



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - *CAMPUS BAMBUI*
MESTRADO EM SUSTENTABILIDADE E TECNOLOGIA AMBIENTAL

Fábio Júnio da Silva Faustino

**TECNOLOGIAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM PASSEIO VIRTUAL POR
MEIO DE IMAGENS PANORÂMICAS 360° EM UMA UNIDADE DE
CONSERVAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL**

Bambuí
2021

FÁBIO JÚNIO DA SILVA FAUSTINO

**TECNOLOGIAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM PASSEIO VIRTUAL POR
MEIO DE IMAGENS PANORÂMICAS 360° EM UMA UNIDADE DE
CONSERVAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, como requisito para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Jairo Rodrigues Silva

Linha de pesquisa: Planejamento e Gestão Ambiental

Bambuí
2021

F268t Faustino, Fábio Júnio da Silva.
Tecnologias para implementação de um passeio virtual por meio de
imagens panorâmicas 360° em uma unidade de conservação do Distrito
Federal. / Fábio Júnio da Silva Faustino. – Bambuí, 2021.
107 f.: il.; color.

Orientador: Prof. Dr. Jairo Rodrigues Silva.
Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Mestrado
Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, 2021.

1. Imagens 360°. 2. Passeio virtual. 3. Realidade virtual. I. Silva, Jairo
Rodrigues. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 306.46



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Bambuí
Diretoria Geral
Diretoria de Pesquisa, Inovação e Pós-graduação
Seção de Pós-Graduação
Av. Professor Mário Werneck, 2590 - Bairro Buritis - CEP 30575-180 - Belo Horizonte - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

PARECER Nº 24
FICHA DE APROVAÇÃO

Dissertação de Mestrado, intitulada “**Passeio virtual por meio de imagens panorâmicas 360° em uma Unidade de Conservação do Distrito Federal**”, de autoria da mestrando em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, **Fábio Júnio da Silva Faustino**, sob a orientação do professor **Dr. Jairo Rodrigues Silva**, foi aprovado pela Banca Examinadora de Defesa, em 17/12/2021, com a média de **85,66 pontos**.

A análise das correções finais da dissertação sugeridas pela Banca Examinadora será feita pelo professor orientador Dr. Jairo Rodrigues Silva.

Houve alteração no título da Dissertação, passando a ser: “**Tecnologias para Implementação de um Passeio Virtual por meio de Imagens Panorâmicas 360° em uma Unidade de Conservação do Distrito Federal**”.

A Defesa Pública contou com a presença do mestrando Leonardo Coelho de Sousa, que após a divulgação da defesa pela Secretaria do MPSTA manifestou interesse em assisti-la, dessa forma houve o cadastro e a liberação do link de acesso a sala virtual.

Bambuí (MG), 17 de dezembro de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **julio cesar de oliveira, Usuário Externo**, em 19/12/2021, às 14:27, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Silvia Grasiella Moreira Almeida, Professora**, em 20/12/2021, às 07:40, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Jairo Rodrigues Silva, Professor**, em 29/12/2021, às 10:49, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Gustavo Augusto Lacorte, Professor**, em 14/01/2022, às 14:02, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **1043589** e o código CRC **1B17C0F6**.

Dedico esta dissertação aos meus amados pais, esposa e filhas, que, acreditando em mim, em vários momentos de suas vidas abdicaram de seus tempos para me apoiar e incentivar.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, eu agradeço ao Criador dos céus e da terra יהוה (YHWH) que me deu o fôlego da vida, saúde, família e outras inúmeras pessoas e habilidades que, de alguma forma, contribuíram para o meu crescimento espiritual, profissional e pessoal.

“Temer a יהוה (YHWH) é o princípio da sabedoria; e, o conhecimento do que é puro é entendimento.”

Mishle (Provérbios) 9:10

RESUMO

As imagens panorâmicas 360° e os passeios virtuais por meio das realidades virtual e aumentada são poderosas ferramentas de representação do espaço físico. Elas possibilitam a visualização completa e interação dos usuários com aquele meio, bem como a tomada de decisão de forma mais abrangente do que se ela fosse tomada com base em fotografias ou registros espaciais comuns. Além destes recursos, tem-se também os *QR-Codes*, que são ferramentas que podem trazer informações complementares rápidas para os usuários, por meio de seus dispositivos móveis. Diante do exposto, este trabalho se propôs a analisar as tecnologias para a implementação de um passeio virtual por meio de imagens panorâmicas 360°, tendo uma Unidade de Conservação do Distrito Federal como área de trabalho. Além disso, este trabalho se propôs a distribuir *QR-Codes* em locais estratégicos desta Unidade de Conservação, em que os usuários possam acessá-los por meio de seus dispositivos e conectar o passeio virtual a partir daquele local. Para cumprir estes objetivos, foi feita uma revisão de literatura acerca dos principais conceitos, recursos e métodos para se avançar nas etapas de elaboração e publicação do passeio virtual e criação dos *QR-Codes*. A parte metodológica envolveu a captura de fotografias parciais, costura para geração das imagens 360°, implementação e publicação do passeio virtual e dos *QR-Codes*. Assim, o trabalho resultou em uma plataforma de realidade virtual e aumentada da Unidade de Conservação. Esta plataforma é robusta e os usuários podem navegar entre as imagens panorâmicas 360°, interagir com as feições registradas e acrescentadas (realidade aumentada), além de poder acessar o passeio virtual e obter informações extras por meio de *QR-Codes*, estrategicamente distribuídos *in loco* na Unidade de Conservação.

