também podem ser adicionados.

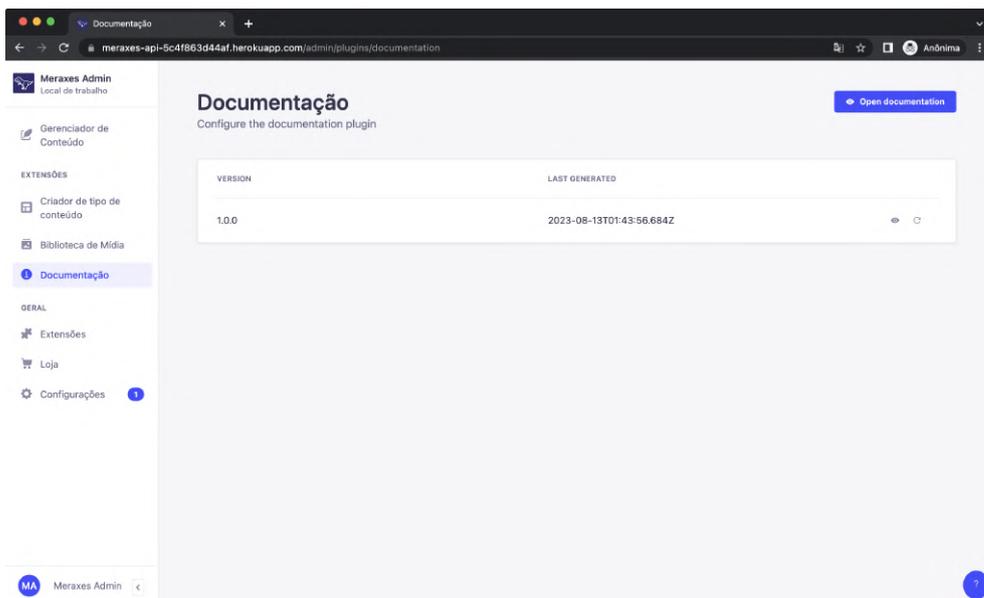
Figura 4.14: Página da biblioteca de mídias



Fonte: Elaborada pelo autor.

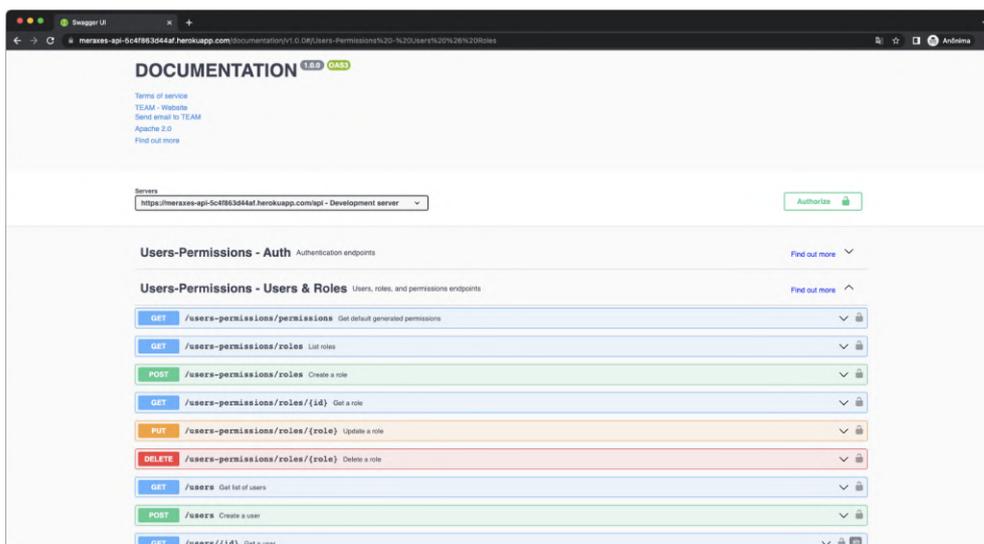
Ao adentrar a seção chamada “Documentação”, o usuário é imediatamente conduzido a um espaço dedicado à exploração da documentação de rotas do servidor *web* da aplicação, conforme apresentado na Figura 4.15. Este ambiente proporciona uma plataforma essencial para a consulta detalhada das rotas, permitindo aos usuários adquirir um entendimento profundo sobre a estrutura e o funcionamento interno da aplicação, conforme a Figura 4.16.

Figura 4.15: Página de acesso à documentação



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 4.16: Página de documentação de rotas do software

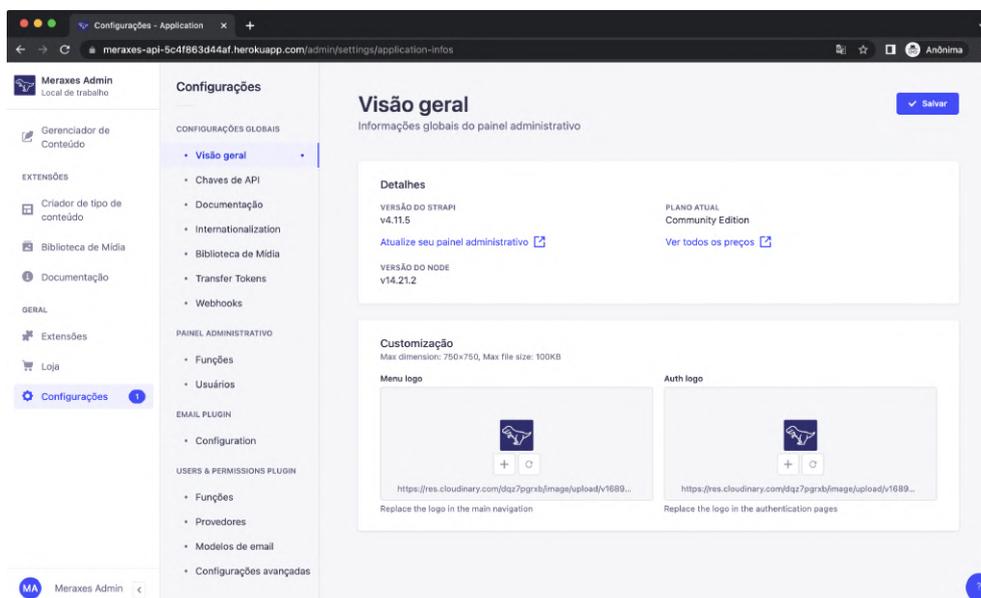


Fonte: Elaborada pelo autor.

Ingressando na seção “Configurações” do *software*, o usuário é conduzido para a área de visão geral, conforme pode ser observado na Figura 4.17. Neste espaço, são disponibilizadas as prerrogativas para personalização das logo-

marcas que permeiam tanto o menu do painel administrativo quanto a tela de autenticação da plataforma.

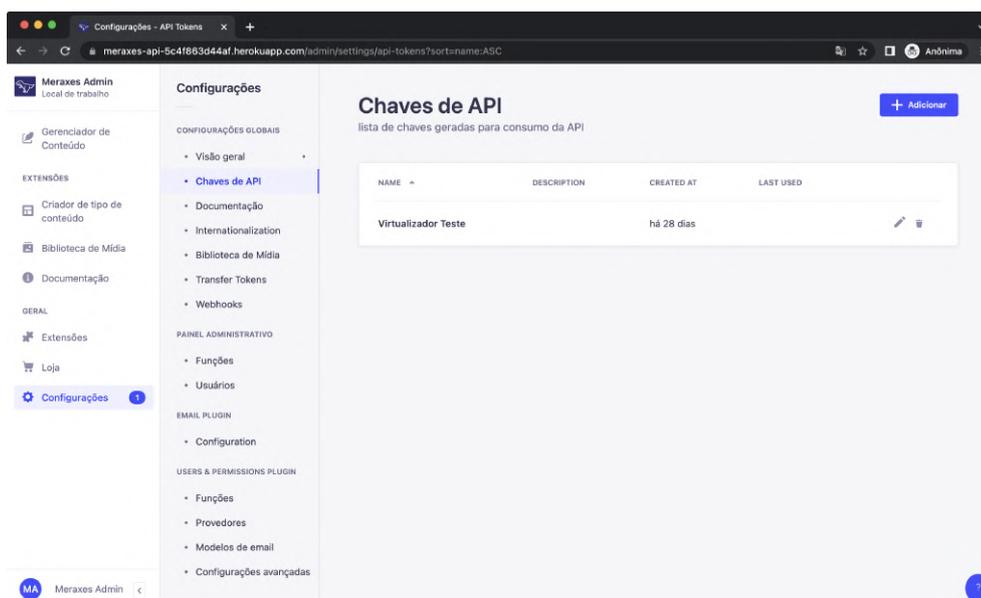
Figura 4.17: Página de configurações - visão geral



Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao navegar para a área “Chaves de API”, o usuário tem a possibilidade de cadastrar e visualizar a lista de chaves geradas para consumo da API, conforme a Figura 4.18.

Figura 4.18: Página de configurações - chaves de API



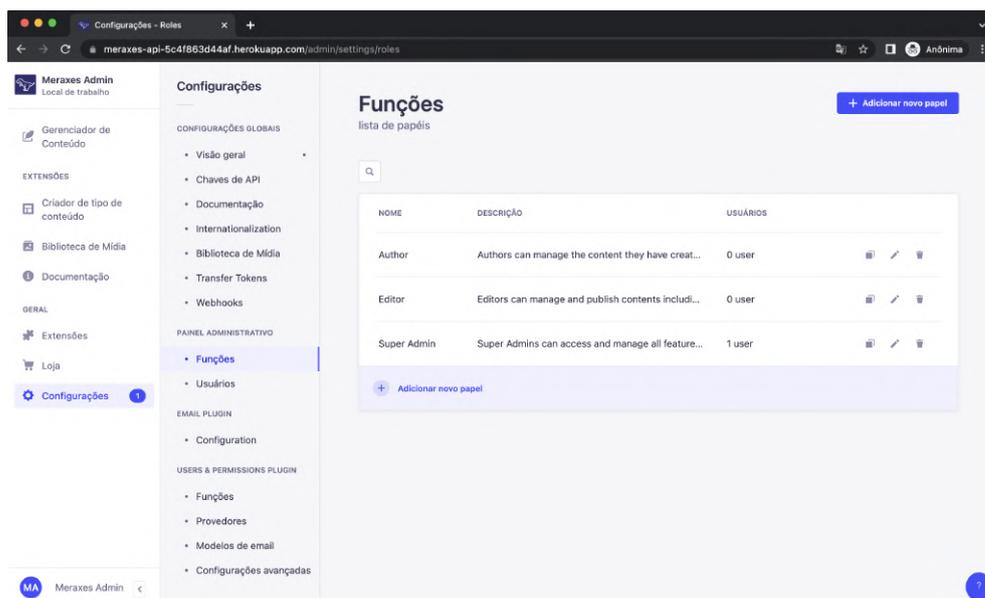
Fonte: Elaborada pelo autor.

Essa chave concede ao virtualizador a liberdade de se conectar o banco de dados da aplicação e acesssar os arquivos de imagem e áudio que são

apresentados. De fato, essa área é a engrenagem que possibilita a conexão harmoniosa entre o visualizador e o conteúdo audiovisual do *software*.

Explorando a área de funções, o usuário pode visualizar a lista de papéis de usuário que existem no sistema gerenciador, conforme pode ser observado na Figura 4.19. Estas funções englobam o conjunto de privilégios e acessos que são conferidos a cada usuário no âmbito do sistema, orquestrando assim a estrutura que determina os limites e as capacidades de interação de cada perfil no sistema gerenciador.

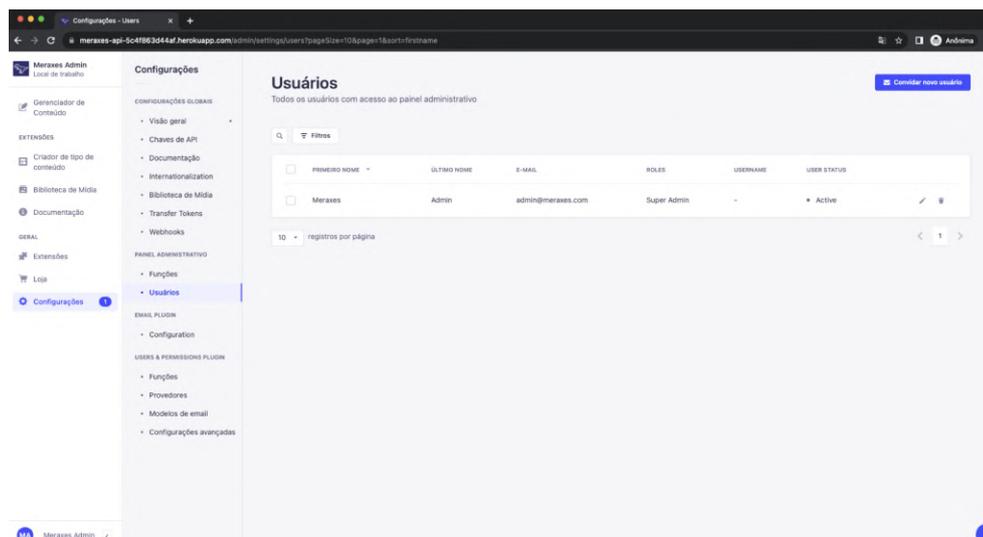
Figura 4.19: Página de configurações - funções



Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao desbravar a área de usuários, uma lista com todos os usuários com acesso ao painel administrativo, conforme a Figura 4.20. Nessa área, é possível convidar novos usuários para ingressar no sistema gerenciador, além da competência para administrar aqueles já estabelecidos, com a prerrogativa de realizar modificações ou, caso necessário, efetuar remoções. Este ambiente é fundamental para o controle e a manutenção da equipe que conduz a administração do sistema, garantindo um fluxo eficaz de colaboração.

Figura 4.20: Página de configurações - usuários



Fonte: Elaborada pelo autor.

Diante do exposto, foram apresentadas todas as interfaces relacionadas ao fluxo principal do projeto do sistema gerenciador, apontando as principais funcionalidades existentes, assim como as possibilidades que o *software* oferece em relação ao gerenciamento de conteúdos do ambiente virtual.

Informações mais detalhadas sobre o fluxo principal das funcionalidades tanto do sistema gerenciador quanto do virtualizador, podem ser consultadas no manual do usuário elaborado no Apêndice E. Esse documento pode fornecer orientações passo a passo, esclarecendo os procedimentos para utilizar as funcionalidades oferecidas por ambos os sistemas.

4.3 Publicação de artigo científico

No que se refere à Revisão Sistemática (RS) conduzida no presente trabalho, vale destacar que um artigo sobre essa revisão foi publicado na Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação (RISTI), conforme pode ser consultado no Anexo A. A revista em questão é um periódico científico eletrônico voltado para a investigação e a aplicação prática inovadora no domínio dos sistemas e tecnologias de informação.

Esta publicação é um marco significativo, proporcionando um meio de disseminação e compartilhamento dos resultados e avanços obtidos no desenvolvimento do *software* apresentado. A oportunidade de publicação na revista enriquece o escopo do projeto ao contribuir para a comunidade acadêmica e profissional, fomentando discussões e promovendo a adoção de tecnologias inovadoras na área de RV.

4.4 Registro de software

É importante ressaltar que o *software* em questão recebeu o devido registro junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), atestando o compromisso com a proteção legal da propriedade intelectual, conforme pode ser consultado no Anexo B. A licença adotada para este *software* é a General Public License (GNU), uma escolha deliberada que reflete o compromisso com a filosofia de código aberto e compartilhamento de conhecimento.

Por meio dessa licença, o *software* é disponibilizado de forma acessível e aberta, permitindo que outros possam utilizar, modificar e distribuir o *software* dentro dos parâmetros estabelecidos pela GNU. Essa abordagem enfatiza a colaboração, a transparência e a capacidade de desenvolvimento coletivo, reforçando o alinhamento com os princípios da comunidade de código aberto.

4.5 Considerações finais

Neste capítulo foram apresentados de forma detalhada os resultados obtidos para alcançar os objetivos do presente trabalho de mestrado. De maneira geral, foi apresentada uma síntese dos esforços empreendidos ao longo desta jornada de pesquisa e desenvolvimento, dando lugar aos resultados que atestam a materialização das ideias dos objetivos traçados.

Os resultados encontrados são apenas uma parte da narrativa. Eles evidenciam o progresso significativo, mas também apontam para as oportunidades de melhoria contínua e a evolução constante do *software*. Os resultados discutidos neste capítulo não marcam o fim, mas sim um início para novas explorações, aprimoramentos e inovações futuras.

Conclusão

Pensando no desfecho desta dissertação, emerge um panorama vívido das conquistas, descobertas e implicações que foram meticulosamente exploradas ao longo desta jornada de pesquisa. Este capítulo de conclusão encerra um ciclo de exploração intelectual, consolidando os frutos colhidos e delineando as trajetórias que se desdobram a partir deste ponto.

As descobertas não apenas validam que é possível implementar um *software* para visitação virtual de exposições museais, mas também ecoam no cenário mais amplo da área de estudo. Tais descobertas oferecem novas perspectivas de desenvolvimento de RV voltado para *web*, gerando conhecimentos que podem reverberar tanto nas teorias como nas práticas.

Os objetivos específicos delineados para o desenvolvimento do *software* foram atingidos, destacando avanços significativos na oferta de uma experiência virtual rica e envolvente para os usuários do MuArq. Utilizando tecnologias web inovadoras, os ambientes de visitação virtual foram cuidadosamente projetados, proporcionando aos visitantes uma imersão digital que replica fielmente a atmosfera de um museu físico.

A digitalização em 360 graus de um ambiente de visitação do MuArq foi realizada com precisão, permitindo aos usuários explorar detalhes do espaço de maneira panorâmica, proporcionando uma experiência visual realista. Além disso, a integração de recursos de áudio oferece uma experiência sonora que amplia ainda mais a imersão dos usuários nas exposições virtuais.

A personalização dos ambientes virtuais tornou-se uma realidade, permitindo que os usuários do MuArq adaptem suas experiências de acordo com seus interesses individuais. Essa flexibilidade promove uma abordagem mais personalizada, atendendo a uma variedade de gostos e preferências.

A implementação de um sistema eficiente de gerenciamento de conteúdo é outro marco alcançado, proporcionando uma estrutura organizacional robusta para a gestão e atualização contínua de mídias dentro do ambiente virtual. Isso assegura que as exposições e informações permaneçam relevantes, atualizadas e acessíveis aos visitantes virtuais.

A conquista bem-sucedida desses objetivos específicos fortalece a posição do *software* como algo inovador que não apenas virtualiza, mas aprimora a experiência museológica, oferecendo aos usuários uma jornada cultural e educacional sem precedentes.

O desenvolvimento iterativo e ágil permitiu a adaptação constante às demandas, enquanto a integração dos diversos componentes da arquitetura assegurou a coesão e a funcionalidade da plataforma como um todo. A disponibilização do código-fonte no GitHub¹ reforça a abertura e o espírito colaborativo, convidando outros interessados a contribuir e expandirem os horizontes da solução proposta.

Por meio da exploração minuciosa das interfaces construídas, foi possível dar vida ao ambiente, destacando as relações entre a tecnologia e a experiência humana. Cada interação e cada detalhe técnico foram forjados com o intuito de criar uma experiência intuitiva e imersiva para o público-alvo; além de uma experiência de fácil personalização, adaptabilidade e escalabilidade para os curadores do MuArq.

Um ponto importante relativo ao virtualizador é a possibilidade de incorporar áudios no ambiente de RV. Tendo isso em vista, o *software* desenvolvido pode desempenhar um papel significativo na promoção da acessibilidade. Nesse sentido, oferecendo informações sonoras detalhadas sobre o contexto virtual, esses elementos não apenas enriquecem a experiência sensorial, mas também ampliam a inclusão.

No que se refere ao sistema gerenciador, é possível ressaltar que *software* flexibiliza a criação de ambientes virtuais direcionados especificamente para o MuArq. A capacidade de curadoria e personalização conferida aos usuários, aliada à integração fluida com os demais componentes presentes na arquitetura do *software*, amplia as possibilidades de criação, manutenção, customização e exploração.

Também é importante lembrar que o *software* possui registro no INPI, garantindo sua proteção legal. A licença GNU foi escolhida, refletindo o compromisso com o código aberto e compartilhamento de conhecimento. Essa licença possibilita o uso, modificação e distribuição do *software* dentro das diretrizes da GNU, promovendo a colaboração e o desenvolvimento coletivo, alinhando-se aos princípios da comunidade de código aberto.

¹<https://github.com/orgs/meraxes-application/repositories>

5.1 Impactos educacionais e sociais

Do ponto de vista educacional, a missão central deste trabalho de mestrado foi a democratização do acesso à cultura, buscando proporcionar aos usuários a oportunidade de explorar museus sem as limitações impostas por barreiras geográficas e socioeconômicas. Ao remover essas barreiras, o trabalho pode proporcionar a estudantes, educadores e entusiastas da cultura uma plataforma acessível para explorar exposições, obras de arte e patrimônios históricos.

Ainda nesse contexto, em ambientes marcados por restrições geográficas, financeiras ou de mobilidade, o *software* pode emergir como uma solução acessível e conveniente para a exploração de museus e apreciação de obras de arte. Ao transcender as barreiras físicas e sociais, o *software* pode permitir que indivíduos em qualquer parte do mundo mergulhem em experiências culturais valiosas, sem a necessidade de deslocamento.

Outro ponto interessante de destacar diz respeito ao fato de que o *software* desenvolvido pode ser utilizado como uma ferramenta educacional destinada a transformar a abordagem convencional do ensino. Ao proporcionar a capacidade de incorporar visitas virtuais a museus diretamente nos planos de aula, torna-se possível oferecer aos educadores um *software* dinâmico para enriquecer a experiência de aprendizado de seus alunos.

Ao virtualizar ambientes museais por meio de RV, o *software* contribui para a preservação digital do patrimônio cultural. Isso garante que as gerações futuras tenham acesso a uma representação autêntica e duradoura do patrimônio cultural, permitindo-lhes apreciar, estudar e aprender com as riquezas do passado.

A versatilidade do *software* é um dos pilares fundamentais que o torna interessante para uma audiência diversificada. A adaptabilidade do *software*, portanto, não apenas amplia o acesso à cultura, mas também torna a experiência cultural envolvente e relevante para uma variedade de públicos, consolidando sua posição como um *software* inclusivo e multifuncional no panorama da virtualização cultural.

5.2 Limitações

Esta pesquisa também não está isenta de limitações, e a consciência delas é fundamental. As dificuldades e os obstáculos enfrentados serviram para realçar a importância de abordagens rigorosas e inovadoras. Essas limitações apontam caminhos para futuras explorações e incitam à busca de soluções aprofundadas.