Palavras-chave: Imagens 360°. Passeio Virtual. Realidade Virtual. Realidade Aumentada. Unidade de Conservação.

ABSTRACT

The 360° panoramic images and virtual tours, through virtual and augmented realities, are powerful tools for the representation of physical space. They enable the complete visualization and interaction of users with that medium, as well as decision-making in a more comprehensive way than if it were made based on photographs or common spatial records. In addition to these features, there are also QR-Codes which are tools that can quickly provide additional information to users through their mobile devices. Given the above, this work proposed to analyze the technologies for the implementation of a virtual tour through 360° panoramic images, having a Conservation Unit of the Federal District as a work area. In addition, this work proposed to distribute QR-Codes in strategic locations of this Conservation Unit, where users can access them through their devices and access the virtual tour from that location. To fulfill these objectives, a literature review was carried out on the main concepts, resources and methods to advance in the stages of elaboration and publication of the virtual tour and the creation of QR-Codes. The methodological part involved the capture of partial photographs, sewing to generate 360° images, implementation and publication of the virtual tour and QR-Codes. Thus, the work resulted in a virtual and augmented reality platform for the Conservation Unit. This platform is robust and users can navigate between 360° panoramic images, interact with registered and added features (augmented reality), in addition to being able to access the virtual tour and obtain extra information through QR-Codes, strategically distributed in loco in the Conservation Unit.

Keywords: 360° images. Virtual Tour. Virtual Reality. Augmented Reality. Conservation Unit..

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Google Cardboard	24
Figura 2 - Contínuo Realidade-Virtualidade	24
Figura 3 - Imagem 360°, passeio virtual e elementos de Realidade Aumentada	25
Figura 4 - Tecnologia (HMD)	27
Figura 5 - Esquema de imersão por meio de uma Cave	28
Figura 6 - Noção de como uma imagem panorâmica 360° pode ser formada e vista sobre uma projeção esférica virtual	31
Figura 7 - Imagem panorâmica emoldurada em 1853 por meio da câmera daguerreotype	31
Figura 8 - Posição de Zênite e Nadir em uma imagem 360° nos formatos esféricos e plana (equirectangular)	33
Figura 9 – Registro do tripé e alguns acessórios, na região de nadir, na Imagem 360° em formato equirectangular (a) e em um trecho da Imagem no formato esférico	33
Figura 10 - Imagem 360° em formato equirectangular (a) e trecho esférico (b) com informações indesejadas em nadir removidas	34
Figura 11 - Câmera Catadióptrica	35
Figura 12 - Câmera polidióptrica, modelo Odyssey da marca GoPro	36
Figura 13 - Insta 360 ONE R	37
Figura 14 - Esquema de sobreposição na tomada de três fotos parciais.	38
Figura 15 - Sobreposição em fotografias obtidas por câmeras 360 de dois sensores	39
Figura 16 - (a) cabeça panorâmica; (b) rotador; e, (c) base nivelante	40
Figura 17 - (A) Esboço da tomada das 49 fotografias (B) Imagem 360° em formato equirectangular	42
Figura 18 - Processo de blending:	46
Figura 19 – Imagens sem Blend (A) e com a aplicação do Blend Feathering (B)	47
Figura 20 - Interface do PTGui Versão 12.0 após o carregamento das fotos	48
Figura 21 - Relação entre as coordenadas esféricas e projetadas na imagem equirectangular	51
Figura 22 - Influência da abertura do diafragma sobre a exposição das fotografias	53
Figura 23 - Influência da velocidade do obturador sobre a exposição das fotografias.	54
Figura 24 - Repetição de feições em imagens 360°	55
Figura 25 - Etapas para geração de um passeio virtual	58
Figura 26 - Tela do Panotour	60
Figura 27 - Interface do Pano2VR com uma imagem 360°	62
Figura 28 - Site instalado com base no CMS Wordpress	65
Figura 29 - (a) Codificação de informação; (b) Decodificação de informação	66
Figura 30 - Elementos de um QR-Code	67
Figura 31 - Tela do usuário com informações e confirmação para redirecionamento	68
Figura 32 - Interface de página do site QR Code Generator	69
Figura 33 - Localização do Parque Ecológico dos Jequitibás	71
Figura 34 – Fluxograma das etapas do trabalho	72
Figura 35 – Parte do PEJ em que os trabalhos se concentraram e pontos imageados	73
Figura 36 - Etapas executadas para a geração de QR-Code	80
Figura 37 - Placa com apresentação de um QR-Code	82
Figura 38 - Efeito fantasma (duplicação de feição) causado pelo vento	84
Figura 39 - Imagem 360° com ausência de informações pela falta de recobrimento total	85
Figura 40 - Tela inicial da plataforma	86
Figura 41 - Tela do passeio virtual em um computador	86
Figura 42 - Tela do passeio virtual em um smartphone	87
Figura 43 - Elementos de realidade aumentada nas imagens 360°	88

Figura 44 - Quadro com informações complementares	89
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.C. - Antes de Cristo

APA - Área de Proteção Ambiental

Apud - Citado por

ARIE - Área de Relevante Interesse Ecológico

CAVE - *Cave Automatic Virtual Environment*

CMOS - *Complementary metal-oxide-semiconductor*

CMS - *Content Management Systems*

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DF - Distrito Federal

DNS - *Domain Name System*

DSLR - *Digital Single Lens Reflex*

ETEPs - Espaços Territoriais Especialmente Protegidos

FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

f/stop - Tamanho da abertura do diafragma

GPS - *Global Positioning System*

GNSS - *Global Navigation Satellite System*

HMD - *Head-Mounted Display ou Helmet-Mounted Display*

IBRAM - Instituto Brasília Ambiental

IFMG - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais

ISO - *International Standards Organization*

LSI - Laboratório de Sistemas Integráveis

m - metro

MB - *Megabytes*

mm - milímetros

n° - Número

ONU - Organização das Nações Unidas

PEJ - Parque Ecológico dos Jequitibás

PHP - *Hypertext Preprocessor*

PTGui - *Graphical User Interface for Panorama Tools*

QR-Codes - *Quick Response Codes*

R - Raio

r - Distância Focal

RANSAC - *RANdom SAmple Consensus*

REBIO - Reserva Biológica

RPPN - Reserva Particular do Patrimônio Natural

SDUC - Sistema Distrital de Unidades de Conservação da Natureza

SIFT - *Scale Invariant Feature Transform*

SIRGAS2000 - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza

T - Matriz Transposta

TV - Televisão

UC - Unidade de Conservação

URL - *Uniform Resource Locator*

USP - Universidade de São Paulo

VT - *Virtual Tour*

x - Abscissa de pixel em imagem (Coordenada)

x_0 - Abscissa de pixel em imagem distorcida pela lente (Coordenada)

y - Ordenada de pixel em imagem (Coordenada)

y_0 - Ordenada de pixel em imagem distorcida pela lente (Coordenada)

δ_x - Componentes abscissa do erro posicional causada pela distorção da lente

δ_y - Componentes ordenada do erro posicional causada pela distorção da lente

θ - Componente horizontal (longitude) das coordenadas esféricas

φ - Componente vertical (latitude) das coordenadas esféricas e geodésicas

λ - Componente horizontal das coordenadas geodésicas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Caracterização do Problema	15
1.2	Justificativa	15
1.3	Objetivos	17
1.3.1	<i>Objetivos Gerais</i>	17
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	Contexto Ambiental	18
2.1.1	<i>Unidades de Conservação no Brasil</i>	18
2.1.2	<i>Unidades de Conservação no Distrito Federal</i>	19
2.1.3	<i>Parque Ecológico dos Jequitibás: Uma unidade de Conservação do DF</i>	20
2.1.4	<i>Sustentabilidade e Percepção Ambiental</i>	21
2.2	Realidades Virtual e Aumentada	23
2.2.1	<i>Contínuo Realidade-Virtualidade</i>	23
2.2.2	<i>Realidade Virtual Imersiva e Não Imersiva</i>	27
2.3	Imagens 360°	30
2.3.1	<i>Contextualização</i>	30
2.3.2	<i>Elementos e características de uma imagem 360°</i>	32
2.3.3	<i>Câmeras para geração de imagens 360°</i>	35
2.3.4	<i>Tomada das fotos para compor uma imagem 360°</i>	38
2.3.4.1	Sobreposição entre as fotografias parciais	38
2.3.4.2	Equipamentos e acessórios.....	39
2.3.4.3	Aquisição de fotografias utilizando câmeras 360°	40
2.3.4.4	Aquisição de fotografias utilizando câmeras digitais comuns	41
2.3.5	<i>Sitching/Costura (geração das imagens 360°)</i>	43
2.3.5.1	Correção da distorção das lentes das câmeras.....	43
2.3.5.2	Pontos homólogos entre imagens adjacentes	44
2.3.5.3	Blending (Mistura)	46
2.3.5.4	Softwares para costura de imagens	47
2.3.5.5	Imagem Equirectangular	50
2.4	Passeios Virtuais	56
2.4.1	<i>Definição e contextualização</i>	56