Em relação ao virtualizador, existem limitações no que concerne ao aproveitamento pleno do modo VR em dispositivos da plataforma iOS. Este cenário é uma consequência das restrições inerentes à biblioteca A-Frame, utilizada no processo de desenvolvimento do *software*. Nesse sentido, é imperativo ter consciência das limitações impostas pela tecnologia subjacente.

Outra área de limitação está na transição fluida entre diferentes ambientes de RV. É importante observar que, nessa primeira versão do *software*, a implementação desse recurso se manteve como um desafio não superado. Esse cenário decorre principalmente do fato de que tais transições frequentemente se apoiam em controladores externos, o que poderia potencialmente impactar a conveniência de utilizar o *software* exclusivamente com um *smartphone*.

Ainda justificando esse ponto, vale destacar que existem problemas de reprodução automática de áudios em navegadores da *web*, devido a políticas restritivas. Essa política é uma medida de segurança adotada para proteger os usuários de reprodução indesejada. Esse ponto pode dificultar a transição fluida entre ambientes com mudanças automáticas de áudio, acrescentando complexidade para implementar essa funcionalidade.

5.3 Trabalhos futuros

Para os trabalhos futuros, considera-se uma análise aprofundada da ferramenta a partir de sua aplicação em escolas ou com o público visitante do MuArq. Esse estudo possibilitará avaliar a eficácia da RV como recurso educacional, analisando o impacto no processo de aprendizagem, a assimilação de conteúdos históricos e a interação dos estudantes e visitantes com o acervo virtual. Essa análise aprofundada contribuirá para refinamentos e adaptações da ferramenta, alinhando-a ainda mais com as demandas educacionais e culturais do ambiente escolar e museológico.

Considerando as limitações apresentadas, sugere-se a exploração de estudos mais aprofundados para avaliar a viabilidade e a implementação das transições automáticas de ambiente dentro da plataforma. A superação desses desafios representaria um avanço significativo no aprimoramento da experiência do usuário, abrindo caminho para uma utilização mais fluida e imersiva do *software*.

Baseando-se nisso, o *software* desenvolvido lança as portas para um leque de oportunidades para a aplicação da RV em ambientes museológicos e outras instituições culturais. A convergência entre as funcionalidades e a acessibilidade proporcionadas pelo *software* coloca-o em um papel catalisador para a transformação digital desses espaços, enriquecendo a forma como o público explora e absorve conteúdos culturais de maneira imersiva e significativa.

Revisão Sistemática da Literatura

Ressalta-se que o principal objetivo da presente RS é a identificação de métodos e técnicas existentes para simulação de ambientes de visita virtual direcionados para museus. Para tanto, foram buscadas técnicas com abordagens que utilizaram um dispositivo móvel como visor de RV. Por meio da sumarização dos resultados da RS foi elaborada uma síntese geral das abordagens apresentadas no estado da arte.

A.1 Definição dos protocolos

Uma RS pode ser entendida como um método de pesquisa científico realizado para responder uma ou mais perguntas específicas sobre determinado tema. Em outras palavras, Donato and Donato (2019) afirmam que a RS consiste na realização de uma pesquisa bibliográfica concisa, capaz de avaliar de forma crítica os estudos de forma individual. Em síntese, entende-se que uma RS é a base para realização de novas pesquisas sobre um determinado tema.

Ao contrário das revisões de literatura tradicionais, a RS é uma técnica reprodutível e imparcial. Donato and Donato (2019), afirmam que a RS tem o objetivo de reduzir pensamentos enviesados por meio de métodos explícitos. Dessa forma, torna-se possível realizar uma pesquisa bibliográfica completa e analisar de forma crítica e individual os estudos selecionados.

Donato and Donato (2019) ainda descrevem as principais etapas do processo de RS, que devem constar explicitamente na revisão. Entre elas estão: formulação da questão de investigação; produção do protocolo de investigação; definição dos critérios de inclusão e exclusão; desenvolvimento da estratégia de pesquisa; seleção de estudos; extração de dados dos estudos; e síntese dos

estudos avaliados. Nesta seção, serão apresentados, de forma explícita, todos os pontos supracitados.

Com relação à formulação da questão de investigação para elaboração desta RS, foi pensado sobre: O que já foi publicado sobre a aplicação de Realidade Virtual para construção de ambientes de visita virtual direcionados para museus?. Tal questionamento foi o primeiro passo para a construção de um protocolo de investigação.

Tendo isso em vista, o protocolo que foi utilizado para configuração deste trabalho foi baseado no modelo mencionado por Donato and Donato (2019). O modelo em questão apresenta uma série de regras para o desenvolvimento de uma análise que pode ser auditável sobre um tópico especial de pesquisa dentro da Ciência da Computação. Tal protocolo foi elaborado e executado durante a RS. A partir disso, os principais pontos são apresentados a seguir:

Objetivos: identificar e analisar os métodos e técnicas existentes para simulação de ambientes de visita virtual em dispositivos móveis direcionados para museus. Salienta-se que não foram encontradas RS com o mesmo objetivo específico.

Questões de Pesquisa: durante a elaboração do protocolo, espera-se que a questão de investigação formulada anteriormente esteja bem definida e especificada, visto que na RS, segundo Donato and Donato (2019), é imprescindível se definir de forma explícita a questão de investigação.

- **Questão Primária:** Quais são os métodos e técnicas existentes para criar ambientes virtuais?
- **Questão Secundária:** Quais desses métodos e técnicas são empregados para criar ambientes de visita virtual voltados para dispositivos móveis e direcionados para museus?

Critérios de inclusão e exclusão: pensando em uma seleção de trabalhos específica para elaboração desta RS, foram estabelecidos os seguintes critérios de inclusão:

- Trabalhos que apresentam aplicação de métodos de criação de ambientes virtuais direcionados para museus.

Nessa mesma linha de especificação, também foram definidos os seguintes critérios de exclusão:

- Trabalhos que não foram publicados como artigos científicos;
- Trabalhos publicados como artigos curtos ou pôsteres;

- Trabalhos que apresentam ambientes virtuais sem apresentar o método utilizado;
- Trabalhos que não apresentam aplicação para dispositivos móveis.

Recursos para Busca e Seleção de Estudos: as estratégias e recursos utilizados para busca e seleção prévia de estudos foram estipuladas baseando-se em quatro fatores. São eles:

- **Identificação de fontes de busca:** partindo da premissa de que os estudos preliminares devem ser oriundos de bases eletrônicas indexadas e disponíveis de forma gratuita, foram selecionadas as bases indexadas na máquina de busca eletrônica do Google Scholar.
- **Idioma dos trabalhos:** foram considerados trabalhos publicados na Língua Inglesa, visto que ela é internacionalmente aceita para trabalhos científicos da área. Além do mais, também foram considerados trabalhos escritos na Língua Portuguesa com o intuito de contemplar os trabalhos existentes de pesquisadores do Brasil.
- **Palavras chave:** "develop" e "virtual reality museum" e "mobile". De maneira geral, a escolha das terminações tem sua justificativa no objetivo principal desta revisão, conforme descrito anteriormente.
- **Data dos trabalhos:** ressalta-se que foram buscados métodos e técnicas atuais de trabalhos publicados a partir do ano de 2017.

Seleção de Estudos: a *string* de busca citada anteriormente foi executada na respectiva fonte de busca. Diante disso, os trabalhos recuperados foram registrados e selecionados tendo como base os critérios definidos previamente. Nesse ponto, também é importante dizer que a seleção foi realizada por meio da leitura dos resumos dos trabalhos.

Avaliação da Qualidade: para inclusão de trabalhos na RS, Donato and Donato (2019) afirmam que devem ser realizadas avaliações quanto à qualidade dos trabalhos selecionados. Para realizar tal avaliação, foram definidos os seguintes critérios de qualidade (CQ):

- **CQ1:** O estudo foi definido de uma forma clara e objetiva?
- **CQ2:** Os métodos utilizados nos estudos primários foram mostrados claramente?
- **CQ3:** O ambiente virtual usado foi mostrado claramente?
- **CQ4:** O estudo foi validado?

- **CQ5:** Os resultados foram apresentados claramente?

Cada trabalho selecionado na RS foi submetido a todos os critérios citados anteriormente. Para cada um deles foi definida uma pontuação, conforme descrito a seguir:

- **1:** Para trabalhos que atenderam completamente o critério;
- **0:** Para trabalhos que não atenderam o critério;
- **0.5:** Para trabalhos que atenderam parcialmente o critério.

Extração de Dados: após a realização da avaliação de qualidade e seleção final dos trabalhos incluídos na RS, foi realizada a leitura dos trabalhos. Nesse sentido, para apresentar os resultados desse processo de extração, foi realizada uma síntese geral em consonância com algumas considerações sobre os trabalhos selecionados.

A.2 *Condução da revisão*

Considerando o protocolo elaborado, foi conduzida uma revisão em um período de dois meses (Outubro/2021 a Novembro/2021). Para o levantamento dos estudos primários foi necessária a elaboração de uma *string* de busca com base nas palavras chave identificadas: “develop” e “virtual reality museum” e “mobile”.

A construção dessa *string* foi o marco inicial para a seleção dos trabalhos. Nesse ponto, as bases eletrônicas indexadas pela máquina de busca do Google Scholar foram selecionadas como as fontes de busca da pesquisa.

De maneira geral, com a exclusão de trabalhos reincidentes e trabalhos que não atenderam o objetivo da pesquisa, foram pré-selecionados 34 trabalhos. Com a realização da leitura das obras, 12 trabalhos foram escolhidos para fazer parte da síntese da pesquisa. Com o auxílio de critérios de inclusão e exclusão, foram definidos os trabalhos incluídos e excluídos da RS.

A Tabela A.1 apresenta os trabalhos pré-selecionados após a execução da *string* na máquina de busca.

Tabela A.1: Estudos Seleccionados

ID	Título	Autores e Ano	Comentários	Status
1	Virtual Reality Museum of Terengganu (Termus VR) in Mobile Application	Kadri (2019)	O trabalho não é um artigo	Excluído
2	Pembuatan Aplikasi Virtual Reality Museum R Hamong Wardoyo Boyolali Menggunakan Unity 3D Game Engine Berbasis Android	Hariyatno (2020)	Não apresenta o método utilizado	Excluído
3	Towards personalized virtual reality touring through cross-object user interfaces	Li et al. (2019)	Não é aplicado em dispositivos móveis	Excluído
4	Redesign of a Cultural Heritage Digital Experience in a Lean Approach	MA and LU (2021)	O trabalho é um artigo curto	Excluído
5	A proposal for a virtual reality museum for virtual reality art	Fischer (2017)	Atende os critérios de inclusão	Incluído
6	Great Paintings in Fully Immersive Virtual Reality	Cecotti (2021)	Atende os critérios de inclusão	Incluído
7	Designing for joint attention and co-presence across parallel realities	Steier (2020)	Atende os critérios de inclusão	Incluído
8	A review of immersive virtual reality serious games to enhance learning and training	Checa and Bustillo (2020)	Não apresenta o método utilizado	Excluído
9	Design and development of a spatial mixed reality touring guide to the Egyptian museum	Hammady et al. (2020)	Não é aplicado em dispositivos móveis	Excluído
10	A Virtual Reality Etruscan Museum Exhibition-Preliminary Results Of The Participants' Experience	Poce et al. (2020)	Atende os critérios de inclusão	Incluído
11	Creating a mobile VR interactive tour guide	Selgmann (2018)	O trabalho não é um artigo	Excluído
12	Research on 3D painting in virtual reality to improve students' motivation of 3D animation learning	Ho et al. (2019)	Não é aplicado em dispositivos móveis	Excluído
13	Virtual Reality Usability and Accessibility for Cultural Heritage Practices: Challenges Mapping and Recommendations	Chong et al. (2021)	Não apresenta o método utilizado	Excluído
14	Thresholds: Embedding Virtual Reality in the Museum	Tennent et al. (2020)	Atende os critérios de inclusão	Incluído
15	Constructing virtual reality exhibitions with multimodal interactions	Jia et al. (2020)	O trabalho não é um artigo	Excluído
16	Blue-and-White: Exploring Mixed Reality Technology for Representing and Facilitating Intercultural Dialogue in Museums	Zhao (2020)	O trabalho não é um artigo	Excluído
17	Analytical review of augmented reality MOOCs	Panchenko and Muzyka (2020)	Não apresenta o método utilizado	Excluído
18	Digitalisation at Museums: A study on the various effects digitalisation have had on museums and how museums can develop new digital interactions for their visitors	Taher (2020)	O trabalho não é um artigo	Excluído
19	Human Factors in the Design of Virtual Reality Instruction	Lewis (2018)	O trabalho não é um artigo	Excluído
20	A Concept for Augmented Learning in Museums	Seirafi and Wiencek (2017)	Atende os critérios de inclusão	
21	Educational games to enhance museum visits for schools	Bossavit et al. (2018)	Atende os critérios de inclusão	Incluído
22	Examination of Postgraduate Theses on Virtual Reality in the Field of Social Sciences in Turkey	Altunpulluk et al. (2021)	Não apresenta o método utilizado	Excluído
23	Design of Digital Interaction for Complex Museum Collections	Micoli et al. (2020)	Atende os critérios de inclusão	Incluído
24	Development Of a VR Game for Mektory Demo Room	Tepljakov (2018)	O trabalho não é um artigo	Excluído
25	Experience Design for Virtual Reality. From Illusion to Agency	Kuchelmeister (2020)	Atende os critérios de inclusão	Incluído
26	Virtual Travelling Exhibition for Egyptian Dark Stories: Applied to the Screaming Mummy	Hamdi (2021)	Atende os critérios de inclusão	Incluído
27	Effectiveness of Construction Safety Hazards Identification in Virtual Reality Learning Environment	Shamsudin and Majid (2019)	Não é aplicado em dispositivos móveis	Excluído
28	Museum of symmetry	Dawkins et al. (2018)	O trabalho não é um artigo	Excluído
29	An Overview of How VR/AR Applications Assist Specialists in Developing Better Consumer Behavior and Can Revolutionize Our Life	Bucea-Manea-Toniş et al. (2021)	Atende os critérios de inclusão	Incluído
30	Hybrid Space: Re-thinking Space and the Museum Experience	Baradaran Rahimi (2019)	O trabalho não é um artigo	Excluído
31	Illustration, Re-Enactment, Citizenship and Heritage of Contemporary Conflict: The Case of the Ebro (1938)	Hernández-Cardona et al. (2021)	Não é aplicado em dispositivos móveis	Excluído
32	The Invisible Museum: A User-Centric Platform for Creating Virtual 3D Exhibitions with VR Support	Zidianakis et al. (2021)	Atende os critérios de inclusão	Incluído
33	Beyond Compliance: Exploring Emerging Technologies to Enrich the Visual Arts Experience for Audiences of All Abilities	Barkai (2017)	O trabalho não é um artigo	Excluído
34	Applied Gamification in Self-guided Exhibitions: Lessons learned from theory and praxis	Vistisen et al. (2020)	Não é aplicado em dispositivos móveis	Excluído

Fonte: Elaborada pelo autor.

A.3 Análise de qualidade

Considerando a elucidação da síntese do presente trabalho, foi elaborada uma análise de qualidade que apresenta os pontos mais relevantes para os pesquisadores que estão interessados nessa mesma linha de estudo. Para tanto, essa análise pode indicar uma visão geral sobre o que está sendo explorado na área em questão, bem como o que pode ser encontrado no estado

da arte. A análise em questão é apresentada na Tabela A.2 e engloba os 11 estudos selecionados.

Numericamente, pode-se perceber que 83% dos trabalhos selecionados (5, 6, 7, 10, 14, 20, 22, 23, 29 e 32) foram definidos de forma clara e objetiva. Os 17% restantes (25 e 26) atenderam esse critério de forma parcial. Com relação à apresentação dos métodos e técnicas utilizados, 50% dos trabalhos (6, 10, 22, 23, 25 e 32) atenderam esse critério de forma completa ou parcial. Os outros 50% (5, 7, 14, 20, 26 e 29) não apresentaram as abordagens utilizadas de uma forma objetiva.

Tabela A.2: Análise de qualidade dos estudos selecionados

ID da Obra	CG1	CG2	CG3	CG4	CG5
5	1	0	0	1	0.5
6	1	0.5	1	1	1
7	1	0	1	1	0.5
10	1	1	0	1	1
14	1	0	0	1	0.5
20	1	0	0.5	0.5	1
22	1	0.5	0	1	1
23	1	1	0	1	1
25	0.5	0.5	1	1	0.5
26	0.5	0	0	1	1
29	1	0	0.5	1	0.5
32	1	1	1	1	1

Fonte: Elaborada pelo autor.

Já em relação à apresentação do ambiente virtual, 50% (6, 7, 20, 25, 29 e 32) dos estudos atingiram esse critério de forma completa ou parcial. O restante dos estudos (5, 10, 14, 22, 23 e 26), não apresentam esses ambientes de forma clara ou explícita. Pensando na validação dos estudos, 91% dos trabalhos (5, 6, 7, 10, 14, 22, 23, 25, 26, 29 e 32) alcançaram nota máxima nesse critério. Os outros 9% (20) atenderam esse critério de forma parcial. Relativo à apresentação dos resultados da pesquisa, 58% dos trabalhos (6, 10, 20, 22, 23, 26 e 32) atingiram de forma satisfatória esse critério. Os 42% restantes (5, 7, 14, 25 e 29) alcançaram esse critério parcialmente.

Diante dessa perspectiva, torna-se possível identificar que boa parte dos trabalhos apresentam métodos promissores para a construção de ambientes de visita virtual. Tais métodos ainda apresentam sucesso no contexto de museus e instituições de difusão de patrimônio cultural. Nesse ponto, a RS apresentada é capaz de garantir a abrangência do presente trabalho por parte de pesquisadores interessados no tema em questão.

Ainda considerando a síntese do presente trabalho, foram identificadas as principais ferramentas utilizadas para construção de ambientes de Realidade Virtual. A Tabela A.3 apresenta a relação dessas ferramentas junto à finalidade empenhada por cada uma delas.

Tabela A.3: Ferramentas utilizadas para construção de ambientes de RV

ID	Ferramenta	Finalidade
1	SteamVR2	Experimentação de conteúdos em RV
2	Rhinoceros	Modelagem tridimensional de artefatos e ambientes
3	Adobe Photoshop	Edição de imagens de artefatos e ambientes
4	Unity	Criação de interações com o ambiente de RV
5	Adobe XD	Suporte na interação e movimento do espaço virtual
6	Cortona	Criação de ambientes virtuais tridimensionais
7	Web3D	Visualização de ambientes virtuais tridimensionais

Fonte: Elaborada pelo autor.

No que se refere a essas ferramentas, entende-se que existe uma diversidade a ser explorada para a construção de ambientes virtuais. Nesse sentido, é importante ressaltar que muitos trabalhos analisados na presente revisão utilizaram a ferramenta Unity para criação dos ambientes. Tal ferramenta, além possuir suporte para RV, é muito utilizada no desenvolvimento de jogos profissionais.

A.4 Considerações finais

Perante o potencial de aplicação da RV e a quantidade de trabalhos voltados para o desenvolvimento de ambientes de visita virtual direcionados para museus, uma revisão sistemática sobre o tema foi realizada. A leitura dos trabalhos permitiu a identificação de alguns métodos, técnicas e tecnologias utilizados para construção desses ambientes. Além do mais, foram encontrados estudos que contribuíram para responder às questões de pesquisa estabelecidas no protocolo.

Por meio da revisão executada, pode-se afirmar que a aplicação de RV para construção de ambientes direcionados para museus ainda pode evoluir muito, tanto em quantidade de trabalhos como na qualidade das pesquisas publicadas. Tal ponto talvez possa ser justificado pelo fato de que a RV é um tema recente dentro do contexto de aplicação que envolve o presente trabalho.

Levantamento de Requisitos

B.1 Requisitos funcionais

Tabela B.1: Lista de requisitos funcionais do sistema

RF01	O sistema deve permitir a criação e exploração de ambientes virtuais.
RF02	O sistema deve permitir interações por meio de movimento.
RF03	O sistema deve permitir a exibição de imagens em formato 360 graus nos ambientes virtuais.
RF04	O sistema deve permitir a reprodução de áudios na exploração dos ambientes virtuais.
RF05	O sistema deve permitir a navegação de forma simples dentro dos ambientes virtuais.
RF06	O sistema deve permitir a personalização dos ambientes virtuais, incluindo imagens 360 graus e áudios.
RF07	O sistema deve permitir a incorporação de imagens e áudios nos ambientes virtuais
RF08	O sistema deve permitir o carregamento e atualização de conteúdo multimídia nos ambientes virtuais.

Fonte: Elaborada pelo autor.

B.2 Requisitos não funcionais

Tabela B.2: Lista de requisitos não funcionais do sistema

RNF01	O sistema deve garantir o funcionamento dos ambientes virtuais em smartphones com a plataforma Android.
RNF02	O sistema garantir a fluidez e responsividade das interações, minimizando a latência e os atrasos.
RNF03	O sistema deve alcançar um nível de realismo visual e sonoro que permita uma imersão convincente.
RNF04	O sistema deve ser executado corretamente no navegador da web Google Chrome.
RNF05	O sistema deve minimizar falhas, crashes e comportamentos inesperados durante a execução.
RNF06	O sistema deve projetar uma interface intuitiva e amigável, permitindo que os usuários interajam sem dificuldades.
RNF07	O sistema deve facilitar o processo de atualização e manutenção para adição de novos recursos.
RNF08	O sistema deve garantir que os arquivos de mídia sejam armazenados em serviços na nuvem como Cloudinary.

Fonte: Elaborada pelo autor.