2.4.2	<i>Como Criar um passeio virtual com realidade aumentada</i>	58
2.4.3	<i>Softwares para criação de passeio virtual</i>	60
2.5	Sistemas Gerenciadores de Conteúdo	62
2.5.1	<i>Wordpress</i>	63
2.5.2	<i>Criação de site com o wordpress para passeio virtual</i>	64
2.6	QR-Code	66
3	METODOLOGIA	71
3.1	Captura de fotografias e geração de imagens 360°	72
3.2	Criação do passeio virtual	76
3.3	Publicação do passeio virtual	77
3.4	Geração e implantação dos <i>QR-Codes</i>	79
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	83
4.1	Imagens 360°	83
4.2	Passeio Virtual	86
4.3	<i>QR-Codes</i> implantados	90
4.4	Potencial do Passeio Virtual Criado na Unidade de Conservação	91
5	CONCLUSÃO	94
	REFERÊNCIAS	96
	APÊNDICE A - Locais em que os <i>QR-Codes</i> foram implantados	104

1 INTRODUÇÃO

As últimas décadas foram marcadas pelo avanço das tecnologias de representação, qualificação e mensuração do espaço físico. Essas tecnologias abrangem tanto a vertente métrica, na qual as dimensões espaciais podem ser determinadas, como também a vertente não métrica, que foca, por exemplo, a representação do espaço na qual as grandezas espaciais não são acuradas. Dentre as tecnologias que culminam em representação métrica, destacam-se os Sistemas Globais de Navegação por Satélite – Global (GNSS), Estações Totais sem prisma, *Laser Scanners* e Ortofotos geradas a partir de meios aerotransportados. Por seu turno, dentre as tecnologias não métricas, destaca-se a realidade virtual por meio das imagens panorâmicas 360°.

Segundo Godoy (2011) o emprego das novas tecnologias de representação digital do ambiente resultou na aproximação entre o espaço e a sua representação, com o apoio da informática. Assim, tem-se o desafio de criar uma ponte entre os cenários real e virtual.

Conforme será melhor elucidado mais adiante, a realidade virtual por meio das imagens panorâmicas 360°, ou simplesmente imagens 360°, cria um elo entre a representação virtual e o mundo real, por meio da interação do usuário com um sistema computacional. Desta forma, as demandas e possibilidades de abstração de informações espaciais podem ser mais bem exploradas por meio deste recurso.

Ainda neste diapasão, os avanços computacionais proporcionaram uma evolução da realidade virtual utilizando a realidade aumentada. Enquanto a realidade virtual existe com a interação computacional entre o usuário e o mundo real representado, a realidade aumentada proporciona elementos gráficos e não gráficos que aumentam a realidade vista/percebida pelo usuário (MILGRAM *et al.*, 1995). Nota-se que a realidade aumentada é baseada em um ambiente real, porém com o incremento de elementos virtuais.

Face ao exposto, este trabalho vem abordar as tecnologias para implementação de um passeio virtual por meio de imagens 360°. Assim, são explorados e compartilhados históricos, conceitos, definições, procedimentos e recursos que permitem a criação e utilização destas ferramentas no contexto espacial não métrico.

O plano de fundo da utilização destes recursos é uma unidade de conservação do Distrito Federal. Optou-se por este cenário tendo em vista a possibilidade de se criar um conjunto de informações espaciais não métricas capazes de subsidiar trabalhos futuros, planejamentos e gestão ambiental, visitas virtuais, educação ambiental, alternativa de acessibilidade, registro espacial e contribuição para a sustentabilidade local e regional por meio da percepção ambiental. Assim sendo, foi criado um passeio virtual com o uso de realidade

aumentada via imagens 360°, na qual foram inseridos elementos virtuais complementares que somam informações restritas ao campo visual. Além disso, foram utilizados *QR-Codes (Quick Response Codes – Códigos de Resposta Rápida)*, em locais estratégicos, que oferecem aos visitantes a possibilidade de incremento de informações espaciais e acesso direto ao passeio virtual a partir daqueles locais.

Para cumprir os objetivos propostos, foi realizada uma revisão de literatura acerca do processo de criação das imagens 360°. Na sequência, foi criado um passeio virtual, no qual se tem a representação do mundo real. Por fim, este ambiente de representação panorâmica em 360° foi incrementado com informações não disponíveis ao campo visual, por meio de elementos que prendem e chamam a atenção dos usuários (realidade aumentada). Conforme comentado, todo trabalho se deu em uma unidade de conservação. Assim, visando a eficiência da proposta deste trabalho, o contexto das unidades de conservação foi abordado, colaborando para que as realidades virtual e aumentada fossem adequadamente utilizadas.

1.1 Caracterização do Problema

A alta demanda por informações espaciais atualizadas abrange quase todos os contextos da sociedade. No contexto ambiental a demanda por informações espaciais também segue sob alta amplitude, inclusive dentro das Unidades de Conservação (UC). Não obstante, com vistas à contribuição para sustentabilidade local e regional, a percepção ambiental das pessoas deve ser continuamente trabalhada. Neste contexto, questiona-se: O uso das realidades virtual e aumentada, por meio de imagens 360°, pode suprir/subsidiar parte das demandas por informações espaciais utilizadas/disponibilizadas pelas UC?