APÊNDICE

C

Modelagem Funcional

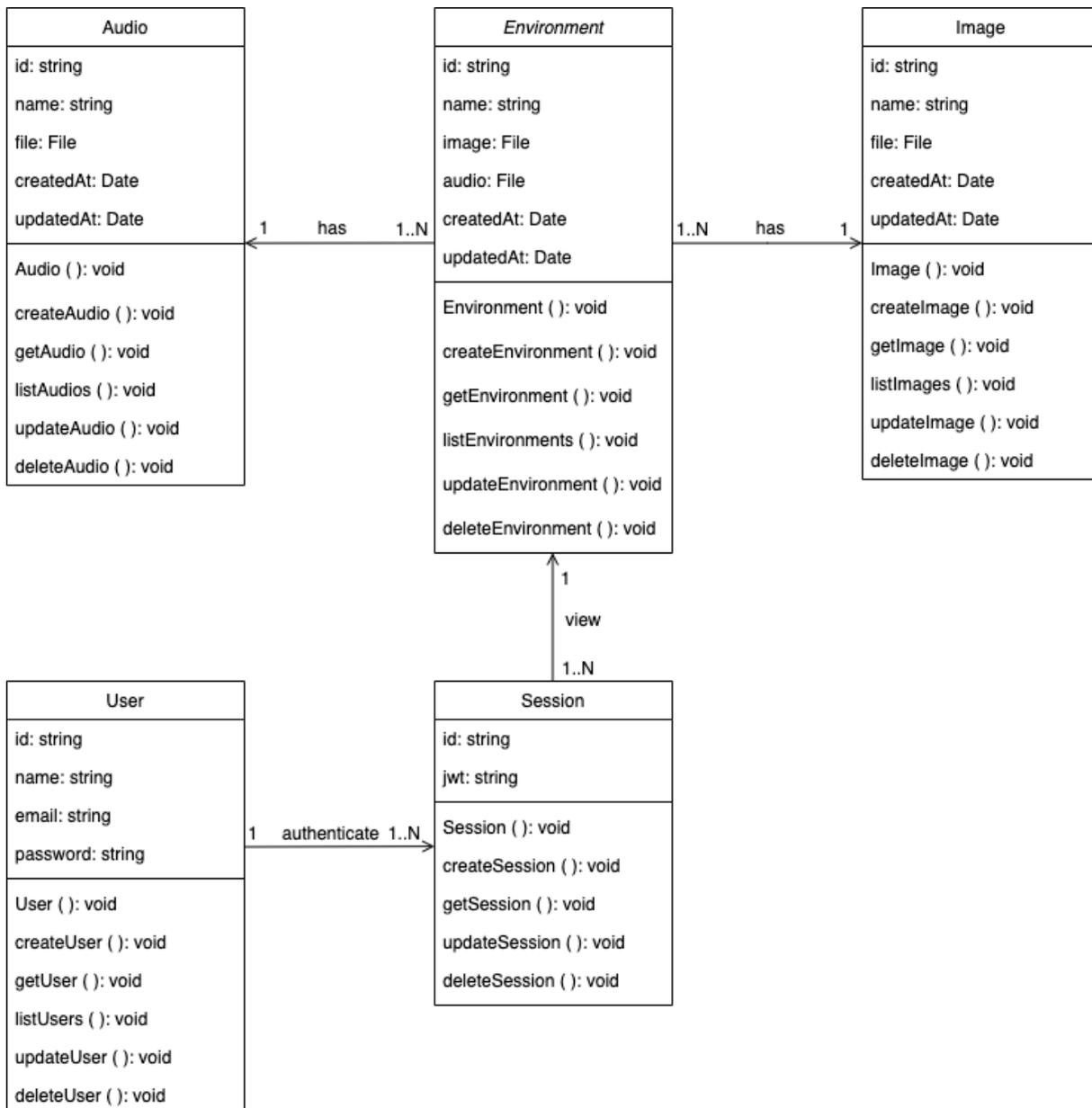
APÊNDICE

D

Modelagem Estrutural

D.1 Diagrama de classes

Figura D.1: Diagrama de classes do software



Fonte: Elaborada pelo autor.

Manual do usuário

Bem-vindo ao manual do usuário do Meraxes! Este guia foi criado especialmente para ajudar você a explorar e aproveitar ao máximo todas as funcionalidades que o *software* oferece. Seja você um novato empolgado em dar os primeiros passos ou um usuário experiente em busca de dicas, este manual é o seu companheiro confiável.

E.1 Sobre o Meraxes

O Meraxes é uma solução que foi desenvolvida para proporcionar a exploração de ambientes de Realidade Virtual para museus. Com uma interface intuitiva e recursos poderosos, o *software* visa otimizar as tarefas relacionadas a exposições museais de forma virtual.

O Meraxes oferece duas principais partes: o Meraxes Admin, um *software* para carregamento de imagens e áudios, além do gerenciamento de ambientes virtuais; e o Virtualizador Meraxes, onde o público-alvo pode explorar e interagir com os ambientes virtuais criados e customizados no sistema gerenciador.

Esses dois componentes formam um conjunto integrado que possibilita a criação, gerenciamento e imersão em ambientes virtuais de maneira envolvente e personalizada. O Meraxes Admin capacita os usuários a desenvolverem ambientes virtuais ricos em detalhes, enquanto o Virtualizador Meraxes leva esses ambientes ao público-alvo, proporcionando uma experiência de Realidade Virtual única e cativante.

E.2 Organização

Este manual foi estruturado para atender às suas necessidades, independentemente do seu nível de experiência. Tendo isso em vista, o manual apresentará guias de uso básico referentes ao sistema gerenciador de ambientes de Realidade Virtual, além de trazer a descrição de uso do virtualizador para o público-alvo.

E.3 Guia de uso básico - Sistema gerenciador

Este guia de uso básico foi elaborado para apresentar as operações fundamentais no gerenciamento de ambientes virtuais oferecido pelo *software*. Guias passo a passo ajudarão você a dominar rapidamente as funções essenciais.

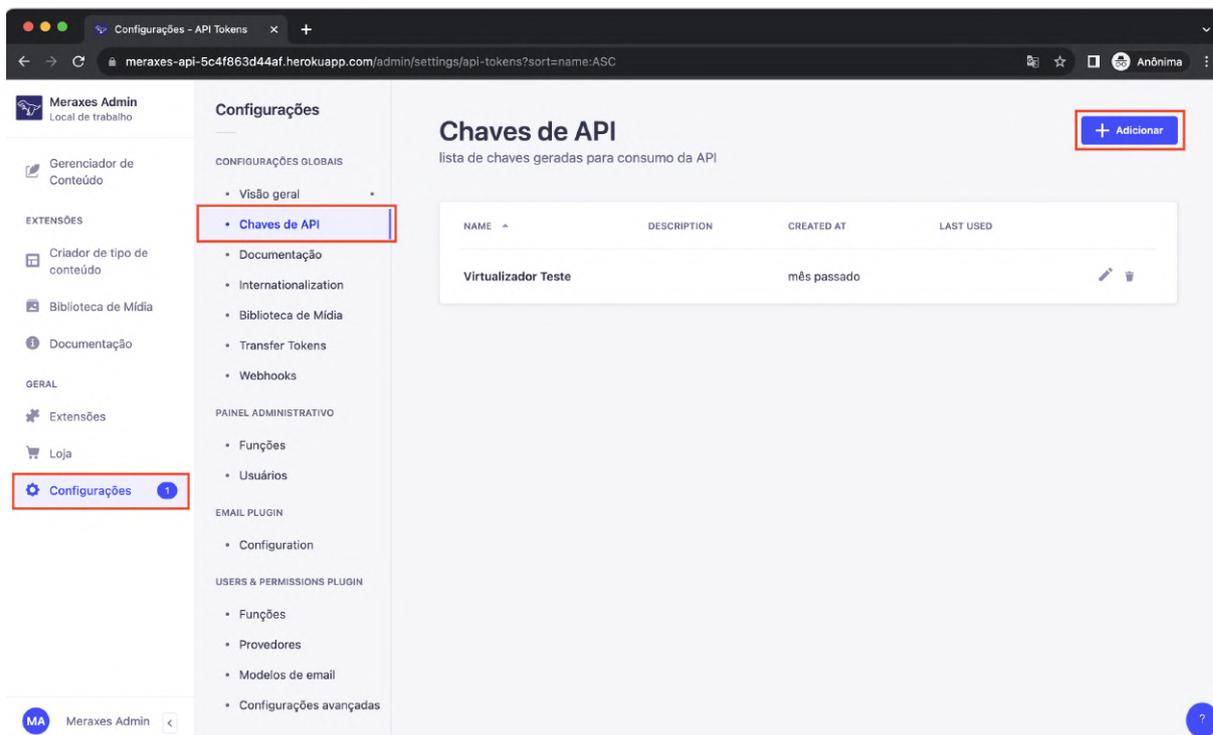
E.3.1 Cadastro de chaves de API

Após a implantação bem-sucedida do sistema na *web* e a obtenção de acesso como usuário administrador ou convidado, surge a necessidade de criar ambientes de Realidade Virtual e estabelecer a comunicação com o virtualizador. Essa etapa crucial começa com o cadastro de uma Chave de API exclusiva destinada ao virtualizador. A Chave de API desempenha um papel essencial, concedendo permissões específicas para que o virtualizador acesse os ambientes virtuais que foram previamente cadastrados no sistema de gerenciamento.

A configuração da Chave de API é um passo primordial para garantir uma conexão segura e autorizada entre o sistema de gerenciamento e o virtualizador. Por meio dessa chave, o virtualizador será habilitado a interagir com os ambientes virtuais de forma controlada e precisa. Essa integração proporciona uma experiência imersiva e eficiente para os usuários.

Logo, para cadastrar uma Chave de API, acesse o menu “Configurações” e selecione o item “Chaves de API”. Ao clicar no item serão exibidas todas as Chaves de API já cadastradas. Para cadastrar uma nova clique no botão “+ Adicionar”.

Figura E.1: Listagem de Chaves de API



Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao acessar a tela de cadastro da Chave de API, será requerido o preenchimento de informações essenciais para a criação da chave. Essas informações são cruciais para garantir que a chave seja configurada de acordo com as necessidades específicas. Aqui estão os detalhes que você precisará fornecer:

1. **Name:** Escolha um nome descritivo ou identificador para a chave de API. Isso ajuda a distinguir a chave quando você estiver gerenciando várias chaves no sistema.
2. **Description:** Uma breve descrição opcional pode ser adicionada para fornecer mais contexto sobre a finalidade ou uso da chave. Isso pode ser útil para recordar o propósito da chave no futuro.
3. **Token duration:** Nesse campo, você poderá definir por quanto tempo a chave de API permanecerá ativa. Optar por “Unlimited” (ilimitado) é recomendado em muitos casos, para evitar interrupções no acesso.
4. **Token type:** Escolha o tipo de token que a chave de API terá. As opções comuns são:
 - **Somente Leitura:** Permite apenas a leitura de informações, sem permissão para alterar ou adicionar dados. Esse tipo é o mais recomendado para os virtualizadores.

- **Acesso total:** Concede permissão total para leitura e escrita, possibilitando mudanças significativas.
- **Custom:** Selecione essa opção se desejar definir permissões específicas para diferentes áreas do sistema.

5. **Permissions:** Se você optar por um "Tipo de Token" personalizado, será necessário especificar quais permissões a chave de API terá para cada coleção ou conjunto de dados gerenciados pelo *software*. Marque as caixas de seleção correspondentes para conceder as permissões desejadas.

Dessa forma, você estará configurando a Chave de API de acordo com os requisitos do sistema e a necessidade de segurança. Lembre-se de revisar cuidadosamente as permissões antes de finalizar a configuração, garantindo que a chave tenha acesso apenas às funcionalidades e dados necessários para o virtualizador. Isso promove um ambiente de Realidade Virtual seguro e controlado para os usuários explorarem.

Figura E.2: Cadastro de Chave de API

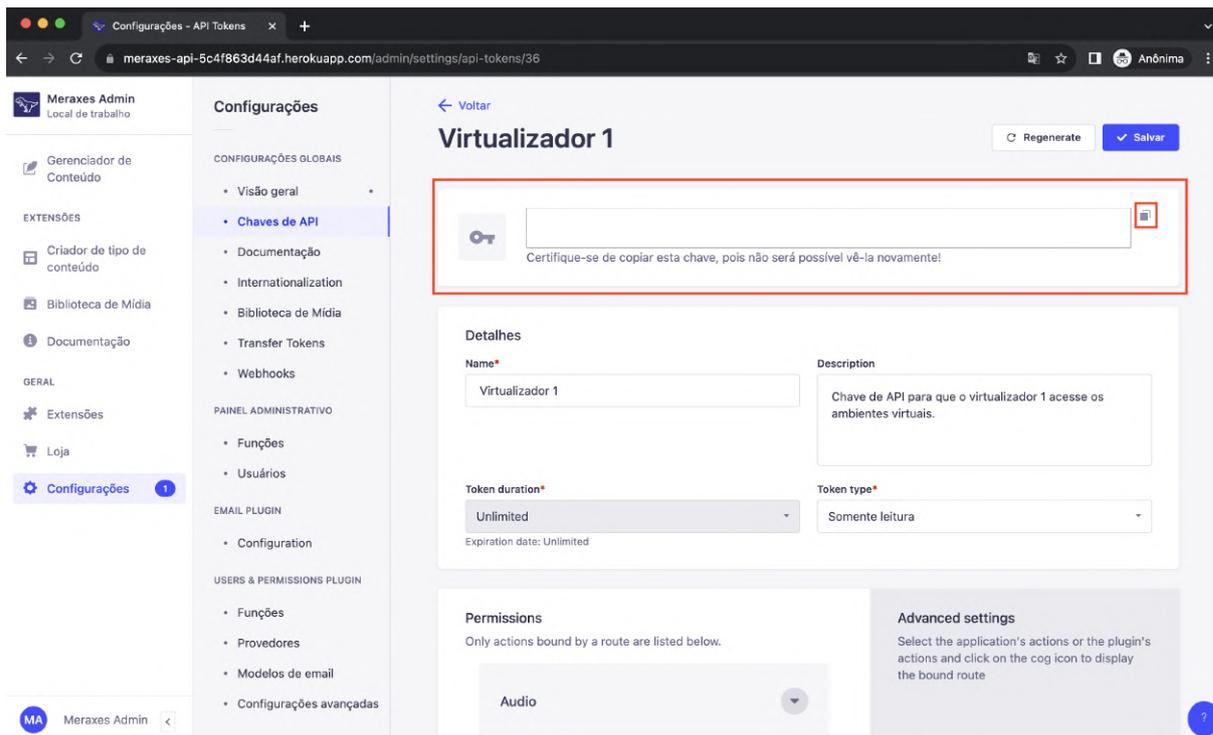
The screenshot displays the 'Create API Token' page in the Meraxes Admin interface. The page is divided into several sections:

- Header:** 'Create API Token' with a 'Voltar' link and a 'Salvar' button (highlighted with a red box).
- Form Fields:**
 - Name:** 'Virtualizador 1'
 - Description:** 'Chave de API para que o virtualizador 1 acesse os ambientes virtuais.'
 - Token duration:** 'Unlimited' (dropdown menu)
 - Token type:** 'Somente leitura' (dropdown menu)
- Permissions:** A section titled 'Permissions' with the note 'Only actions bound by a route are listed below.' It contains three dropdown menus: 'Audio', 'Environment', and 'Image'.
- Advanced settings:** A section titled 'Advanced settings' with the instruction: 'Select the application's actions or the plugin's actions and click on the cog icon to display the bound route.'

Fonte: Elaborada pelo autor.

Após fornecer os detalhes necessários, simplesmente clique no botão “Salvar” para registrar a chave no sistema. Se o processo de cadastro for executado corretamente, sem erros, um painel exibirá o valor único da chave gerada. É vital lembrar de copiar esse valor da chave, uma vez que ele será necessário para a equipe responsável pela configuração do virtualizador. Importante ressaltar que essa chave não será visível novamente após essa etapa.

Figura E.3: Visualização da chave de API cadastrada



Fonte: Elaborada pelo autor.

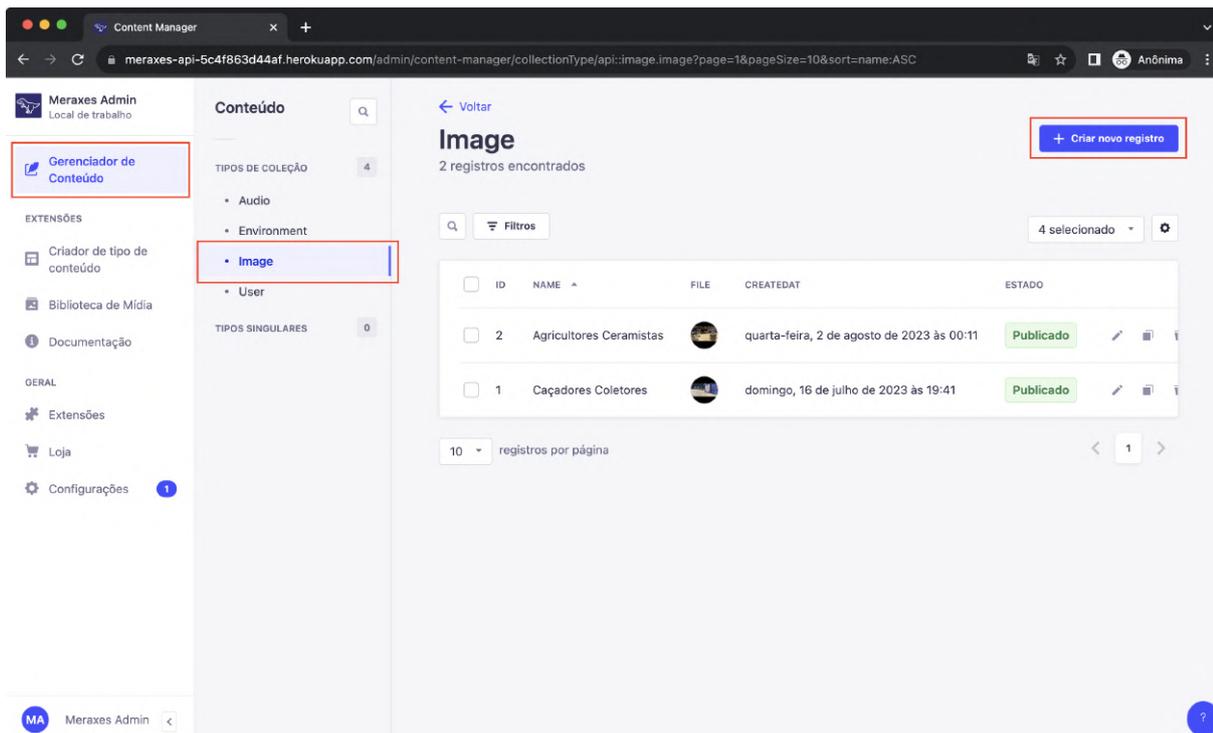
O compartilhamento seguro desse valor da chave é fundamental para garantir que a equipe encarregada do virtualizador possa configurar a integração de maneira adequada, enquanto mantém a segurança do sistema. Assegure-se de transmitir essa chave de forma segura e restrita apenas aos indivíduos autorizados a lidar com a integração do virtualizador. Isso contribui para um ambiente de Realidade Virtual confiável e protegido, promovendo uma experiência segura e eficaz para os usuários finais.

E.3.2 Cadastro de imagens 360

O processo de cadastro de Imagens 360 no sistema desempenha um papel fundamental, uma vez que é por meio dessas imagens que os ambientes se tornam visíveis no virtualizador de Realidade Virtual. A precisão e a qualidade do cadastro das imagens 360 asseguram que o virtualizador apresente um ambiente envolvente e autêntico, criando um elo direto entre o mundo real e o virtual. Portanto, cada etapa no processo de cadastro é uma peça crucial para proporcionar aos usuários uma jornada inesquecível na Realidade Virtual.

Para cadastrar uma imagem 360, acesse o menu “Gerenciador de Conteúdo” e selecione o item “Image”. Isso abrirá a seção específica para gerenciar imagens. Ao clicar nesse item, você terá uma visão geral de todas as imagens previamente cadastradas no sistema. Para adicionar uma nova imagem 360, clique no botão “+ Criar novo registro”. Isso dará início ao processo de criação de um novo registro.

Figura E.4: Listagem de Imagens

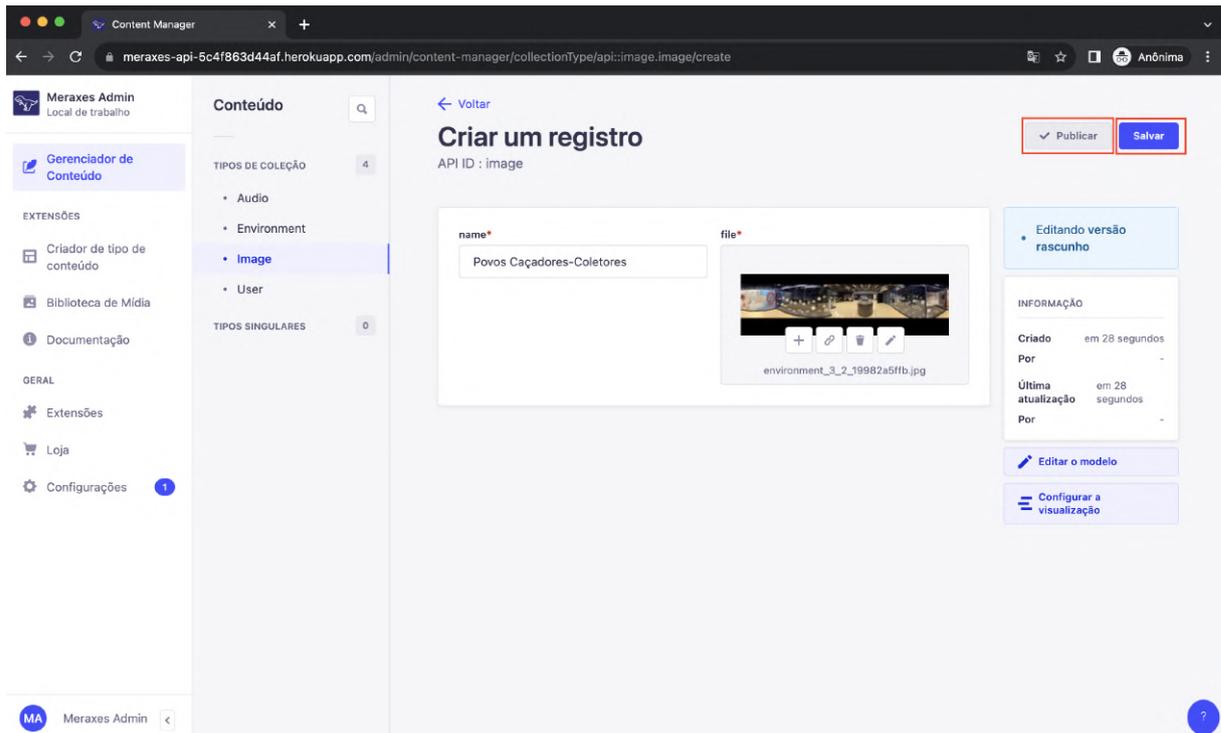


Fonte: Elaborada pelo autor.

Quando você acessar a tela de cadastro, será necessário fornecer algumas informações essenciais. Isso inclui definir um nome identificador para o arquivo de imagem dentro do sistema e também carregar o arquivo em si. Esses passos são cruciais para criar um registro de imagem completo e utilizável. Certifique-se de preencher com precisão esses detalhes para garantir que as imagens sejam integradas ao sistema de maneira adequada.

Lembre-se de clicar no botão “Salvar” para armazenar o registro no banco de dados. Em seguida, clique no botão “Publicar” para tornar a imagem disponível para uso no virtualizador. Essas etapas finais são essenciais para garantir que a imagem seja devidamente registrada e pronta para ser incorporada aos ambientes virtuais, proporcionando uma experiência imersiva para os usuários do virtualizador. Certifique-se de seguir esses passos para concluir com êxito o processo de disponibilização das imagens no sistema.

Figura E.5: Cadastro de imagem



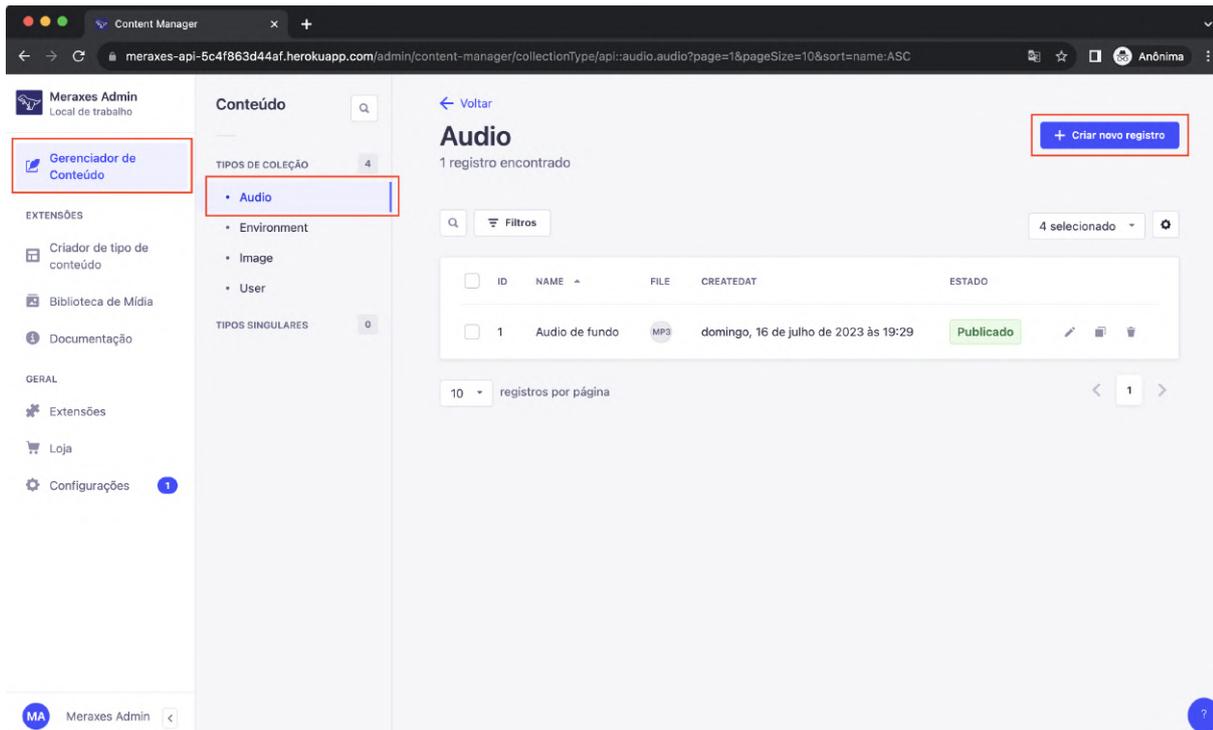
Fonte: Elaborada pelo autor.

E.3.3 Cadastro de áudios

O cadastro de áudios desempenha um papel significativo, pois permite a reprodução desses elementos no virtualizador de Realidade Virtual, enriquecendo consideravelmente a experiência para os usuários. Áudios cuidadosamente escolhidos e incorporados aos ambientes virtuais podem proporcionar um nível adicional de imersão, realismo e acessibilidade. Por meio dos sons capturados ou criados, os usuários podem sentir-se mais conectados aos ambientes virtuais, uma vez que a audição desempenha um papel fundamental na percepção de espaços e eventos.

Para cadastrar um áudio, acesse o menu “Gerenciador de Conteúdo” e selecione o item “Audio”. Isso abrirá a seção específica para gerenciar áudios. Ao clicar nesse item, você terá uma visão geral de todos os áudios previamente cadastrados no sistema. Para adicionar um novo áudio, clique no botão “+ Criar novo registro”. Isso dará início ao processo de criação de um novo registro.

Figura E.6: Listagem de Áudios

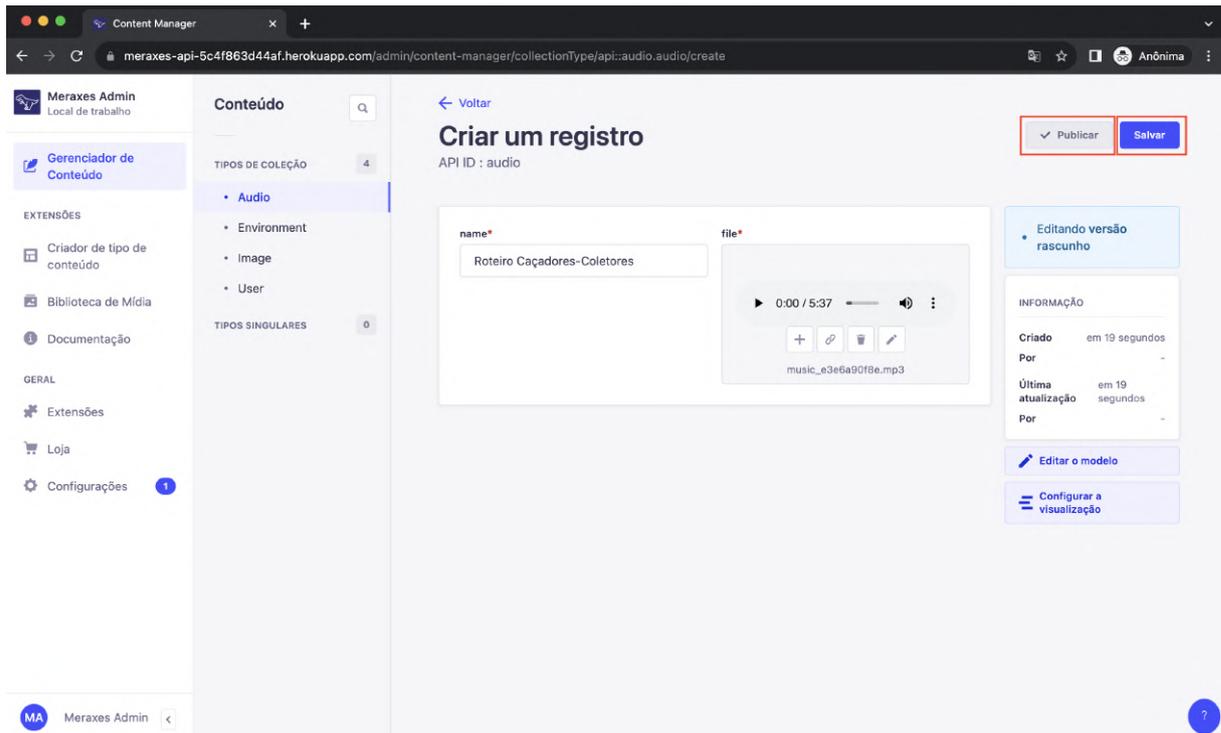


Fonte: Elaborada pelo autor.

Quando você acessar a tela de cadastro, será necessário fornecer algumas informações essenciais. Isso inclui definir um nome identificador para o arquivo de áudio dentro do sistema e também carregar o arquivo em si. Esses passos são cruciais para criar um registro de áudio completo e utilizável. Certifique-se de preencher com precisão esses detalhes para garantir que os áudios sejam integrados ao sistema de maneira adequada.

Não deixe de clicar no botão “Salvar” para armazenar o registro do áudio no banco de dados. Em seguida, clique no botão “Publicar” para disponibilizar o áudio para uso no virtualizador. Essas etapas finais são vitais para garantir que o áudio seja corretamente registrado e pronto para ser incorporado aos ambientes virtuais. Ao seguir esses passos, você garante que os usuários do virtualizador tenham acesso ao áudio para uma experiência mais rica e envolvente, proporcionando um elemento adicional de imersão e realismo. Certifique-se de executar essas etapas para finalizar o processo de disponibilização dos áudios no sistema.

Figura E.7: Cadastro de áudios



Fonte: Elaborada pelo autor.

E.3.4 Cadastro de ambientes

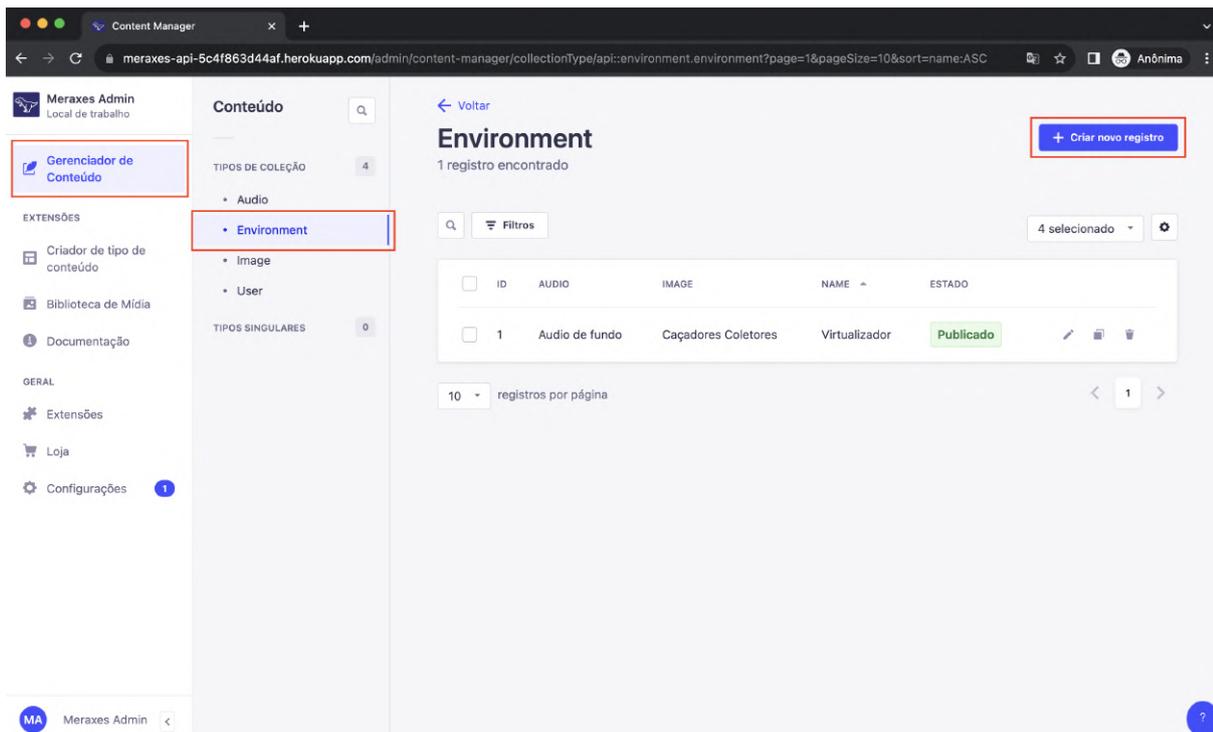
O cadastro de ambientes desempenha um papel essencial, uma vez que é por meio dessa etapa que ocorre a relação entre imagens e áudios. Esse registro de ambientes é o que estabelece uma conexão entre elementos visuais e sonoros. Esse cadastro do ambiente é, por fim, o conjunto de dados que será consumido pelo virtualizador de Realidade Virtual. Ao unir as imagens e os áudios, você cria uma realidade virtual rica, envolvente e totalmente imersiva. Essa interação cuidadosa entre diferentes elementos sensoriais é o que permite ao virtualizador proporcionar uma experiência cativante e autêntica aos usuários.

É fundamental destacar que, até o presente momento, o virtualizador não oferece suporte para transições automáticas entre ambientes. Consequentemente, o virtualizador é capaz de exibir somente um ambiente de cada vez. Diante disso, é altamente recomendado manter apenas um registro de ambiente ativo para se conectar ao virtualizador. Essa abordagem permite que você possa alternar entre diferentes imagens e áudios no mesmo ambiente. A mudança desses elementos só ocorrerá quando o virtualizador for recarregado manualmente. Ao manter um único registro de ambiente, você assegura uma experiência de usuário mais fluida e controlada, garantindo uma apresentação coesa e coerente dos elementos visuais e sonoros.

Para efetuar o cadastro de um ambiente no sistema, inicie o processo aces-

sando o menu “Gerenciador de Conteúdo”. Dentro do Gerenciador de Conteúdo, localize e escolha a opção denominada “Environment”. Isso abrirá a área dedicada ao gerenciamento de ambientes. Ao selecionar “Environment”, você terá uma visualização de todos os ambientes já previamente cadastrados no sistema. Para adicionar um novo ambiente, clique no botão “+ Criar novo registro”. Isso dará início ao processo de criação de um novo registro de ambiente.

Figura E.8: Listagem de Ambientes



Fonte: Elaborada pelo autor.

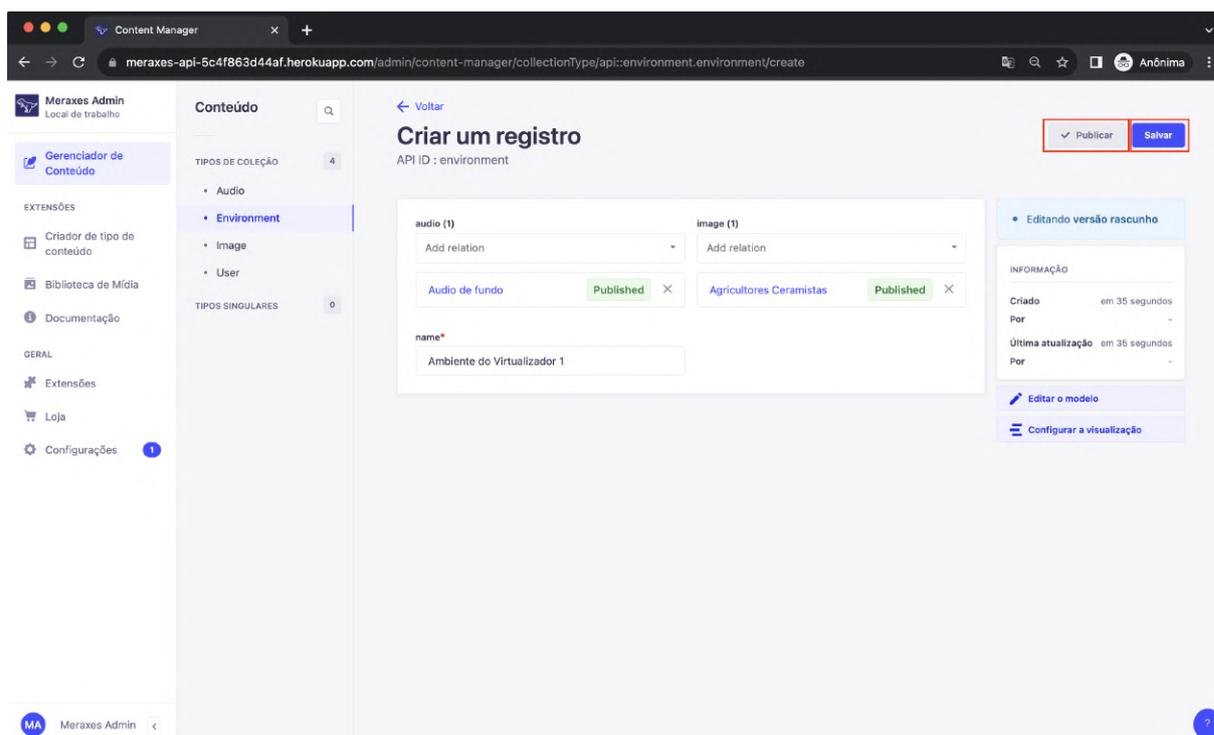
Ao acessar a tela de cadastro do ambiente, você deverá fornecer algumas informações importantes. Primeiramente, selecione o áudio que deseja reproduzir no ambiente. O nome disponível para seleção corresponde ao áudio que foi cadastrado previamente. Em seguida, escolha a imagem que pretende exibir no ambiente. O nome apresentado para seleção corresponde à imagem que foi cadastrada anteriormente.

Por fim, defina um nome para o ambiente que facilite sua identificação posterior. Esse nome ajudará você e outros usuários a reconhecerem e localizarem o ambiente de maneira mais ágil no futuro. Ao fornecer essas informações de forma precisa e completa, você estará criando um ambiente virtual coeso, pronto para ser integrado ao virtualizador de Realidade Virtual. Isso contribuirá para proporcionar uma experiência imersiva e envolvente aos usuários que explorarão esse ambiente no virtualizador.

Certifique-se de clicar no botão “Salvar” para registrar as informações do ambiente no banco de dados. Em seguida, clique no botão “Publicar” para

tornar o ambiente disponível para utilização no virtualizador. Estas etapas finais são cruciais para garantir que o ambiente seja devidamente registrado e pronto para ser apresentado no virtualizador. Ao seguir estas ações, você permite que os usuários do virtualizador tenham acesso a um ambiente rico e envolvente, proporcionando uma experiência visual e sonora coesa e imersiva. Certifique-se de realizar essas etapas para finalizar o processo de disponibilização do ambiente no sistema.

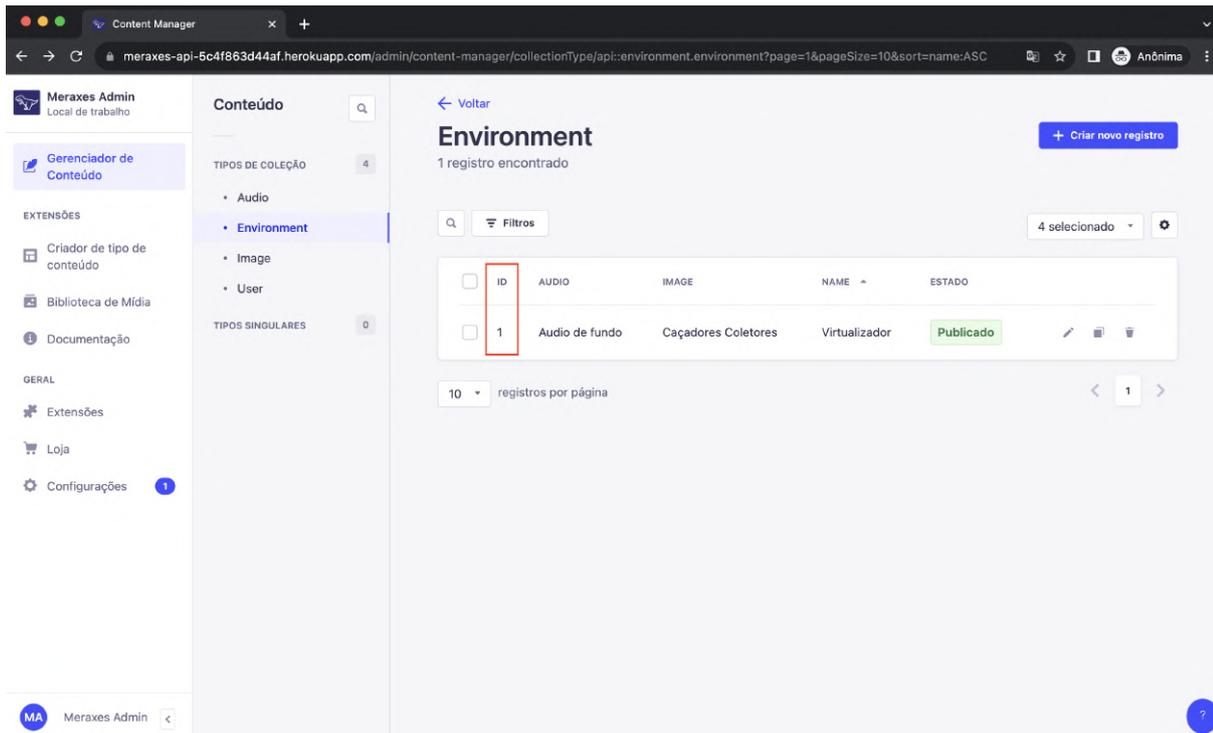
Figura E.9: Cadastro de Ambientes



Fonte: Elaborada pelo autor.

É importante ressaltar que o identificador único do ambiente, que foi previamente cadastrado, deve ser compartilhado com a equipe responsável pela configuração e implantação do virtualizador. Essa ação é fundamental para garantir a comunicação adequada entre o sistema gerenciador e o virtualizador. Ao fornecer o identificador único, você assegura que os ambientes virtuais sejam corretamente vinculados e disponibilizados para a exploração do público-alvo. Esta colaboração entre as equipes é crucial para garantir que os ambientes virtuais sejam apresentados com precisão e eficácia no Virtualizador Meraxes, proporcionando uma experiência envolvente de Realidade Virtual aos usuários.