Dentre as demandas/possibilidades de uso de informações espaciais em uma Unidade de Conservação destacam-se: Registro espacial atualizados; Controle por imagens dos elementos das UC; Oferta de visitas virtuais; Acompanhamento temporal de crescimento de plantas, interferência antrópica e outras variações espaciais; Apresentação interativa da UC, oferecendo aos pesquisadores, educadores, educandos e prestadores de serviços uma representação completa, envolvente e eficaz; e, Recursos que trabalhem a percepção ambiental com vistas à sustentabilidade local e regional.

1.2 Justificativa

Face à evolução tecnológica, faz-se mister verificar a aplicabilidade de novas tecnologias nas atividades ligadas às ciências ambientais. Neste escopo, a realidade virtual e,

mais especificamente, a realidade aumentada podem se mostrar poderosas ferramentas de apoio nas ofertas dos serviços ambientais e no gerenciamento ambiental em unidades de conservação.

Não obstante, este trabalho se justifica por poder mostrar uma ferramenta de acessibilidade e popularização tecnológica, que poderá contribuir significativamente com a preservação das UC, educação ambiental, suporte às pesquisas, percepção ambiental e possibilidade de visitas de forma remota. Ademais, o incremento e relação entre as informações disponíveis em um ambiente de realidade virtual podem aumentar sobremaneira o conhecimento das informações e contextos das unidades de conservação.

Por fim, a disposição de *QR-Codes* em pontos estratégicos, pode ser uma fonte de informação complementar e uma ferramenta de incentivo para conhecer o passeio virtual. Isso porque os *QR-Codes* permitem que as pessoas que visitam a UC possam acessá-los por meio de seus dispositivos móveis.

Alinhada a estas justificativas, ressalta-se ainda a busca por atendimentos a alguns objetivos de desenvolvimento sustentável propostos pela ONU (2015), a saber:

- i. O item 4.4, tendo em vista a possibilidade de aumento substancial do número de jovens e adultos com habilidades relevantes, por meio de competências técnicas e profissionais. Isso porque este trabalho poderá ser uma referência sistemática e importante para diversos jovens e adultos replicarem as técnicas aqui trabalhadas nas mais variadas áreas e contextos profissionais. Este trabalho se propõe a trazer e abordar um tema relativamente novo e se mostra sob grande demanda no mercado.
- ii. O item 9.5 devida a possibilidade deste trabalho permitir a replicação de suas técnicas para o desenvolvimento e fortalecimento de pesquisa científica e melhoramento das capacidades tecnológicas, incentivando a inovação e o aumento de trabalhadores de pesquisa.
- iii. O 11.4, tendo em vista que o passeio virtual da UC poderá trabalhar a percepção ambiental dos usuários e, conseqüentemente, fortalecer esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo.
- iv. O item 12.8, uma vez que com base na Unidade de Conservação que servirá de ilustração (projeto piloto) para o uso das tecnologias propostas, as pessoas terão informações espaciais fotográficas interativas, que as conscientizarão para o desenvolvimento sustentável e estilo de vida em harmonia com a natureza.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivos Gerais*

Analisar as tecnologias para implementação de um Passeio Virtual por meio de Imagens Panorâmicas 360° em uma Unidade de Conservação do Distrito Federal

1.3.2 *Objetivos específicos*

- i. Apresentar os equipamentos, acessórios e aplicativos computacionais para a geração de imagens 360° e criação de passeios virtuais;
- ii. Criar imagens panorâmicas 360° e um passeio virtual em uma unidade de conservação do Distrito Federal;
- iii. Usar elementos de realidade aumentada de modo a incrementar as informações restritas ao campo visual em imagens 360°;
- iv. Disponibilizar, em pontos estratégicos, *QR-Codes* que redirecionem os usuários ao passeio virtual com informações complementares via realidade aumentada;
- v. Desenvolver uma plataforma que exiba o passeio virtual com as imagens 360°, elementos de realidade aumentada e as páginas de apoio aos *QR-Code*.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Contexto Ambiental

2.1.1 Unidades de Conservação no Brasil

Para Cezarino e Menegat (2018), a separação de determinados territórios do mesmo uso a que seu entorno está destinado é uma prática já registrada séculos antes de Cristo (a.C.). Eles citam que registros assírios de 700 a.C. mostram a manutenção de reservas para práticas de caça da realeza. De forma análoga, os romanos separavam áreas de extração de madeiras para a construção de navios e, já em séculos recentes, na África colonial, recursos naturais foram conservados em áreas específicas. No Brasil, estes autores citam que a proteção de áreas remonta ao ano de, pelo menos, 1911, quando o então presidente Hermes da Fonseca decretou uma reserva florestal no Acre.

Neste contexto de conservação de áreas, no ano 2000 foi sancionada no Brasil a Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC (Lei 9.985/2000). Segundo este dispositivo jurídico, as Unidades de Conservação (UC) são compreendidas como:

“espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção”.