Figura E.10: Visualização do identificador do ambiente



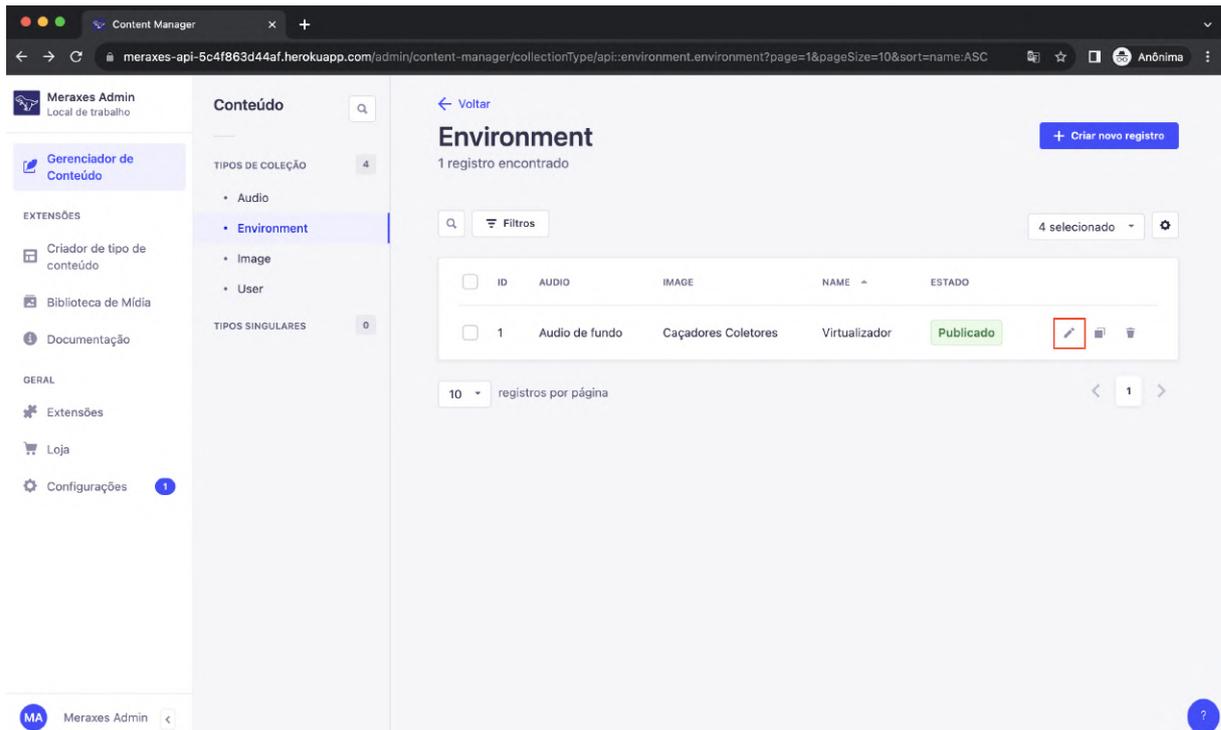
Fonte: Elaborada pelo autor.

E.3.5 Mudança de ambientes virtuais

Quando a necessidade de alterar o ambiente exibido no navegador surge, é essencial editar o registro do ambiente na plataforma. Isso envolve a seleção de um novo áudio e imagem para proporcionar uma experiência diferente ao público-alvo. Ao realizar essa edição, você pode modificar as características visuais e sonoras do ambiente, permitindo uma exploração variada e atrativa para os usuários. Lembre-se de que a capacidade de editar os registros de ambiente oferece flexibilidade na apresentação de ambientes únicos e cativantes no virtualizador de Realidade Virtual.

Para isso, acesse o menu “Gerenciador de Conteúdo”. Dentro do Gerenciador de Conteúdo, localize e escolha a opção denominada “Environment”. Isso abrirá a área dedicada ao gerenciamento de ambientes. Ao selecionar “Environment”, você terá uma visualização de todos os ambientes já previamente cadastrados no sistema. Então, para efetuar a edição do registro desejado, clique no ícone de lápis associado ao registro específico. Essa ação abrirá a possibilidade de modificar tanto a imagem quanto o áudio que compõem o ambiente.

Figura E.11: Edição de ambientes

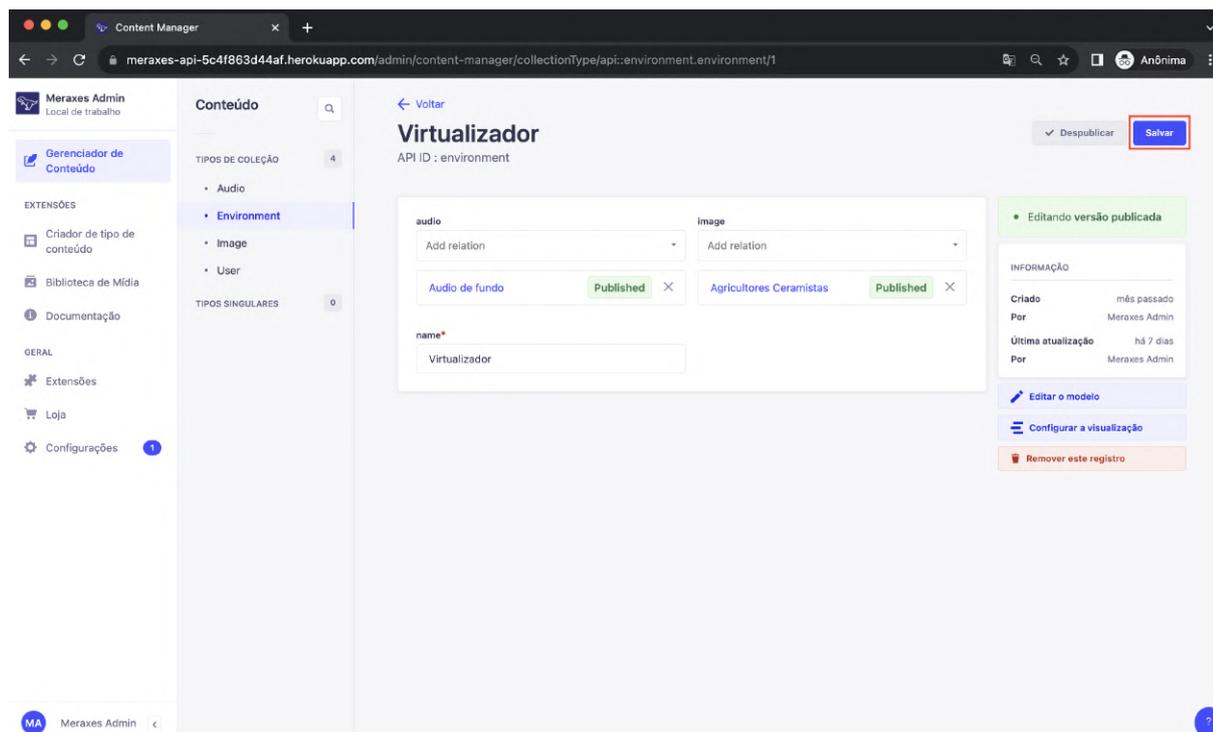


Fonte: Elaborada pelo autor.

Durante a fase de edição, basta selecionar um novo áudio e outra imagem para exibição no virtualizador. Não há necessidade de modificar o nome do ambiente. Certifique-se de clicar no botão “Salvar” para concretizar a mudança dos dados do ambiente no banco de dados. Nesse contexto, o botão “Publicar” só precisa ser acionado se o registro ainda não tiver sido publicado anteriormente. Caso contrário, ao realizar as alterações e seleções necessárias para o áudio e a imagem, o ambiente será automaticamente atualizado para uso do virtualizador.

Por meio da edição de ambientes, você terá acesso à flexibilidade de ajustar as características visuais e sonoras do ambiente, possibilitando uma experiência mais customizada e envolvente para os usuários. Certifique-se de utilizar esse recurso sempre que precisar atualizar ou alterar os elementos do ambiente no virtualizador de Realidade Virtual.

Figura E.12: Edição de dados de um ambiente



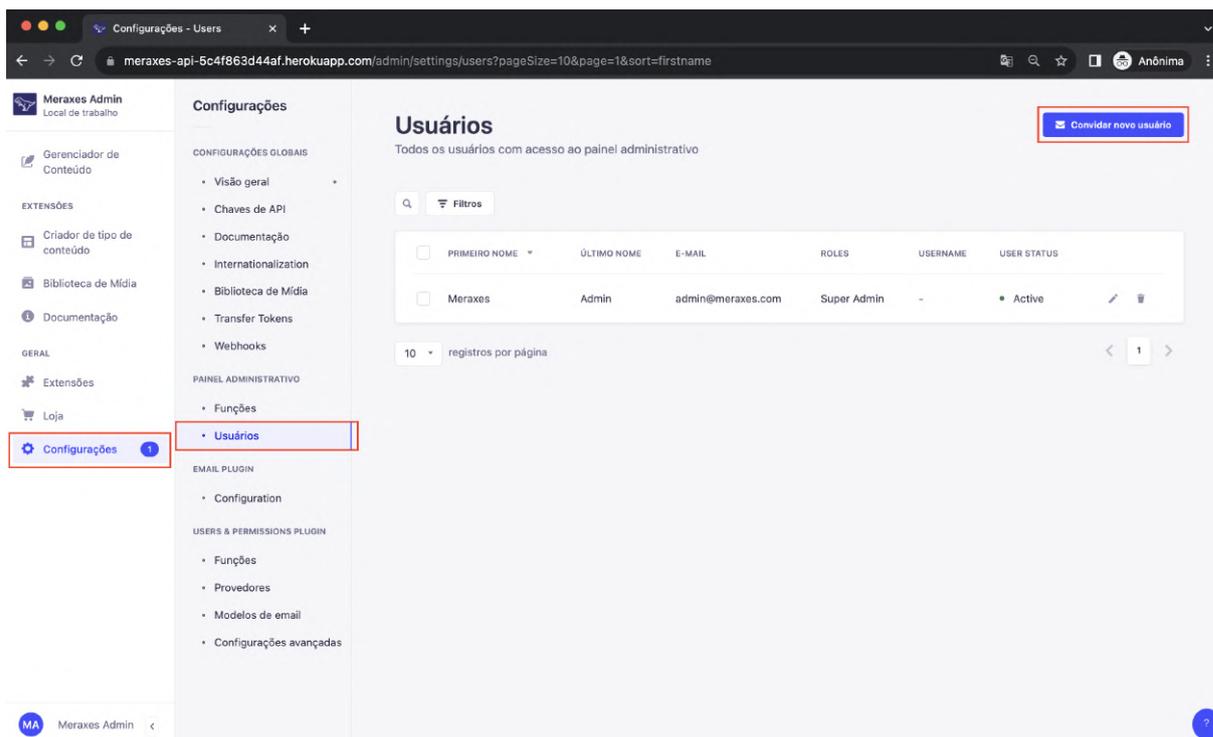
Fonte: Elaborada pelo autor.

E.3.6 Cadastro de usuários

O sistema também oferece a capacidade de criar e gerenciar usuários com diferentes níveis de permissões. Isso significa que diversos usuários podem acessar e operar no *software*, cada um com seu próprio conjunto de autorizações. A criação de usuários é uma funcionalidade essencial para garantir a segurança e o controle do sistema, permitindo a colaboração eficaz entre equipes e indivíduos. Através desse recurso, é possível atribuir permissões específicas para diferentes tarefas e áreas do sistema, assegurando que cada usuário tenha acesso apenas às funcionalidades necessárias para seu papel.

Para adicionar um novo usuário ao sistema, inicie o processo ao acessando o menu “Configurações”. Dentro do menu de configurações, encontre e escolha a opção “Usuários” na seção “Painel Administrativo”. Ao acessar essa tela, você terá uma lista completa de todos os usuários já cadastrados no sistema. Para incluir um novo usuário, clique no botão “Convidar novo usuário”. Isso abrirá a possibilidade de convidar um novo membro para o sistema.

Figura E.13: Listagem de usuários



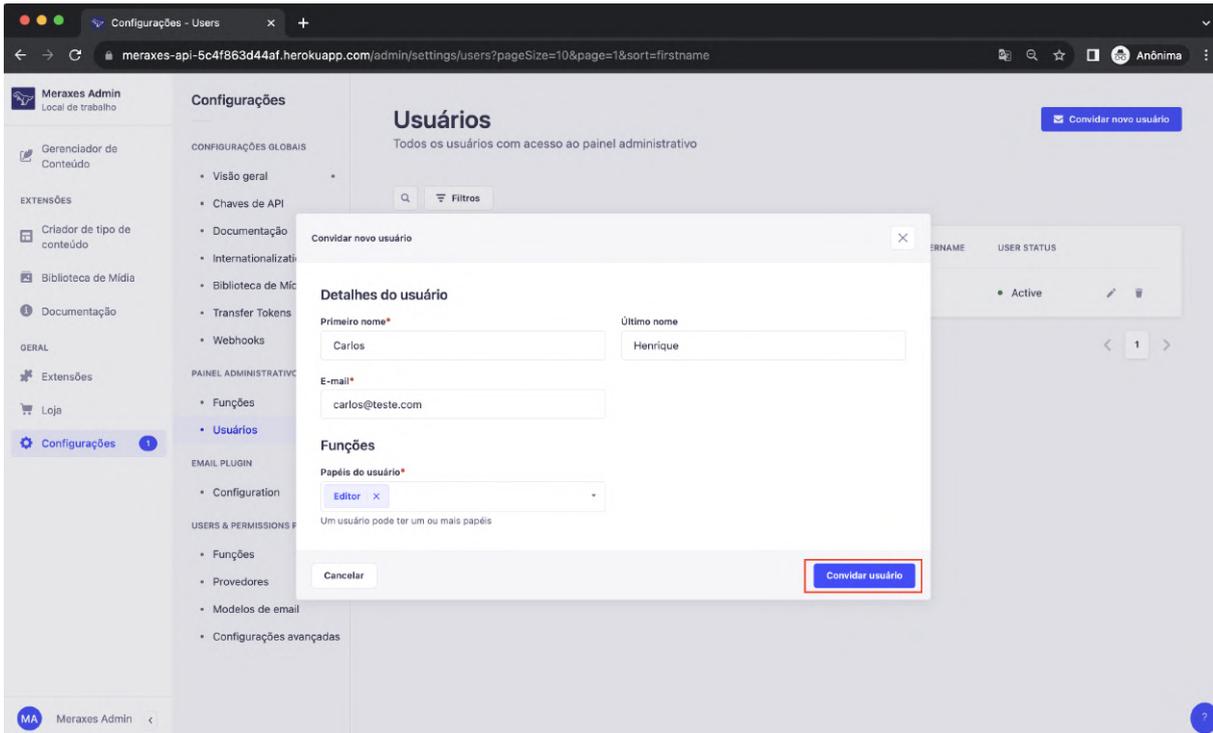
Fonte: Elaborada pelo autor.

Quando você clica em “Convidar novo usuário”, uma modal de cadastro é apresentada na tela. Nesse formulário, você encontrará campos que precisam ser preenchidos, como o primeiro nome do usuário, o último nome (opcional) e um endereço de e-mail. Além disso, é necessário selecionar os papéis do usuário, que podem ser definidos como “Super Admin”, “Editor” e/ou “Autor”. Cada um dos papéis possui permissões diferentes que podem ser consultadas em no item “Funções” dessa mesma seção do “Painel Administrativo”.

Ao completar essas informações, ao clicar no botão “Convidar usuário”, um painel será exibido, contendo um link específico. Esse link deve ser compartilhado manualmente com usuário que está sendo convidado. Através desse link, o usuário convidado poderá completar o processo de registro e autenticação no sistema. Essa abordagem garante que somente os indivíduos autorizados tenham acesso ao sistema, de acordo com os papéis designados.

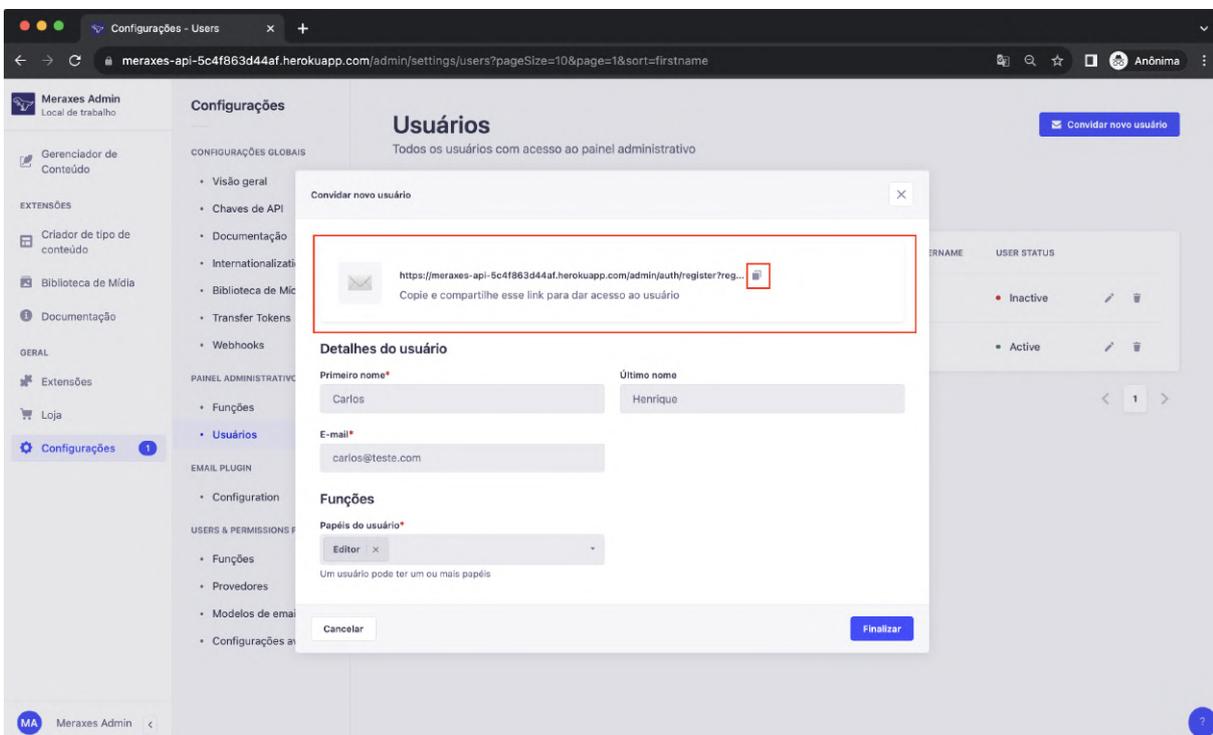
A criação de um ambiente de colaboração seguro e eficiente é promovida pelo cadastro de usuários com diferentes permissões. O processo de convite por meio de um link personalizado assegura que apenas aqueles que foram intencionalmente convidados possam acessar e operar no sistema, mantendo a integridade das operações e o controle sobre as ações realizadas pelos usuários.

Figura E.14: Convidar usuário



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura E.15: Link para cadastro do novo usuário

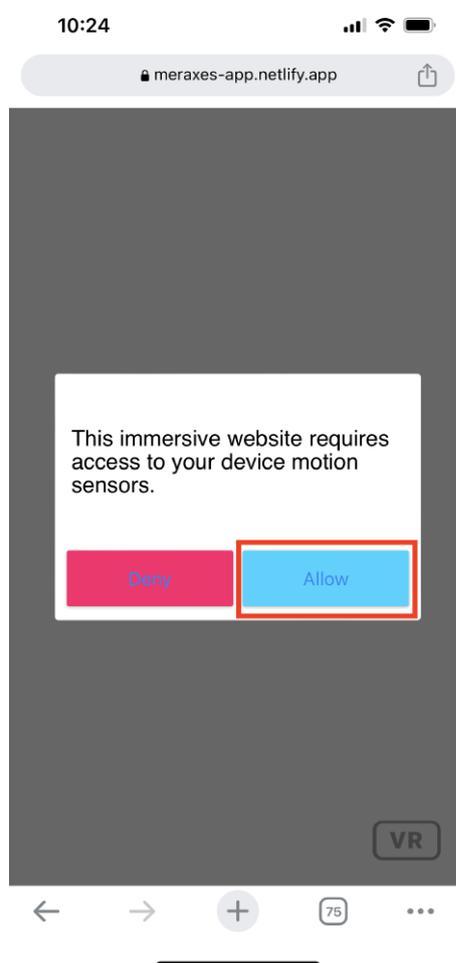


Fonte: Elaborada pelo autor.

E.4 Guia de uso básico - Virtualizador

Ao entrar no virtualizador e o ambiente ser carregado, é possível que uma modal apareça, solicitando a permissão do usuário para que o virtualizador possa acessar os recursos de movimento do dispositivo móvel. Aceitar essa permissão é essencial para desfrutar dos recursos oferecidos pelo virtualizador. Permitir o acesso aos recursos de movimento do dispositivo móvel é o que viabiliza a interatividade mais imersiva, permitindo aos usuários explorar os ambientes virtuais de maneira mais envolvente e realista. Portanto, ao se deparar com essa solicitação de permissão, é recomendado aceitá-la para garantir a melhor experiência possível no virtualizador de Realidade Virtual.

Figura E.16: Modal de permissão para sensor de movimento

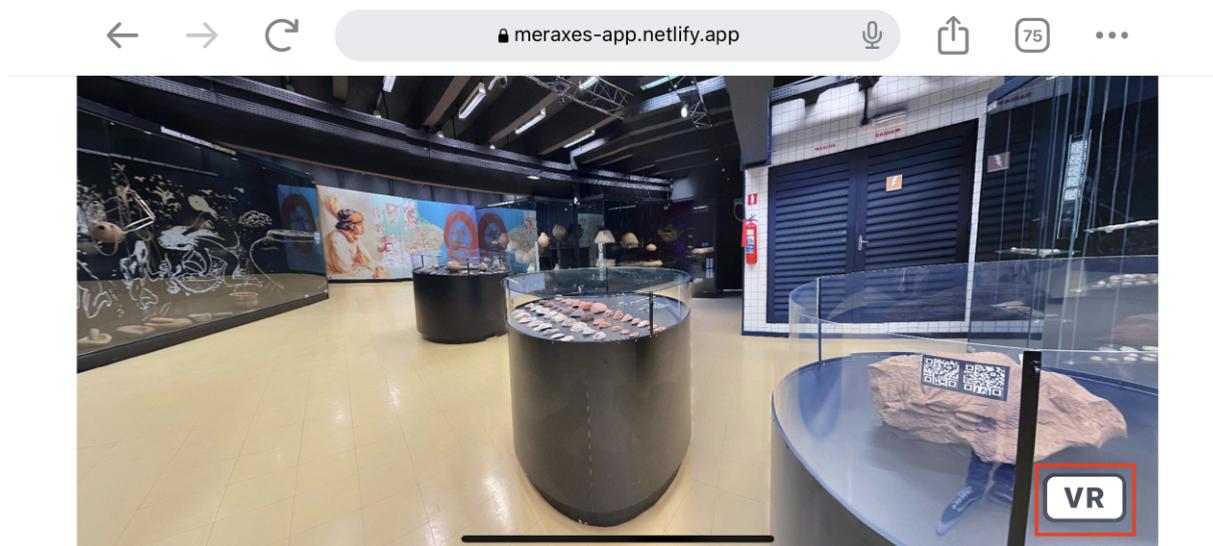


Fonte: Elaborada pelo autor.

Enquanto você explora o ambiente virtual, o dispositivo pode ser movido para que diferentes partes do cenário sejam visualizadas. Para aprimorar essa experiência, basta localizar e clicar no botão “VR”, posicionado no canto inferior direito. Ao selecionar esse botão, o modo de realidade virtual será ativado, permitindo que o ambiente seja desfrutado de forma ainda mais imersiva.

Para isso, é recomendável o uso de um óculos de Realidade Virtual compatível com smartphones, que ofereça suporte adequado.

Figura E.17: Acesso ao modo de Realidade Virtual



Fonte: Elaborada pelo autor.

No caso de o ambiente virtual conter áudio, é altamente recomendado o uso de um fone de ouvido. Ao ativar o modo de realidade virtual, o áudio será automaticamente reproduzido, e um fone de ouvido otimiza essa experiência, proporcionando um som mais envolvente e imersivo. Ao combinar um óculos de RV e um fone de ouvido, você estará maximizando a qualidade da experiência de Realidade Virtual, permitindo que você mergulhe completamente no ambiente virtual e desfrute de todos os detalhes visuais e sonoros de forma impressionante.

Se você desejar apresentar ao usuário um ambiente que já tenha sido alterado anteriormente no sistema gerenciador, basta simplesmente recarregar a página do virtualizador. Ao fazer isso, o novo ambiente que você tenha selecionado será carregado e exibido. Essa ação de recarregar a página é a maneira mais eficaz de atualizar o ambiente virtual no virtualizador, permitindo que o usuário tenha acesso imediato às modificações que foram feitas. Portanto, sempre que você realizar alterações nos ambientes e quiser que essas mudanças sejam visualizadas pelo usuário, basta recarregar a página do virtualizador para proporcionar uma experiência atualizada e envolvente.

E.5 Perguntas frequentes

Por que a Chave de API é importante?

A Chave de API age como um mecanismo de autenticação e autorização, permitindo ao virtualizador identificar-se junto ao sistema de gerenciamento. Isso assegura que apenas as partes autorizadas possam acessar os ambientes virtuais. Além disso, a Chave de API possibilita o rastreamento e monitoramento das interações do virtualizador com os ambientes, garantindo segurança e transparência.

Posso utilizar o virtualizador sem uma Chave de API?

Não, o uso do virtualizador requer uma Chave de API válida para estabelecer a comunicação entre o sistema gerenciador e o virtualizador. A Chave de API desempenha um papel fundamental na autorização e na segurança das interações entre os dois sistemas. Ela garante que apenas as partes autorizadas tenham acesso aos ambientes virtuais, bem como aos recursos associados, como imagens e áudios. Portanto, a presença de uma Chave de API é indispensável para garantir o funcionamento adequado e seguro do virtualizador de Realidade Virtual.

Posso utilizar imagens que não sejam 360 para os ambientes virtuais?

Não, o sistema requer o uso exclusivo de imagens 360 para criar ambientes virtuais no virtualizador de Realidade Virtual. A utilização de imagens que não sejam 360 não será compatível com a proposta imersiva e interativa do ambiente virtual. Certifique-se de fornecer imagens 360 para garantir a integridade e a qualidade da experiência virtual para os usuários. Isso assegura que eles possam desfrutar de uma imersão completa e envolvente em todos os ambientes criados no sistema.

O cadastro de áudios é obrigatório para os ambientes virtuais?

Não, o cadastro de áudios não é obrigatório, mas altamente recomendado para aprimorar a experiência nos ambientes virtuais. Embora não seja uma exigência, incorporar áudios aos ambientes virtuais enriquece consideravelmente a experiência dos usuários. Os sons adicionados podem adicionar realismo, profundidade e contexto aos ambientes, tornando a experiência mais envolvente e imersiva. Além disso, a inclusão de áudios pode aumentar a acessibilidade para os usuários, proporcionando uma experiência mais inclusiva e envolvente. Portanto, enquanto opcional, o cadastro de áudios é altamente recomendado para elevar a qualidade geral dos ambientes virtuais no virtualizador.

Quantos registros de ambiente são necessários para o virtualizador?

Para uma operação eficaz no virtualizador, é recomendado manter apenas um único registro de ambiente ativo. Esse único registro pode ser adaptado para exibir diferentes imagens e áudios, permitindo a apresentação de novos ambientes ao público. Ao trocar a imagem e o áudio dentro desse registro de ambiente, é possível proporcionar variedade e mudança de cenários, enriquecendo a experiência dos usuários. Lembre-se de que o virtualizador não suporta transições automáticas entre ambientes; portanto, ao recarregar manualmente o virtualizador, você pode apresentar diferentes configurações para uma experiência mais dinâmica e envolvente.

Ao alterar as imagens e os áudios de um ambiente o virtualizador é atualizado automaticamente?

Não, não basta apenas realizar alterações nos elementos visuais e sonoros de um ambiente. Após efetuar essas modificações, é necessário recarregar o virtualizador para que o novo ambiente seja exibido. As mudanças não são aplicadas automaticamente; recarregar o virtualizador é vital para que as atualizações sejam devidamente implementadas e os usuários possam experimentar o ambiente revisado. Portanto, lembre-se de sempre recarregar o virtualizador após fazer alterações nos ambientes, garantindo que as atualizações sejam refletidas e os usuários desfrutem das experiências mais recentes e envolventes no virtualizador de Realidade Virtual.

Um e-mail de convite automático é enviado ao cadastrar um novo usuário?

Não, não é enviado um e-mail de convite automático ao cadastrar um novo usuário. Em vez disso, o sistema gera um link de convite que deve ser compartilhado manualmente com o usuário. Ao preencher as informações do usuário e definir os papéis correspondentes, um link específico é gerado, permitindo que você envie o convite diretamente ao usuário convidado. Essa abordagem proporciona um controle mais preciso sobre os convites, garantindo que apenas os destinatários pretendidos tenham acesso ao sistema com os níveis de permissão adequados.

Que equipamentos são necessários para desfrutar da experiência completa do virtualizador?

Para vivenciar a experiência completa e imersiva do virtualizador, é recomendado possuir dois itens essenciais: um óculos de Realidade Virtual com suporte para smartphones e um fone de ouvido. O óculos de RV é necessário

para proporcionar uma visualização envolvente dos ambientes virtuais, permitindo que você explore os cenários de forma mais realista e imersiva. O fone de ouvido, por sua vez, amplifica a experiência ao oferecer um áudio imersivo, tornando os sons do ambiente virtual mais ricos e detalhados. A combinação desses dois elementos - óculos de RV e fone de ouvido - garante que você aproveite ao máximo a experiência oferecida pelo virtualizador, mergulhando em ambientes virtuais que são tanto visualmente impressionantes quanto auditivamente envolventes.

É necessário utilizar um fone de ouvido mesmo quando o ambiente não possui áudio?

Não, se o ambiente virtual não incluir áudio para reprodução, o uso de um fone de ouvido não é obrigatório. Um fone de ouvido é particularmente recomendado quando o ambiente possui áudio, pois melhora a experiência ao proporcionar um som mais envolvente. No entanto, se o ambiente não tiver componentes de áudio ou se você optar por explorá-lo em silêncio, um fone de ouvido não é necessário. Lembre-se de que o fone de ouvido potencializa a experiência apenas quando o áudio está presente; caso contrário, você pode desfrutar da experiência do virtualizador sem a necessidade de fones de ouvido.

ANEXO

A

Artigo publicado

Na próxima página, será exibido um excerto da revista onde o artigo deste trabalho está publicado.

Ambientes de Realidade Virtual direcionados para a Educação Patrimonial: Uma Revisão Sistemática

Carlos Henrique da Costa Silva¹, Amaury Antônio de Castro Junior¹,
Anderson Corrêa de Lima¹, Lia Raquel Toledo Brambilla Gasques¹

henrique.carlos@ufms.br; amaury.junior@ufms.br; anderson.lima@ufms.br;
lia.gasques@ufms.br

¹ Faculdade de Computação - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Caixa Postal 549,
79.070-900, Campo Grande - MS, Brasil.

Pages: 311-324

Resumo: Recentemente a Realidade Virtual tornou-se uma tecnologia popular e acessível. Pensando no potencial de aplicação da Realidade Virtual como instrumento de ensino, muitas instituições como museus procuram introduzir essa tecnologia como forma de inovar na exposição do patrimônio histórico cultural e promover a Educação Patrimonial. Tendo isso em vista, este trabalho apresenta os resultados de uma Revisão Sistemática realizada com intuito de analisar o estado da arte relacionado aos métodos e técnicas utilizados para a aplicação de Realidade Virtual em museus. De maneira geral, foram identificados mais trabalhos com foco na aplicação da tecnologia na educação do que no método de ensino utilizado com a tecnologia.

Palavras-chave: Educação Patrimonial; Realidade Virtual; Museus; Revisão Sistemática.

Virtual Reality Environments for Heritage Education: a Systematic Review

Abstract: Recently Virtual Reality has become a popular and affordable technology. Thinking about the potential of applying Virtual Reality as a teaching tool, many institutions such as museums seek to introduce this technology as a way of innovating in the exhibition of cultural historical heritage and promoting Heritage Education. With this in mind, this work presents the results of a Systematic Review carried out with the aim of analyzing the state of the art related to the methods and techniques used for the application of Virtual Reality in museums. In general, more works were identified focusing on the application of technology in education than on the teaching method used with technology.

Keywords: Heritage Education; Virtual Reality; Museums; Systematic Review.

1. Introdução

Nos tempos atuais, (Tori & Hounsel, 2020) afirmam que a tecnologia é capaz de proporcionar acesso a ambientes sintéticos e imersivos. Tal capacidade é oriunda,

muitas vezes, do que é conhecido como Realidade Virtual (RV). Nesse ponto de vista, com um dispositivo móvel e alguns outros acessórios de baixo custo é possível construir experiências imersivas, que anos atrás eram inimagináveis.

De maneira geral, a “Realidade Virtual é definida como um ambiente digital gerado computacionalmente que pode ser experienciado de forma interativa como se fosse real” (Jerald, 2015). Tendo em vista essa definição e levando em consideração o potencial de aplicação da RV nos tempos atuais, é possível compreender que ela pode ser aplicada na resolução de problemas de diversas áreas do conhecimento, dentre elas: a educação.

De acordo com (Queiroz et al, 2017), a RV vem sendo exaltada desde a pré-história da educação. Eles ainda salientam que, embora já se tenham muitos trabalhos sobre RV na educação, boa parte deles são feitos de maneira improvisada e muitas vezes sem um grande embasamento científico. A partir desse pensamento, evidencia-se que o potencial da RV ainda pode ser bem explorado em áreas que vão além ou se relacionam diretamente com a educação.

Diante desse contexto, (Silva, 2018) defende que a sociedade contemporânea é capaz de determinar o dia a dia das pessoas e a rotina das corporações devido à busca pela inovação e o uso intensivo de tecnologia. Nesse cenário, as instituições culturais e outras instituições que difundem o patrimônio cultural também buscam acompanhar esse crescimento tecnológico. (Silva, 2018) ainda alega que os museus também têm se preocupado com a adequação de suas atividades em relação à adoção de novas tecnologias.

Nessa perspectiva, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2010) constatou por meio de uma pesquisa que cerca de 70% da população brasileira nunca visitou um museu ou centro cultural. Por meio do resultado dessa pesquisa é possível evidenciar que boa parte da população brasileira, por diversos motivos, não tem acesso ao tipo de cultura, que é proporcionado pelo patrimônio histórico cultural disponível boa parte das vezes em exposições museais.

Em frente ao grande número de brasileiros que nunca visitaram um museu, (Castro, 2006) salienta que a Educação Patrimonial é uma ferramenta essencial para a construção da cidadania de um indivíduo, visto que ela é uma prática pedagógica que exige um papel ativo do indivíduo durante o processo de construção do conhecimento. Nesse mesmo pensamento, (Castro, 2006) ainda afirma que essa educação está muito comprometida com a transformação social, provocando questionamentos e intervindo no meio sociocultural e político.

Para (Horta et al, 1999), a Educação Patrimonial é um procedimento sistemático voltado para o Patrimônio Cultural, que é um meio de afirmação da cidadania. Nessa vertente, (Horta et al, 1999) ainda complementa afirmando que a educação visa descobrir os valores, hábitos, lendas, cultura material e peculiaridades do ambiente com o objetivo de revitalizá-los e disponibilizá-los para toda a comunidade, que deseja por algum motivo ter acesso a esse conhecimento.

Considerando o potencial de inovação e aplicação da RV em diversas áreas do conhecimento, a busca das instituições museais por novas tecnologias e meios de comunicações, e a importância da Educação Patrimonial para construção da cidadania;

o presente trabalho busca investigar de forma específica a relação entre RV e as instituições museais, identificando para isso, os métodos e técnicas empregados para o estabelecimento dessa relação.

Diante desse contexto, ressalta-se que o principal objetivo da presente Revisão Sistemática (RS) é a identificação de métodos e técnicas existentes para a aplicação de Realidade Virtual na Educação Patrimonial. Para tanto, foram buscadas técnicas com abordagens mais acessíveis em relação ao custo/benefício, que utilizaram um dispositivo móvel como visor de RV. Por meio da sumarização dos resultados da RS foi elaborada uma síntese geral das abordagens apresentadas no estado da arte, bem como uma análise de qualidade dos estudos selecionados para a RS.

Pensando nisso, o restante deste trabalho foi estruturado da seguinte forma: a Seção 1 discute sobre a Educação Patrimonial e as tecnologias digitais em museus. A Seção 2 contempla uma descrição do protocolo utilizado para realização da RS. A Seção 3 descreve uma análise dos resultados gerados por este trabalho. A Seção 4 fundamenta uma síntese geral com relação aos estudos identificados durante o processo dessa revisão. Por último, na Seção 5, são realizadas conclusões a respeito do trabalho proposto.

2. Educação Patrimonial e Tecnologias Digitais em Museus

(Gil, 2020), alega que no âmbito do patrimônio, da museologia, da arqueologia e da educação, as definições que fundamentam as atividades de Educação Patrimonial algumas vezes não são as mesmas. Nessa linha de pensamento, ele ainda diz que a difusão, promoção, transmissão, formação e construção são meios relacionados à concepção de educação e, conseqüentemente, da educação patrimonial.

Diante dessa vertente, (Fronza-Martins et al, 2017) ressaltam que a Educação Patrimonial é responsável por proporcionar a criação de processos educativos, que instigam no indivíduo uma busca por conceitos e habilidades ainda não conhecidas. Além disso, tal busca também pode possibilitar a produção de novos conhecimentos em relação ao patrimônio cultural, que dão sentido ao passado quando este está relacionado ao presente.

De acordo com (Motta et al, 2021), os museus representam ambientes informais de educação, que procuram instigar os indivíduos a conhecerem e valorizarem o patrimônio musealizado. Pensando do ponto de vista tecnológico, (Sunderland Bowe, 2016) alega que o engajamento é um assunto de extrema importância, visto que ele é responsável por atrair audiências, por meio de recursos diversos.

Partindo dessa premissa, (Cury, 2013) resalta que o museu é um ambiente de encontro do público com o objeto em exposição. Esses objetos, por sua vez, possuem características e formas distintas de comunicação. (Sunderland Bowe, 2016) complementa dizendo que muitas vezes os objetos musealizados são estáticos, fixos e não podem ser tocados ou experimentados por outros sentidos humanos além da própria visão. Nesse ponto, surgem limitações de percepções sensoriais que afetam significativamente a experiência dos espectadores.

Em contrapartida, (Simon, 2010) defende que para que seja possível se proporcionar uma experiência mais atrativa para os espectadores, os museus precisam lançar plataformas

e réplicas construídas com fabricação digital, que assumam o papel de objetos vivos. Dessa forma, torna-se possível a criação de acervos mais ativos e provocativos para o público, que são capazes de estimular explorações interativas protagonizadas pelos próprios indivíduos.

Tendo isso em vista, (Marins et al, 2008) elencam recursos digitais, que tem potencial de aplicação em museus. Entre eles, um item que se destaca é a RV. De acordo com (Clark, 2006), a RV pode ser usada para tornar o entendimento mais interessante e descontraído com o intuito de melhorar a motivação e a atenção do espectador. Além do mais, o conteúdo de aprendizagem pode ser acessado de qualquer lugar e em qualquer hora por meio de dispositivos com Internet.

De acordo com (Cecotti, 2021), a RV obteve um aumento significativo de interesse por parte dos profissionais de tecnologia. Nesse sentido, (Tennent et al, 2020) asseguram que a RV é uma tecnologia muito promissora para aplicação em museus. Por meio da RV, torna-se possível mergulhar os espectadores em experiências atraentes e interativas. (Seirafi & Wienczek, 2017) compartilham da mesma opinião, confirmando que os museus estão procurando cada vez mais adotar a RV com o intuito de oferecer experiências imersivas com aprendizagens.

3. Metodologia

Ao contrário das revisões de literatura tradicionais, a RS é uma técnica reprodutível e imparcial. (Donato & Donato, 2019), afirmam que a RS tem o objetivo de reduzir pensamentos enviesados por meio de métodos explícitos. Dessa forma, torna-se possível realizar uma pesquisa bibliográfica, que analisa de forma crítica e individual os estudos selecionados.

(Donato & Donato, 2019) ainda descrevem as principais etapas do processo de RS, que devem constar explicitamente na revisão. Entre eles estão: formulação da questão de investigação; produção do protocolo de investigação; definição dos critérios de inclusão e exclusão; desenvolvimento da estratégia de pesquisa; seleção de estudos; extração de dados dos estudos; e síntese dos estudos avaliados. Nesta seção, serão apresentados de forma explícita todos os pontos supracitados.

Com relação à questão de investigação para elaboração desta RS, foi pensado sobre: O que já foi publicado sobre a aplicação de Realidade Virtual para construção de ambientes de visita virtual direcionados para museus?. Tal questionamento foi o primeiro passo para a construção de um protocolo de investigação.

Tendo isso em vista, o protocolo que foi utilizado para a configuração deste trabalho foi baseado no modelo mencionado por (Donato & Donato, 2019). O modelo em questão apresenta uma série de regras para o desenvolvimento de uma análise que pode ser auditável sobre um tópico especial de pesquisa dentro da Ciência da Computação. Tal protocolo foi elaborado e executado durante a RS. A partir disso, os principais pontos são apresentados a seguir:

Objetivos: identificar e analisar os métodos e técnicas existentes para simulação de ambientes de visita virtual em dispositivos móveis para museus. Salienta-se que não foram encontradas RS com o mesmo objetivo específico.

Questões de Pesquisa: durante a elaboração do protocolo, espera-se que a questão de investigação formulada anteriormente esteja bem definida e especificada, visto que na RS, segundo (Donato & Donato, 2019), é imprescindível se definir de forma explícita a questão de investigação.

- **Questão Primária:** Quais são os métodos e técnicas existentes para criar ambientes virtuais?
- **Questão Secundária:** Quais desses métodos e técnicas são empregados para criar ambientes de visitação virtuais voltados para dispositivos móveis e direcionados para a Educação Patrimonial?

CrITÉRIOS de inclusão e exclusão: pensando em uma seleção de trabalhos específica para elaboração desta RS, foi estabelecido o critério de inclusão:

- Trabalhos que apresentam aplicação de métodos de criação de ambientes virtuais direcionados para a Educação Patrimonial.

Nessa mesma linha de especificação, também foram definidos os seguintes critérios de exclusão:

- Trabalhos que não foram publicados como artigos científicos;
- Trabalhos publicados como artigos curtos ou pôsteres;
- Trabalhos que apresentam ambientes virtuais sem descrever o método utilizado;
- Trabalhos que não apresentam aplicação para dispositivos móveis.

Recursos para Busca e Seleção de Estudos: as estratégias e recursos utilizados para busca e seleção prévia de estudos foram estipuladas baseando-se em quatro fatores. São eles:

- **Identificação de fontes de busca:** partindo da premissa de que os estudos preliminares devem ser oriundos de bases eletrônicas indexadas e disponíveis de forma gratuita, foram selecionadas as bases indexadas na máquina de busca eletrônica do Google Scholar.
- **Idioma dos trabalhos:** foram considerados trabalhos publicados na Língua Inglesa, visto que ela é internacionalmente aceita para trabalhos científicos da área. Além do mais, também foram considerados trabalhos escritos na Língua Portuguesa com o intuito de contemplar os trabalhos existentes de pesquisadores do Brasil.
- **Palavras chave:** “develop” e “virtual reality museum” e “mobile”. De maneira geral, a escolha das terminações tem sua justificativa no objetivo principal desta revisão, conforme descrito anteriormente.
- **Data dos trabalhos:** ressalta-se que foram buscados métodos e técnicas atuais de trabalhos publicados a partir do ano de 2017.

Seleção de Estudos: a *string* de busca citada anteriormente foi executada na respectiva fonte de busca. Diante disso, os trabalhos recuperados foram registrados e selecionados tendo como base os critérios definidos previamente. Nesse ponto, também é importante dizer que a seleção foi realizada por meio da leitura dos resumos dos trabalhos.

Avaliação da Qualidade: para inclusão de trabalhos na RS, (Donato & Donato, 2019) afirmam que devem ser realizadas avaliações quanto à qualidade dos trabalhos

selecionados. Para realizar tal avaliação, foram definidos os seguintes critérios de qualidade (CQ):

- **CQ1:** O estudo foi definido de uma forma clara e objetiva?
- **CQ2:** Os métodos utilizados nos estudos primários foram mostrados claramente?
- **CQ3:** O ambiente virtual usado foi mostrado claramente?
- **CQ4:** O estudo foi validado?
- **CQ5:** Os resultados foram apresentados claramente?

Cada trabalho selecionado na RS foi submetido a todos os critérios citados anteriormente. Para cada um deles foi definida uma das seguintes pontuações:

- **1:** Para trabalhos que atenderam completamente o critério;
- **0:** Para trabalhos que não atenderam o critério;
- **0.5:** Para trabalhos que atenderam parcialmente o critério.

Extração de Dados: após a realização da avaliação de qualidade e seleção final dos trabalhos incluídos na RS, foi realizada a leitura dos trabalhos. Nesse sentido, para apresentar os resultados desse processo de extração, foi realizada uma síntese geral em consonância com algumas considerações sobre os trabalhos selecionados.

Considerando o protocolo elaborado, foi conduzida uma revisão em um período de três meses (Fevereiro/2022 a Abril/2022). Para o levantamento dos estudos primários foi necessária a elaboração de uma *string* de busca com base nas palavras chave identificadas: “develop” e “virtual reality museum” e “mobile”. A construção dessa *string* foi o marco inicial para a seleção dos trabalhos. Nesse ponto, as bases eletrônicas indexadas pela máquina de busca do Google Scholar foram selecionadas como as fontes de busca da pesquisa.

Em geral, com a exclusão de trabalhos reincidentes e trabalhos que não atenderam o objetivo da pesquisa, foram pré-selecionados 34 trabalhos. A Tabela 1 apresenta os trabalhos pré-selecionados após a execução da *string* na máquina de busca.