O SNUC divide as Unidades de Conservação (UC) em dois grupos, com características específicas, a saber: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável. Essas, por sua vez, são compostas pelas seguintes categorias:

Unidades de Proteção Integral:

I - Estação Ecológica; II - Reserva Biológica (REBIO); III - Parque Nacional; IV - Monumento Natural; V - Refúgio de Vida Silvestre.

Unidades de Uso Sustentável:

I - Área de Proteção Ambiental (APA); II - Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE); III - Floresta Nacional; IV - Reserva Extrativista; V - Reserva de Fauna; VI – Reserva de Desenvolvimento Sustentável; e, VII - Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN).

Constituído por unidades de conservação federais, estaduais e municipais, o SNUC tem como objetivos, ações como a contribuição para manutenção da diversidade; proteção de espécies; promoção de desenvolvimento e utilização baseada na conservação; proteção das paisagens, características e recursos naturais; recuperação e restauração dos ecossistemas degradados; valorização econômica e social da diversidade ecológica; e, oferta de meios e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental.

Além de possuir objetivos voltados para a conservação, recuperação, pesquisa e desenvolvimento sustentável, o SNUC também atende a uma recomendação da Convenção sobre a Diversidade Biológica das Nações Unidas, cujo texto foi aprovado em 1992 (CEZARINO; MENEGAT, 2018).

Segundo Souza (2017), antes da implantação do SNUC, muitas áreas de conservação eram indicadas sem informações georreferenciadas, uma vez que havia poucos dispositivos que versavam sobre a conservação de áreas. A cargo de exemplo, a Lei nº 6.902/1981 era um diploma legal que abria margem para este tipo de situação (falta de georreferenciamento) (SOUZA *et al.*, 2020).

2.1.2 Unidades de Conservação no Distrito Federal

A Lei Federal nº 9.985/2000, que instituiu o SNUC, é uma norma de caráter geral e trouxe em sua essência a lista das categorias que podem ser consideradas Unidades de Conservação. Essa norma, no entanto, admite a possibilidade de os Estados e Municípios criarem espécies de UC, face às peculiaridades locais, e desde que haja aprovação do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA (SOUZA, 2017).

Sob esta possibilidade, no âmbito do Distrito Federal (DF), a Lei Complementar nº 827 de 22 julho de 2010 instituiu o Sistema Distrital de Unidades de Conservação da Natureza – SDUC, que considera como Unidades de Proteção Integral as seguintes categorias de Unidades de Conservação:

I - Estação Ecológica; II - Reserva Biológica; III - Parque Distrital; IV - Monumento Natural; e, V - Refúgio de Vida Silvestre.

Por sua vez, o DF considera Unidades de Uso Sustentável as seguintes categorias de unidade de conservação:

I – Área de Proteção Ambiental; II – Área de Relevante Interesse Ecológico; III – Floresta Distrital; IV – Parque Ecológico; V – Reserva de Fauna; VI – Reserva Particular do Patrimônio Natural.

Nota-se congruência entre as categorias de UC discriminadas na esfera federal e distrital, porém, dentre algumas diferenças entre o SNUC e SDUC, é notado que Parque Ecológico é enquadrado como Unidade de Conservação no âmbito do Distrito Federal. Nas palavras de Souza *et al.* (2020), o Distrito Federal replicou a maior parte das categorias do SNUC, porém inovou com relação à criação da categoria de Parque Ecológico.

Segundo o SDUC, os Parques Ecológicos têm como objetivos a conservação de amostras dos ecossistemas naturais, da vegetação exótica e paisagens de grande beleza cênica.

Ainda dentro dos objetivos a SDUC, lista-se a meta de propiciar a recuperação dos recursos hídricos, edáficos e genéticos, bem como a recuperação de áreas degradadas com foco na revegetação com espécies nativas.

Não excluindo-se os objetivos listados no Artigo 4º da referida lei, destaca-se ainda como objetivo do SDUC, o incentivo às atividades de pesquisa e monitoramento ambiental com estímulo à educação ambiental e as atividades de lazer e recreação.

2.1.3 Parque Ecológico dos Jequitibás: Uma unidade de Conservação do DF

Dentre os Parques Ecológicos que compõem o SDUC, têm-se o Parque Ecológico dos Jequitibás. Criado inicialmente sob a denominação de Parque dos Jequitibás em 1994 (GANEM e LEAL, 2000), no ano de 2017 o parque passou a ser denominado Parque Ecológico dos Jequitibás. Tal alteração de denominação se deu em função da recategorização desta área como um Parque Ecológico, conforme o Decreto Distrital nº 38.368 de 26 de julho de 2017. Segundo este dispositivo o parque é administrado pelo Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal (Instituto Brasília Ambiental – IBRAM).

O Parque Ecológico dos Jequitibás (PEJ) está localizado no Distrito Federal, mais especificamente na Região Administrativa V – Sobradinho. As coordenadas geodésicas Latitude: 15°38'27"S e Longitude: 47°47'19"W apresentam a área administrativa do parque.