ID	Título	Autores e Ano	Comentários	Status
1	Virtual Reality Museum of Terengganu (Termus VR) in Mobile Application	(Kadri, 2019)	O trabalho não é um artigo	Excluído
2	Pembuatan Aplikasi Virtual Reality Museum R Hamong Wardoyo Boyolali Menggunakan Unity 3D Game Engine Berbasis Android	(Hariyatno, 2020)	Não apresenta o método utilizado	Excluído
3	Towards personalized virtual reality touring through cross-object user interfaces	(Li et al, 2019)	Não é aplicado em dispositivos móveis	Excluído
4	Redesign of a Cultural Heritage Digital Experience in a Lean Approach	(Ma & Lu, 2021)	O trabalho é um artigo curto	Excluído
5	A proposal for a virtual reality museum for virtual reality art	(Fischer, 2017)	Atende os critérios de inclusão	Incluído
6	Great Paintings in Fully Immersive Virtual Reality	(Cecotti, 2021)	Atende os critérios de inclusão	Incluído

ID	Título	Autores e Ano	Comentários	Status
7	Designing for joint attention and co-presence across parallel realities	(Steier, 2020)	Atende os critérios de inclusão	Incluído
8	A review of immersive virtual reality serious games to enhance learning and training	(Checa & Bustillo, 2020)	Não apresenta o método utilizado	Excluído
9	Design and development of a spatial mixed reality touring guide to the Egyptian museum	(Hammady et al, 2020)	Não é aplicado em dispositivos móveis	Excluído
10	A Virtual Reality Etruscan Museum Exhibition–Preliminary Results Of The Participants’ Experience	(Poce et al, 2020)	Atende os critérios de inclusão	Incluído
11	Creating a mobile VR interactive tour guide	(Seligmann, 2018)	O trabalho não é um artigo	Excluído
12	Research on 3D painting in virtual reality to improve students’ motivation of 3D animation learning	(Ho et al, 2019)	Não é aplicado em dispositivos móveis	Excluído
13	Virtual Reality Usability and Accessibility for Cultural Heritage Practices: Challenges Mapping and Recommendations	(Chong et al, 2021)	Não apresenta o método utilizado	Excluído
14	Thresholds: Embedding Virtual Reality in the Museum	(Tennent et al, 2020)	Atende os critérios de inclusão	Incluído
15	Constructing virtual reality exhibitions with multimodal interactions	(Jia et al, 2020)	O trabalho não é um artigo	Excluído
16	Blue-and-White: Exploring Mixed Reality Technology for Representing and Facilitating Intercultural Dialogue in Museums	(Zhao, 2020)	O trabalho não é um artigo	Excluído
17	Analytical review of augmented reality MOOCs	(Panchenko & Muzyka, 2020)	Não apresenta o método utilizado	Excluído
18	Digitalisation at Museums: A study on the various effects digitalisation have had on museums and how museums can develop new digital interactions for their visitors	(Taher, 2020)	O trabalho não é um artigo	Excluído
19	Human Factors in the Design of Virtual Reality Instruction	(Lewis, 2018)	O trabalho não é um artigo	Excluído
20	A Concept for Augmented Learning in Museums	(Seirafi & Wiencek, 2017)	Atende os critérios de inclusão	Incluído
21	Educational games to enhance museum visits for schools	(Bossavit et al, 2018)	Atende os critérios de inclusão	Incluído
22	Examination of Postgraduate Theses on Virtual Reality in the Field of Social Sciences in Turkey	(Altınpulluk et al, 2021)	Não apresenta o método utilizado	Excluído
23	Design of Digital Interaction for Complex Museum Collections	(Micoli et al, 2020)	Atende os critérios de inclusão	Incluído
24	Development Of a VR Game for Mektory Demo Room	(Tepljakov, 2018)	O trabalho não é um artigo	Excluído

ID	Título	Autores e Ano	Comentários	Status
25	Experience Design for Virtual Reality. From Illusion to Agency	(Kuchelmeister, 2020)	Atende os critérios de inclusão	Incluído
26	Virtual Travelling Exhibition for Egyptian Dark Stories: Applied to the Screaming Mummy	(Hamdi, 2021)	Atende os critérios de inclusão	Incluído
27	Effectiveness of Construction Safety Hazards Identification in Virtual Reality Learning Environment	(Shamsudin & Majid, 2019)	Não é aplicado em dispositivos móveis	Excluído
28	Museum of symmetry	(Dawkins et al, 2018)	O trabalho não é um artigo	Excluído
29	An Overview of How VR/AR Applications Assist Specialists in Developing Better Consumer Behavior and Can Revolutionize Our Life	(Bucea-Manea-Tonis et al, 2021)	Atende os critérios de inclusão	Incluído
30	Hybrid Space: Re-thinking Space and the Museum Experience	(Baradaran Rahimi, 2019)	O trabalho não é um artigo	Excluído
31	Illustration, Re-Enactment, Citizenship and Heritage of Contemporary Conflict: The Case of the Ebro (1938)	(Hernández-Cardona et al, 2021)	Não é aplicado em dispositivos móveis	Excluído
32	The Invisible Museum: A User-Centric Platform for Creating Virtual 3D Exhibitions with VR Support	(Zidianakis et al, 2021)	Atende os critérios de inclusão	Incluído
33	Beyond Compliance: Exploring Emerging Technologies to Enrich the Visual Arts Experience for Audiences of All Abilities	(Barkai, 2017)	O trabalho não é um artigo	Excluído

Tabela 1 – Estudos pré-selecionados

Com a realização da leitura das obras, 12 trabalhos foram escolhidos para fazer parte da análise de qualidade e da síntese da pesquisa. Com o auxílio de critérios de inclusão e exclusão, foram definidos os trabalhos incluídos e excluídos da RS.

4. Análise de Qualidade dos Trabalhos Selecionados

Considerando a elucidação da síntese do presente trabalho, foi elaborada uma análise de qualidade que apresenta os pontos mais relevantes para os pesquisadores que estão interessados nessa mesma linha de estudo. Para tanto, essa análise pode indicar uma visão geral sobre o que está sendo explorado na área em questão, bem como o que pode ser encontrado no estado da arte. A análise em questão é apresentada na Tabela 2 e engloba os 12 estudos selecionados.

ID	CQ1	CQ2	CQ3	CQ4	CQ5
5	1	0	0	1	0.5
6	1	0.5	1	1	1
7	1	0	1	1	0.5

ID	CQ1	CQ2	CQ3	CQ4	CQ5
10	1	1	0	1	1
14	1	0	0	1	0.5
20	1	0	0.5	0.5	1
22	1	0.5	0	1	1
23	1	1	0	1	1
25	0.5	0.5	1	1	0.5
26	0.5	0	0	1	1
29	1	0	0.5	1	0.5
32	1	1	1	1	1

Tabela 2 – Análise de qualidade dos estudos selecionados

Numericamente, pode-se perceber que 83% dos trabalhos selecionados (5, 6, 7, 10, 14, 20, 22, 23, 29 e 32) foram definidos de forma clara e objetiva. Os 17% restantes (25 e 26) atenderam esse critério de forma parcial. Com relação à apresentação dos métodos e técnicas utilizados, 50% dos trabalhos (6, 10, 22, 23, 25 e 32) atenderam esse critério de forma completa ou parcial. Os outros 50% (5, 7, 14, 20, 26 e 29) não apresentaram as abordagens utilizadas de uma forma objetiva.

Já em relação à apresentação do ambiente virtual, 50% (6, 7, 20, 25, 29 e 32) dos estudos atingiram esse critério de forma completa ou parcial. O restante dos estudos (5, 10, 14, 22, 23 e 26), não apresentam esses ambientes de forma clara ou explícita. Pensando na validação dos estudos, 91% dos trabalhos (5, 6, 7, 10, 14, 22, 23, 25, 26, 29 e 32) alcançaram nota máxima nesse critério. Os outros 9% (20) atenderam esse critério de forma parcial. Relativo à apresentação dos resultados da pesquisa, 58% dos trabalhos (6, 10, 20, 22, 23, 26 e 32) atingiram de forma satisfatória esse critério. Os 42% restantes (5, 7, 14, 25 e 29) alcançaram esse critério parcialmente.

Diante dessa perspectiva, torna-se possível identificar que boa parte dos trabalhos apresentam métodos promissores para a construção de ambientes de visita virtual. Tais métodos ainda apresentam sucesso no contexto de museus e instituições de difusão de patrimônio cultural. Nesse ponto, a RS apresentada é capaz de garantir a abrangência do presente trabalho por parte de pesquisadores interessados no tema em questão.

5. Síntese Geral dos Trabalhos Analisados

A Seção em questão apresenta uma síntese da RS desenvolvida a partir dos estudos selecionados anteriormente. Desse modo, serão apresentados pontos de suma importância para o respectivo tema.

5.1. Realidade Virtual e Educação Patrimonial

Por meio da realização desta pesquisa foi possível evidenciar que o estado da arte revela algumas abordagens promissoras, que podem ser relacionadas diretamente para a simulação de ambientes de visita virtual de museus e promoção da Educação

Patrimonial. Partindo desse ponto, foi identificado que a maioria dos trabalhos têm mais foco na tecnologia do que no método pedagógico em si.

Tendo isso em vista, o trabalho de (Cecotti, 2021) apresenta um museu, onde um total de 1000 pinturas podem ser acessadas de forma individual em ou galerias de artes. Para o desenvolvimento desse acervo, foi utilizado o *plugin* SteamVR2, que é uma ferramenta para experimentação de conteúdos em RV. Durante o desenvolvimento do trabalho, (Cecotti, 2021) destacou uma abordagem centrada no usuário. Nesse sentido, foram incorporadas lupas para melhor visualização e navegação entre as pinturas. Um ponto ressaltado para justificar o estudo são os estudantes que não moram nas grandes cidades e não têm acesso às obras de arte.

O trabalho de (Poce et al, 2020) propôs um aplicativo de RV que apresenta uma exposição de arte etrusca de um museu romano. O estudo se justifica principalmente nos efeitos da pandemia causada pela COVID-19, que interrompeu as visitas em museus devido às medidas de distanciamento. O aplicativo foi construído por meio da combinação de diferentes métodos pedagógicos, como Narrativa Digital e Questionamento Reflexivo. Para o desenvolvimento dos ambientes foram criados modelos tridimensionais, nos quais o espectador pode se mover em um espaço virtual e explorar o conteúdo oferecido pela tecnologia.

Em continuidade, (Zidianakis et al, 2021) projetaram uma plataforma chamada Museu Invisível, que objetiva a criação de exposições virtuais tridimensionais por meio de um ambiente unificado e ao mesmo tempo colaborativo. O estudo de (Zidianakis et al, 2021) também apresenta uma abordagem centrada no usuário, contando com a participação de curadores de museus e usuários finais. A plataforma foi projetada para possibilitar a formulação e representação semântica de narrativas, que orientam as experiências de contar histórias e vinculam os artefatos apresentados ao seu próprio contexto sócio-histórico.

(Micoli et al, 2020) discutem sobre uma abordagem para se projetar exposições interativas de artefatos egípcios. Nessa linha, eles pontuam que umas das abordagens mais simplificadas consiste na expansão monoscópica do ambiente real, que geralmente faz uso de dispositivos móveis pessoais, como *smartphones* para visualização. Para essa situação específica, (Micoli et al, 2020) ainda alertam que devem ser criados marcadores fiduciais, pensando na qualidade da conexão do conteúdo aumentado e do conteúdo real.

Por último, (Seirafi & Wiencek, 2017), definem algumas ideias para aplicação de RV em museus. Por meio de algumas dessas ideias, eles criaram uma tecnologia chamada HoloMuse, que desenvolve novas formas de aprendizagem para ambientes com patrimônio cultural executáveis em celulares. De maneira geral, eles afirmam que tecnologias como a RV agregam muito valor e geram novas oportunidades de aprendizado, podendo ser integrado a conceitos didáticos.

6. Conclusões

Perante o potencial de aplicação da RV e a quantidade de trabalhos voltados para o desenvolvimento de ambientes de visita virtual direcionados para a Educação Patrimonial, uma revisão sistemática sobre o tema foi realizada. A leitura dos trabalhos

permitiu a identificação de alguns métodos e técnicas utilizadas para construção desses ambientes. Além do mais, foram encontrados estudos que contribuíram para responder às questões de pesquisa estabelecidas no protocolo.

Por meio da revisão executada, pode-se afirmar que a aplicação de RV para construção de ambientes direcionados para a Educação Patrimonial ainda pode evoluir muito, tanto em quantidade de trabalhos como também na qualidade das pesquisas publicadas. Tal ponto pode ser justificado talvez pelo fato de que a RV é um tema recente dentro do contexto de aplicação que envolve o presente trabalho.

Outro ponto de destaque é o elemento da Narrativa Digital, que se mostrou essencial na elaboração de métodos de aprendizagem para trabalhos envolvendo a aplicação de RV em museus. De modo geral, alguns trabalhos não apresentaram em detalhes os métodos utilizados, dando mais atenção para a aplicação da tecnologia do que no método em si.

Em síntese, novos trabalhos podem ser elaborados pensando nas abordagens e mecanismos que fundamentam os ambientes de visita virtual pesquisados. Ainda pode-se pensar sobre o impacto de métodos pedagógicos aplicados para essas abordagens, visando um aprendizado de maior qualidade.

Referências

- Altınpulluk, H., Demirbag, I., Ertan, S., Yıldırım, Y., Kocak, A., Yıldız, T., Yıldırım, M., Kose, B. S., Taylan, G. " O., Karagil, S. D., et al. (2021). Examination of postgraduate theses on virtual reality in the field of social sciences in turkey. *Asian Journal of Distance Education*, 16(1).
- Baradaran Rahimi, F. (2019). Hybrid space: Re-thinking space and the museum experience.
- Barkai, S. (2017). Beyond compliance: Exploring emerging technologies to enrich the visual arts experience for audiences of all abilities.
- Bossavit, B., Pina, A., Sanchez-Gil, I., Urtasun, A. (2018). Educational games to enhance museum visits for schools. *Journal of Educational Technology & Society*, 21(4):171–186.
- Bucea-Manea-Tonis, R., Gurgu, E., Martins, O. M. D., Simion, V. E. (2021). An overview of how vr/ar applications assist specialists in developing better consumer behavior and can revolutionize our life. *Consumer Happiness: Multiple Perspectives*, pages 231–253.
- Castro, C. Y. (2006). A importância da educação patrimonial para o desenvolvimento do turismo cultural. *Partes*, São Paulo , 30.
- Cecotti, H. (2021). Great paintings in fully immersive virtual reality. In 2021 7th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN), pages 1–8. IEEE.

- Checa, D., Bustillo, A. (2020). A review of immersive virtual reality serious games to enhance learning and training. *Multimedia Tools and Applications*, 79(9):5501–5527.
- Chong, H. T., Lim, C. K., Ahmed, M. F., Tan, K. L., Mokhtar, M. B. (2021). Virtual reality usability and accessibility for cultural heritage practices: Challenges mapping and recommendations. *Electronics*, 10(12):1430.
- Clark, D. (2006). *Motivation in e-learning*. Brighton, UK: Epic. Retrieved March, 16:2009.
- Cury, M. X. (2013). Educação em museus: Panorama, dilemas e algumas ponderações. *Ensino em Revista*.
- Dawkins, P., Mohammadian, M., Goldstein, T. (2018). Museum of symmetry. In *ACM SIGGRAPH 2018 Virtual, Augmented, and Mixed Reality*, pages 1–1.
- Donato, H., Donato, M. (2019). Etapas na condução de uma revisão sistemática. *Acta Médica Portuguesa*, 32(3).
- Fischer, M. (2017). A proposal for a virtual reality museum for virtual reality art. *MW17*, 2.
- Fronza-Martins, A. S. et al. (2017). Da magia à sedução: ações educativas formativas para universitários em museus paulistanos.
- Gil, C. Z. d. V. (2020). Investigações em educação patrimonial e ensino de história (2015-2017). *Clio. Recife, PE*. Vol. 31, n. 1 (jan./jun. 2020), 107-127.
- Hamdi, A. (2021). Virtual traveling exhibition for egyptian dark stories: Applied to the screaming mummy. *Jornal do Instituto Superior de Estudos Qualitativos*, 1(1):347–383.
- Hammady, R., Ma, M., Strathern, C., Mohamad, M. (2020). Design and development of a spatial mixed reality touring guide to the egyptian museum. *Multimedia Tools and Applications*, 79(5):3465–3494.
- Hariyatno, A. R. (2020). Pembuatan aplikasi virtual reality museum r hamong wardoyo boyolali menggunakan unity 3d game engine berbasis android.
- Hernandez-Cardona, F. X., Rubio-Campillo, X., Sospedra-Roca, R., Iniguez-Gracia, D. (2021). Illustration, re-enactment, citizenship and heritage of contemporary conflict: The case of the ebro (1938). *Sustainability*, 13(6):3425.
- Ho, L.-H., Sun, H., Tsai, T.-H. (2019). Research on 3d painting in virtual reality to improve students' motivation of 3d animation learning. *Sustainability*, 11(6):1605.
- Horta, M. d. L. P., Grunberg, E., Monteiro, A. Q. (1999). *Guia básico de educação patrimonial*, volume 199. Iphan Brasília.
- Ipea (2010). Ipea constata que 70% da população brasileira nunca foram a um museu ou a um centro cultural.
- Jerald, J. (2015). *The VR book: human-centered design for virtual reality*. Morgan Claypool.

- Jia, Y. et al. (2020). Constructing virtual reality exhibitions with multimodal interactions. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology.
- Kadri, M. A. S. B. (2019). Virtual reality museum of terengganu (termus vr) in mobile application.
- Kuchelmeister, V. (2020). Experience design for virtual reality. from illusion to agency. *International Journal on Stereo & Immersive Media*, 4(1):134–153.
- Lewis, T. (2018). Human factors in the design of virtual reality instruction.
- Li, X., Zhou, Y., Chen, W., Hansen, P., Geng, W., Sun, L. (2019). 8. towards personalized virtual reality touring through cross-object user interfaces. In *Personalized Human-Computer Interaction*, pages 201–222. De Gruyter Oldenbourg.
- Ma, L., Lu, X. (2021). Redesign of a cultural heritage digital experience in a lean approach.
- Marins, V., Haguenaer, C., Cunha, G., Cordeiro Filho, F. (2008). Aprendizagem em museus com uso de tecnologias digitais e realidade virtual. *Revista Educação Online. UFRJ*, 3:51–63.
- Micoli, L. L., Caruso, G., Guidi, G. (2020). Design of digital interaction for complex museum collections. *Multimodal Technologies and Interaction*, 4(2):31.
- Motta, F. M. et al. (2021). Mediações culturais em museus, no contexto da economia criativa, com o uso de tecnologias digitais.
- Panchenko, L., Muzyka, I. (2020). Analytical review of augmented reality moocs.
- Poce, A., Caccamo, A., Amenduni, F., Re, M. R., De Medio, C., Valente, M. (2020). A virtual reality etruscan museum exhibition—preliminary results of the participants' experience. In *EDEN Conference Proceedings*, number 1, pages 40–49
- Queiroz, A. C., Tori, R., Nascimento, A. (2017). Realidade virtual na educação: panorama das pesquisas no brasil. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 28, page 203.
- Seirafi, K., Wiencek, F. (2017). A concept for augmented learning in museums.
- Seligmann, R. L. (2018). Creating a mobile vr interactive tour guide.
- Shamsudin, N. M., Majid, F. A. (2019). Effectiveness of construction safety hazards identification in virtual reality learning environment. *Environment-Behaviour Proceedings Journal*, 4(12):375–381.
- Silva, S. S. N. d. (2018). Realidade virtual em museus: Estudo de caso do News Museum em Sintra. PhD thesis.
- Simon, N. (2010). The participatory museum. *Museum 2.0*.
- Steier, R. (2020). Designing for joint attention and co-presence across parallel realities.
- Sunderland Bowe, J. (2016). The creative museum—analysis of selected best practices from europe. *Heritec Education Consulting*.

- Taher, H. (2020). Digitalisation at museums: A study on the various effects digitalisation have had on museums and how museums can develop new digital interactions for their visitors.
- Tennent, P., Martindale, S., Benford, S., Darzentas, D., Brundell, P., Collishaw, M. (2020). Thresholds: Embedding virtual reality in the museum. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, 13(2):1–35.
- Tepļjakov, A. (2018). Development of a vr game for mektory demo room.
- Tori, R., Hounsell, M. (2020). Introdução a realidade virtual e aumentada. *Interação*, 7:11.
- Zhao, P. (2020). Blue-and-White: Exploring Mixed Reality Technology for Representing and Facilitating Intercultural Dialogue in Museums. PhD thesis, OCAD University.
- Zidianakis, E., Partarakis, N., Ntoa, S., Dimopoulos, A., Kopidaki, S., Ntagianta, A., Ntafotis, E., Xhako, A., Pervolarakis, Z., Kontaki, E., et al. (2021). The invisible museum: A user-centric platform for creating virtual 3d exhibitions with vr support. *Electronics*, 10(3):363.

ANEXO

B

Registro de software

Na página seguinte, será exibido o documento de registro referente ao *software* desenvolvido neste trabalho.



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS

Certificado de Registro de Programa de Computador

Processo Nº: **BR512023001467-2**

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expede o presente certificado de registro de programa de computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de 12/02/2023, em conformidade com o §2º, art. 2º da Lei 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.