Inserido na Área de Proteção Ambiental (APA) do Planalto Central, o PEJ está contíguo à área urbana de Sobradinho. Dentro dos limites de sua extensão de 16,60 hectares, flui o Ribeirão Sobradinho e há uma área de mata ripária parcialmente preservada, composta por diversas espécies de mata, sendo algumas de grande porte, como o próprio Jequitibá (*Cariniana estrellensis*) (DISTRITO FEDERAL, 2014). Salienta-se que a mata do parque possui grande importância para a fauna, pois proporciona refúgio seguro para reprodução e alimentação (BARBOSA, 2010).

O Parque também possui uma área destinada ao lazer e desporto da comunidade, trilha ecológica no interior da mata, quadra poliesportiva, academia ao ar livre, parque infantil, avistamento de pássaros, sede administrativa, anfiteatro e outros (GANEM e LEAL, 2000; BARBOSA, 2010; CABRAL, 2020a).

No Artigo 2º do Decreto 38.368/2017 são listados os seguintes objetivos específicos do PEJ: I - garantir a conservação e a proteção da fauna existente; II - proteger espécies significativas da flora local, principalmente o jequitibá - *Cariniana Estrelensis*, árvore-símbolo da cidade de Sobradinho; III - criar condições para a melhoria da qualidade das águas do Ribeirão Sobradinho; IV - reservar à comunidade uma área destinada à conservação,

propiciando o exercício de atividades sócio-culturais em um ambiente equilibrado; V - favorecer a realização de estudos e pesquisas científicas; VI - desenvolver atividades de educação ambiental; VII - estimular o desenvolvimento de atividades de recreação e lazer em contato harmônico com a natureza; VIII - preservar espécies vegetais visando à obtenção de material de propagação, com vistas à recuperação de áreas degradadas.

Conforme prevê o SNUC e SDUC, o Parque Ecológico dos Jequitibás possui objetivos congruentes aos dos Sistemas Nacional e Distrital e objetivos específicos que se adequam à realidade local. Nota-se ainda que estes objetivos enfatizam o caráter ambiental, educacional e social. Contudo, algumas pesquisas desenvolvidas no parque têm sido publicadas, mostrando a importância do parque, conforme se segue.

Zorzin *et al.* (2011) analisaram a qualidade da água do Ribeirão Sobradinho, que conforme explanado nos parágrafos anteriores, passa dentro do PEJ. Em outro trabalho, porém, desta vez avaliando os riscos ambientais na região de Sobradinho, Barbosa (2010) verificou que parte da área contígua ao parque encontrava-se degradada pelo desmatamento provocado por ocupações irregulares. Além disto, foram observadas retiradas da mata ciliar, assoreamento e desvio do leito do Ribeirão Sobradinho em vários pontos e um processo erosivo avançado. Esta pesquisa permitiu observar uma relação direta entre a degradação ambiental e o uso e ocupação do solo, bem como fazer recomendações que visam a conservação do meio, principalmente, a manutenção de corredores ecológicos com outras áreas preservadas.

Ganem e Leal (2000) desenvolveram uma pesquisa com o objetivo apresentar um diagnóstico dos parques criados e administrados no âmbito do Distrito Federal. Segundo elas, naquela época, já havia trabalhos de observação ecológica com estudantes, desenvolvidos nas trilhas das matas do parque.

Cabral (2020a) analisou o papel do espaço público como suporte ao envelhecimento ativo das pessoas. Dentre as áreas de estudo, ela utilizou o Parque Ecológico dos Jequitibás, onde foram verificados os perfis sociais, números, atividades desenvolvidas e outras informações daquelas que utilizam o parque como visitantes. Em trabalho mais específico, Cabral (2020b) verificou a importância da academia ao ar livre para os idosos frequentadores do PEJ.

2.1.4 *Sustentabilidade e Percepção Ambiental*

Segundo Souza *et al.* (2020) a criação das Unidades de Conservação, juridicamente incluídas nos Espaços Territoriais Especialmente Protegidos (ETEPs) criados pelo Poder Público, é importante porque a convivência harmônica entre as esferas econômicas, social e

ambiental, demanda o uso racional dos recursos naturais e a necessidade de preservar a biodiversidade. Para os autores, tem-se nesta a convivência harmônica, a noção de sustentabilidade, sob a qual as Unidades de Conservação sempre estiveram associadas.

Sob este espectro, é preciso estabelecer a visão de associação, construção e restauração da sociedade para com os ambientes naturais, e não mais uma visão apenas focada em apropriação e destruição (CESARINO E MENEGAT, 2018).

No entanto, para Melo e Oliveira (2005), a relação do homem com a natureza não se manifesta da mesma forma no espaço e no tempo. Além disso, em um ambiente equilibrado e saudável, não se pode pensar em elementos naturais de um lado e elementos construídos do outro, ou seja, é preciso pensar e agir conjuntamente. Segundo eles, a percepção ambiental é muito importante para se compreender a construção do meio ambiente, visto que as ações realizadas acompanham as atitudes das pessoas com base na valorização que elas conferem ao meio. Neste mesmo diapasão, Fernandes *et al.* (2009) mencionam que “*cada indivíduo percebe, reage e responde diferentemente às ações sobre o ambiente em que vive*”.