Título: Meraxes

Data de publicação: 12/02/2023

Data de criação: 12/02/2023

Titular(es): UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

Autor(es): AMAURY ANTÔNIO DE CASTRO JUNIOR; ANDERSON CORRÊA DE LIMA; CARLOS HENRIQUE DA COSTA SILVA; LIA RAQUEL TOLEDO BRAMBILLA GASQUES

Linguagem: JAVA SCRIPT

Campo de aplicação: CO-04; IF-08

Tipo de programa: AP-01

Algoritmo hash: SHA-512

Resumo digital hash:

E49739B4A5218209675F6CA8B8B8A97F60F026B16E16799040BD07A47396DD974DE4E7AD412DE9B1387ACCA7F
A29A36EABA103D816E2186850BBDFE622FCC893

Expedido em: 30/05/2023

Aprovado por:

Carlos Alexandre Fernandes Silva
Chefe da DIPTO

Referências

- Altınpulluk, H., Demirbağ, İ., Ertan, S., Yıldırım, Y., Koçak, A., Yıldız, T., Yıldırım, M., Köse, B. S., Taylan, G. Ö., Karagil, S. D., et al. (2021). Examination of postgraduate theses on virtual reality in the field of social sciences in turkey. *Asian Journal of Distance Education*, 16(1). Citado na página 59.
- Anderson, G. (2016). *Reinventing the Museum: Historical and Contemporary Perspectives on the Paradigm Shift*. AltaMira Press. Citado na página 5.
- Araújo, I. (2020). *Museology and Museum Practice: Theory Meets Practice*. Routledge. Citado na página 6.
- Bajwa, I. S., Asad, M., e Fazal-e Amin, F. A. (2016). Web load balancing techniques and comparative analysis between open source web servers for node.js. In *2016 14th International Bhurban Conference on Applied Sciences and Technology (IBCAST)*, páginas 66–71. IEEE. Citado na página 20.
- Banks, A. (2021). *PostgreSQL: Up and Running*. O'Reilly Media. Citado nas páginas 21 e 22.
- Baradaran Rahimi, F. (2019). Hybrid space: Re-thinking space and the museum experience. Citado na página 59.
- Barkai, S. (2017). Beyond compliance: Exploring emerging technologies to enrich the visual arts experience for audiences of all abilities. Citado na página 59.
- Barth, J. (2020). *Cloudinary in Practice: A Complete Guide to Media Management with Cloudinary*. Apress. Citado na página 23.
- Bass, L., Clements, P., e Kazman, R. (2015). *Software Architecture in Practice*. Addison-Wesley Professional. Citado na página 24.

- Bekele, M. A. e Schwienhorst, K. (2020). Virtual reality technology acceptance and its impact on students' learning outcomes and engagement: A literature review. *Computers & Education*, 144:103701. Citado na página 11.
- Bermudez, J. e Diaz, L. (2017). Html5: History and features. *Journal of Software Engineering and Applications*, 10(2):70–76. Citado na página 12.
- Bossavit, B., Pina, A., Sanchez-Gil, I., e Urtasun, A. (2018). Educational games to enhance museum visits for schools. *Journal of Educational Technology & Society*, 21(4):171–186. Citado na página 59.
- Brajnik, G. (2012). Assessing web accessibility through the html/xhtml accessibility guidelines. In *International Conference on Computers Helping People with Special Needs*, páginas 520–527. Springer. Citado na página 13.
- Bruneau, T. (2019). *Strapi: Up and Running*. O'Reilly Media. Citado na página 20.
- Bucea-Manea-Țoniș, R., Gurgu, E., Martins, O. M. D., e Simion, V. E. (2021). An overview of how vr/ar applications assist specialists in developing better consumer behavior and can revolutionize our life. *Consumer Happiness: Multiple Perspectives*, páginas 231–253. Citado na página 59.
- Buckingham, S. (2017). Leveraging cloudinary for dynamic image manipulation. *Journal of Web Development*, 11(2):87–96. Citado na página 23.
- Cantelon, M., Harter, T., Holowaychuk, T., Rajlich, N., e Young, M. (2018). *Node.js in Action*. Manning Publications, 2nd edition. Citado na página 15.
- Castro, C. Y. (2006). A importância da educação patrimonial para o desenvolvimento do turismo cultural. *Partes, São Paulo*, 30. Citado na página 2.
- Cecotti, H. (2021). Great paintings in fully immersive virtual reality. In *2021 7th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN)*, páginas 1–8. IEEE. Citado nas páginas 9, 25, e 59.
- Checa, D. e Bustillo, A. (2020). A review of immersive virtual reality serious games to enhance learning and training. *Multimedia Tools and Applications*, 79(9):5501–5527. Citado na página 59.
- Chinnathambi, V. (2020). *Vue.js 3: Concepts and Applications*. Packt Publishing. Citado na página 17.
- Chong, H. T., Lim, C. K., Ahmed, M. F., Tan, K. L., e Mokhtar, M. B. (2021). Virtual reality usability and accessibility for cultural heritage practices: Challenges mapping and recommendations. *Electronics*, 10(12):1430. Citado na página 59.

- Chowdhury, A., Oreshkin, B. N., Ahmed, S., Nguyen, N., e Feaster, J. (2018). A-frame as a web-based virtual reality framework in educational and training environments. In *Proceedings of the 2018 IEEE/ACIS 17th International Conference on Computer and Information Science*, páginas 261–266. IEEE. Citado na página 16.
- Clark, D. (2006). Motivation in e-learning. *Brighton, UK: Epic*. Retrieved March, 16:2009. Citado na página 8.
- Coyier, C. (2018). *CSS Secrets: Better Solutions to Everyday Web Design Problems*. O'Reilly Media, 2nd edition. Citado na página 14.
- Crockford, D. (2008). *JavaScript: The Good Parts*. O'Reilly Media. Citado na página 15.
- Cury, M. X. (2013). Educação em museus: Panorama, dilemas e algumas ponderações. *Ensino em Re-vista*. Citado na página 8.
- Dahl, R. (2010). Node.js: Javascript on the server. In *JSCConf EU 2009*. Citado na página 19.
- Dawkins, P., Mohammadian, M., e Goldstein, T. (2018). Museum of symmetry. In *ACM SIGGRAPH 2018 Virtual, Augmented, and Mixed Reality*, páginas 1–1. Citado na página 59.
- de Vasconcellos Motta, F. M. et al. (2021). Mediações culturais em museus, no contexto da economia criativa, com o uso de tecnologias digitais. Citado na página 8.
- Deng, Y., e. a. (2019). Virtual reality for education: A qualitative meta-synthesis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(22):4376. Citado na página 11.
- Donato, H. e Donato, M. (2019). Etapas na condução de uma revisão sistemática. *Acta Médica Portuguesa*, 32(3). Citado nas páginas 55, 56, e 57.
- Egbewale, A. e Fagbolagun, D. (2018). A review of vue.js and its ecosystem. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(11):271–275. Citado na página 17.
- Facebook (2023). Getting started with react 360. <https://facebook.github.io/react-360/docs/getting-started.html>. Acessado em: 23 de Agosto de 2023. Citado na página 30.
- Fischer, M. (2017). A proposal for a virtual reality museum for virtual reality art. *MW17*, 2. Citado na página 59.

- Flanagan, D. (2011). *HTML5: Up and Running*. O'Reilly Media. Citado na página 12.
- Flanagan, D. (2021). *JavaScript: The Definitive Guide*. O'Reilly Media. Citado na página 15.
- Florez, H. M., Betancur, J. J. M., e Paternina, R. L. (2017). Analysis and design of a microservices architecture model for the development of e-commerce platforms. In *International Conference on Web Engineering*, páginas 451–460. Springer, Cham. Citado na página 19.
- Fronza-Martins, A. S. e. a. (2017). Da magia à sedução: ações educativas formativas para universitários em museus paulistanos. Citado na página 7.
- Frost, B. (2016). *Responsive Web Design with HTML5 and CSS3*. Packt Publishing. Citado na página 14.
- Ghosh, A. (2021). Recent trends in cloud-based media management services. In *International Conference on Cloud Computing and Big Data*, páginas 108–115. Citado na página 23.
- Gil, C. Z. d. V. (2020). Investigações em educação patrimonial e ensino de história (2015-2017). *Clio. Recife, PE. Vol. 31, n. 1 (jan./jun. 2020)*, 107-127. Citado na página 7.
- Goguen, J. e. a. (2014). Requirements elicitation: A survey of techniques, approaches, and tools. In *International Journal of Information Technology and Business Management*, volume 14, páginas 16–27. Citado na página 24.
- González, R. (2019). Building virtual reality experiences with a-frame.js. *Web Design and Development*, 3(2):45–56. Citado nas páginas 16 e 17.
- Gupta, R. (2018). Clouinary for media management in e-commerce websites. *International Journal of E-commerce*, 14(1):45–54. Citado na página 23.
- Hamdi, A. (2021). Virtual travelling exhibition for egyptian dark stories: Applied to the screaming mummy. *Jornal do Instituto Superior de Estudos Qualitativos*, 1(1):347–383. Citado nas páginas 9 e 59.
- Hammady, R., Ma, M., Strathern, C., e Mohamad, M. (2020). Design and development of a spatial mixed reality touring guide to the egyptian museum. *Multimedia Tools and Applications*, 79(5):3465–3494. Citado na página 59.
- Hariyatno, A. R. (2020). Pembuatan aplikasi virtual reality museum r hamong wardoyo boyolali menggunakan unity 3d game engine berbasis android. Citado na página 59.

- Haverbeke, M. (2018). *Eloquent JavaScript: A Modern Introduction to Programming*. No Starch Press, 3rd edition. Citado na página 15.
- Hernández-Cardona, F. X., Rubio-Campillo, X., Sospedra-Roca, R., e Íñiguez-Gracia, D. (2021). Illustration, re-enactment, citizenship and heritage of contemporary conflict: The case of the ebro (1938). *Sustainability*, 13(6):3425. Citado na página 59.
- Ho, L.-H., Sun, H., e Tsai, T.-H. (2019). Research on 3d painting in virtual reality to improve students' motivation of 3d animation learning. *Sustainability*, 11(6):1605. Citado na página 59.
- Horta, M. d. L. P., Grunberg, E., e Monteiro, A. Q. (1999). *Guia básico de educação patrimonial*, volume 199. Iphan Brasília. Citado na página 2.
- Ipea (2010). Ipea constata que 70% da população brasileira nunca foram a um museu ou a um centro cultural. Citado na página 2.
- Jacobson, I., Booch, G., e Rumbaugh, J. (2011). *Object-Oriented Software Engineering: A Use Case Driven Approach*. Addison-Wesley. Citado na página 24.
- Jagtap, A. e Kulkarni, S. (2021). Vue.js: A comprehensive study of its features and trends. *International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science*, 10(1):70–74. Citado na página 18.
- Jerald, J. (2015). *The VR book: human-centered design for virtual reality*. Morgan & Claypool. Citado na página 1.
- Jia, Y. et al. (2020). *Constructing virtual reality exhibitions with multimodal interactions*. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology. Citado na página 59.
- Kadri, M. A. S. B. (2019). Virtual reality museum of terengganu (termus vr) in mobile application. Citado na página 59.
- Khan, S. (2019). Responsive web design: An emerging trend in web development. *Journal of Information Systems and Technology Management*, 16(1):e202001. Citado na página 13.
- Kotonya, G. e Sommerville, I. (2016). *Requirements Engineering*. Springer. Citado na página 24.
- Kuchelmeister, V. (2020). Experience design for virtual reality. from illusion to agency. *International Journal on Stereo & Immersive Media*, 4(1):134–153. Citado nas páginas 9 e 59.

- Lambert, D. (2018). *HTML5 Canvas*. O'Reilly Media. Citado na página 12.
- Lamsweerde, A. v., Letier, E., e Fickas, S. (2015). Goal-oriented requirements engineering: A guided tour. In *Proceedings of the 5th International Conference on Requirements Engineering*, páginas 249–262. Citado na página 24.
- Lassance, J. (2021). Educação como canal de comunicação arqueológica/museológica: uma análise bibliográfica dos projetos de educação patrimonial no licenciamento ambiental no rio grande do sul. *Revista de Arqueologia Pública: Revista eletrônica do Laboratório de Arqueologia Pública de Unicamp*, 17(2):159–178. Citado na página 7.
- Lazzati, L. A. e Luiz, V. S. (2021). Vite: An efficient and faster development tool for modern web applications. In *2021 IEEE/ACM 43rd International Conference on Software Engineering: Software Engineering in Practice Track (ICSE-SEIP)*, páginas 429–438. IEEE. Citado na página 18.
- Lee, J. (2020). *Building APIs with Strapi: Develop, Deploy, and Secure Production-Ready RESTful and GraphQL APIs*. Apress. Citado na página 20.
- Lewis, T. (2018). Human factors in the design of virtual reality instruction. Citado na página 59.
- Li, W. e Dey, A. K. (2014). The mobile-first approach for responsive web design: Challenges and opportunities. In *Proceedings of the 13th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*, páginas 277–282. ACM. Citado na página 12.
- Li, X., Zhou, Y., Chen, W., Hansen, P., Geng, W., e Sun, L. (2019). Towards personalized virtual reality touring through cross-object user interfaces. In *Personalized Human-Computer Interaction*, páginas 201–222. De Gruyter Oldenbourg. Citado na página 59.
- Lomba, C. (2018). *A History of Museums: And Museum Studies*. Wiley-Blackwell. Citado na página 6.
- Luo, X., Wang, D., Zhang, X., Zhang, H., e Li, H. (2019). Virtual reality and smart tourism: Innovative perspectives in tourism and hospitality. *Tourism Management*, 74:1–8. Citado na página 11.
- MA, L. e LU, X. (2021). Redesign of a cultural heritage digital experience in a lean approach. Citado na página 59.
- Marins, V., Haguenaer, C., Cunha, G., e Cordeiro Filho, F. (2008). Aprendizagem em museus com uso de tecnologias digitais e realidade virtual. *Revista Educação Online. UFRJ*, 3:51–63. Citado nas páginas 8 e 10.

- Martins, G. R. e Kashimoto, E. M. (2012). *12.000 anos: Arqueologia do povoamento humano no nordeste de Mato Grosso do Sul*. Life Editora. Citado na página 2.
- McKenzie, S. (2021). Application of strapi.js for custom content management systems. *Journal of Web Development*, 5(1):32–41. Citado na página 21.
- Meiklejohn, C., Bakkum, P., Bates, A., Sheth, A., e Mainland, G. (2015). The frenetic compilation framework: A basis for network programming and software-defined networking. *ACM Transactions on Programming Languages and Systems (TOPLAS)*, 37(3):10. Citado na página 19.
- Mertens, T., Kautz, J., e Gool, L. V. (2010). Exposure fusion: A simple and practical alternative to high dynamic range photography. In *Computer Graphics Forum*, volume 28, páginas 161–171. Wiley Online Library. Citado na página 11.
- Meyer, E. A. (2014). *CSS: The Definitive Guide*. O'Reilly Media, 4th edition. Citado nas páginas 13 e 14.
- Micoli, L. L., Caruso, G., e Guidi, G. (2020). Design of digital interaction for complex museum collections. *Multimodal Technologies and Interaction*, 4(2):31. Citado nas páginas 25 e 59.
- Momjian, B. e Drake, M. (2019). *Mastering PostgreSQL 12*. Packt Publishing. Citado nas páginas 21 e 22.
- Müller, D. S. e Bien, E. W. (2018). *CSS: The Missing Manual*. O'Reilly Media, 4th edition. Citado na página 13.
- Oliveira, D. L. (2021). *Educação Patrimonial*. Clube de Autores. Citado na página 7.
- Panchenko, L. e Muzyka, I. (2020). Analytical review of augmented reality moocs. Citado na página 59.
- Philbin, G. (2019). *CSS3: Visual QuickStart Guide*. Peachpit Press, 6th edition. Citado na página 14.
- Poce, A., Caccamo, A., Amenduni, F., Re, M. R., De Medio, C., e Valente, M. (2020). A virtual reality etruscan museum exhibition—preliminary results of the participants' experience. In *EDEN Conference Proceedings*, number 1, páginas 40–49. Citado nas páginas 25 e 59.

- Queiroz, A. C., Tori, R., e Nascimento, A. (2017). Realidade virtual na educação: panorama das pesquisas no brasil. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 28, pagina 203. Citado na página 2.
- Radcliffe, J. e Mladenova, V. (2018). Applications of postgresql in web development and geospatial systems. *International Journal of Web Applications*, 10(2):76–88. Citado na página 22.
- Rahman, M. A. e Hossain, M. A. (2021). Performance comparison of vite and other popular build tools for web development. *Journal of Software Engineering and Applications*, 14(1):29–45. Citado na página 18.
- Rauschmayer, A. (2017). *Async JavaScript: Build More Responsive Apps with Less Code*. Pragmatic Bookshelf. Citado na página 15.
- React (2023). Getting started with react. <https://reactjs.org/docs/getting-started.html>. Acessado em: 23 de Agosto de 2023. Citado na página 30.
- Russell, A. e Fajner, M. (2017). A-frame: Building web-based virtual reality experiences. In *Proceedings of the 22nd ACM Conference on Virtual Reality Software and Technology*, páginas 1–10. ACM. Citado na página 16.
- Salman, S. F. e Alharbi, M. K. (2020). Design and implementation of interactive virtual reality environment using a-frame. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(5):147–155. Citado na página 16.
- Santos, A. (2019). Educação patrimonial e currículo escolar: Desafios e possibilidades. *Revista Educação & Realidade*, 44(2):487–507. Citado na página 7.
- Schneider, S., Horaud, R., e Pollefeys, M. (2014). Semantic3d. net: A new large-scale point cloud classification benchmark. *arXiv preprint arXiv:1406.0243*. Citado na página 11.
- Seirafi, K. e Wiencek, F. (2017). A concept for augmented learning in museums. Citado nas páginas 10, 25, e 59.
- Seligmann, R. L. (2018). Creating a mobile vr interactive tour guide. Citado na página 59.
- Shamsudin, N. M. e Majid, F. A. (2019). Effectiveness of construction safety hazards identification in virtual reality learning environment. Citado na página 59.

- Silva, S. S. N. d. (2018). *Realidade virtual em museus: Estudo de caso do NewsMuseum em Sintra*. PhD thesis. Citado na página 2.
- Simon, N. (2010). *The participatory museum*. Museum 2.0. Citado na página 8.
- Simon, N. (2021). The participatory museum. <https://www.participatorymuseum.org/chapter-1>. Citado na página 6.
- Simon, P. (2018). *Learn Strapi: The Complete Guide*. Packt Publishing. Citado nas páginas 20 e 21.
- Singh, H. e Kaur, S. (2016). Html5 features and its impact on web development. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 6(6):225–229. Citado na página 12.
- Smith, R., Lalonde, J.-F., e Fuchs, H. (2012). Sun3d: A database of big spaces reconstructed using sfm and object labels. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, páginas 1625–1632. Citado na página 11.
- Sola, T. (2017). *Conservation and Restoration in Museums*. Routledge. Citado na página 6.
- Soylu, A., Aytac, A., e Toker, U. (2018). Creating multiplatform interactive applications using node.js. In *International Conference on Information Technology-New Generations*, páginas 543–546. IEEE. Citado na página 20.
- Steier, R. (2020). Designing for joint attention and co-presence across parallel realities. Citado na página 59.
- Steuer, J. (1992). Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. *Journal of Communication*, 42(4):73–93. Citado na página 9.
- Stevens, P., Pooley, R., e Brook, P. (2014). *Using UML: Software Engineering with Objects and Components*. Addison-Wesley. Citado na página 24.
- Sunderland Bowe, J. (2016). The creative museum—analysis of selected best practices from europe. *Heritec Education Consulting*. Citado na página 8.
- Sutcliffe, A. G., Maiden, N. A. M., e Minocha, S. (2011). Elicitation of requirements for patient-focused healthcare applications. In *Proceedings of the 5th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*, páginas 100–107. IEEE. Citado na página 24.

- Sáez, E. e Zorrilla, M. (2020). Postgresql: A powerful alternative in the nosql era. *Journal of Computer Science and Technology*, 20(1):45–58. Citado na página 22.
- Taher, H. (2020). Digitalisation at museums: A study on the various effects digitalisation have had on museums and how museums can develop new digital interactions for their visitors. Citado na página 59.
- Tebbe, A. e Völter, M. (2016). Towards web components-based user interface architectures. In *Proceedings of the 15th International Conference on Modularity*, páginas 7–18. ACM. Citado na página 13.
- Tennent, P., Martindale, S., Benford, S., Darzentas, D., Brundell, P., e Colishaw, M. (2020). Thresholds: Embedding virtual reality in the museum. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, 13(2):1–35. Citado nas páginas 10 e 59.
- Tepljakov, A. (2018). Development of a vr game for mektory demo room. Citado na página 59.
- Tori, R. e da Silva Hounsell, M. (2020). Introdução a realidade virtual e aumentada. *Interação*, 7:11. Citado na página 1.
- Vistisen, P., Selvadurai, V., e Krishnasamy, R. K. (2020). Applied gamification in self-guided exhibitions: Lessons learned from theory and praxis. In *Gamescope Conference*. Aalborg Universitetsforlag. Citado na página 59.
- Wang, H., Chen, J., e Liu, X. (2019). Research on real-time monitoring of game-based simulation training system based on node.js. *International Journal of Online Engineering (iJOE)*, 15(11):84–96. Citado na página 19.
- Wang, H. e Wang, X. (2022). Optimization of hmr in vite and the exploration of multi-page application. In *2022 IEEE 7th International Conference on Computer and Communication Systems (ICCCS)*, páginas 1–6. IEEE. Citado na página 18.
- Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M. C., Regnell, B., e Wesslén, A. (2012). *Experimentation in Software Engineering*. Springer Science & Business Media. Citado na página 24.
- Xiang, Z., Du, Q., Ma, Y., Fan, W., e Li, D. (2015). Virtual reality and tourists' immersive experiences: A conceptual framework, research agenda and implications. *Tourism Management*, 46:305–315. Citado na página 10.
- You, E. (2018). *Vue.js: Up and Running*. O'Reilly Media. Citado na página 17.

- You, E. (2020). Vite: An opinionated guide to web development. *Medium*. Citado na página 18.
- Yun, K. e. a. (2016). Panoramic imaging: Theory and applications. In *Proceedings of the IEEE*, volume 104, páginas 1984–2013. Citado na página 10.
- Zakas, N. C. (2012). *Professional JavaScript for Web Developers*. John Wiley & Sons, 3rd edition. Citado na página 15.
- Zhang, H., Li, Y., e Han, Y. (2019). Application of vue.js in web development. In *Proceedings of the 2019 4th International Conference on Computers and Communication Engineering*, páginas 221–225. ACM. Citado na página 17.
- Zhao, P. (2020). *Blue-and-White: Exploring Mixed Reality Technology for Representing and Facilitating Intercultural Dialogue in Museums*. PhD thesis, OCAD University. Citado na página 59.
- Zhao, Z., Xiong, Y., Yang, J., e Zhang, H. (2021). A performance evaluation model of web server based on node.js. *Journal of Physics: Conference Series*, 1795(1):012057. Citado na página 20.
- Zidianakis, E., Partarakis, N., Ntoa, S., Dimopoulos, A., Kopidaki, S., Ntagianta, A., Ntafotis, E., Xhako, A., Pervolarakis, Z., Kontaki, E., et al. (2021). The invisible museum: A user-centric platform for creating virtual 3d exhibitions with vr support. *Electronics*, 10(3):363. Citado nas páginas 25 e 59.
- Zweig, T. (2019). *Cloudinary: Up and Running*. O'Reilly Media. Citado na página 22.