Segundo Faggionato *apud* Silva *et al.* (2021) a percepção ambiental é relacionada à consciência do homem para com o ambiente, ou seja, relaciona-se ao ato de perceber o ambiente que se está inserido, aprendendo a proteger e a cuidar do mesmo. Neste contexto, a partir dessa percepção, o homem interage com o mundo, influenciando as pessoas a sua volta e intervindo no ambiente (FERNANDES *et. al.*, 2009).

Focando a percepção ambiental como ferramenta para pensar o meio no ensino de geografia, Silva *et al.* (2021) utilizaram dinâmicas por meio de imagens, a partir das quais ocorriam discussões sobre as implicações socioambientais de cada imagem na percepção dos alunos. Para elas, a utilização de imagens se justificou por apresentar um papel importante no estudo da geografia, e conseqüentemente, na percepção ambiental. Segundo as autoras, os alunos se engajaram nas atividades e os resultados foram positivos, demonstrando que o uso de imagens auxilia na percepção da realidade socioambiental na qual estão inseridos.

A percepção ambiental é para muitos uma ferramenta importante que serve de indicador para diversos tipos de análises e estudos. Como exemplo, a percepção ambiental foi utilizada como indicador para avaliar a degradação ambiental no Alto da Bacia do Limoeiro, localizada em Presidente Prudente-SP. Neste trabalho, Ferreira (2001) avaliou a degradação ambiental de uma área sujeita à especulação ambiental e imobiliária. Dessa forma, a análise dos dados permitiu verificar a evidência de omissão dos órgãos públicos encarregados do licenciamento e monitoramento da urbanização.

Com base no levantamento da percepção ambiental apresentado por determinado grupo, ações de intervenção, correção e planejamento podem ser mais bem elaboradas e executadas. Como exemplo, Fernandes *et. al* (2009), utilizaram a percepção ambiental como instrumento de gestão em aplicações ligadas às áreas educacional, social e ambiental. Segundo eles, ao se traçar o perfil da percepção ambiental dos alunos e professores, poder-se-ia estruturar a forma de encaminhamento do conhecimento ambiental que deveria ser disponibilizado aos alunos e reforçada junto aos professores. Dessa forma poderia haver intervenções específicas voltadas ao aprimoramento da oferta do conhecimento da temática ambiental aos mesmos.

Conforme se observa, as Unidades de Conservação se relacionam à percepção ambiental para se alcançar a sustentabilidade. Dessa forma, faz-se mister buscar estímulos para que a percepção ambiental dos indivíduos se alinhe à visão da necessidade de se buscar uma convivência harmônica com os espaços naturais.

2.2 Realidades Virtual e Aumentada

2.2.1 *Contínuo Realidade-Virtualidade*

A representação da realidade ou daquilo que se imagina sempre existiu na vida humana. Tais representações eram expressas por meio de desenhos, pinturas, jogos, cinema e outras expressões. Com o uso da computação e evolução temporal, as representações passaram por meios de recursos multimídia até chegar a um nível de representação interativa, em tempo real, através da realidade virtual (TORI; KIRNER; SISTOUTO, 2006).

A realidade virtual é uma tecnologia que vem sendo trabalhada desde a década de 1960, quando os primeiros simuladores digitais de voo foram desenvolvidos e empregados em companhias e forças áreas (PANTELIDIS, 2009). Desde então, os dispositivos de realidade virtual estão mais acessíveis, gerando assim o desafio de encontrar maneiras de empregar esta tecnologia de maneira eficaz (BOYLES, 2017).

A realidade virtual é conceituada como sendo uma interface computacional avançada que envolve processamento em tempo real e interações entre o usuário e o espaço ou objeto do mundo real, virtual ou ambos (BURDEA e COIFFET, 2003).

Nesta mesma direção, para Tori, Kirner e Siscouto (2006, p. 7) a realidade virtual:

“é uma interface avançada para aplicações computacionais, que permite ao usuário a movimentação (navegação) e interação em tempo real, em um ambiente tridimensional, podendo fazer uso de dispositivos multisensoriais, para atuação ou feedback.”

Segundo Boyles (2017), devido aos altos custos das tecnologias com realidade virtual, o seu uso era restrito. No entanto, com o surgimento das imagens 360° e da popularização do Google *Cardboard*, tal tecnologia tornou-se acessível ao público (HO e BUDAGAVI, 2017).

Salienta-se que o Google *Cardboard* (Figura 1) é um dispositivo popular que permite a experiência com realidade virtual por meio do acoplamento de um *smartphone* sobre um par de lentes estereoscópicas (BOYLES, 2017). Mais adiante serão apresentados mais detalhes dos dispositivos semelhantes ao Google *Cardboard*.

Figura 1 - Google *Cardboard*



Fonte: Google (2021).

Milgram *et al.* (1995) propuseram o Contínuo Realidade-Virtualidade, no qual se definem as escalas entre o mundo real e virtual. Nele há o ambiente real, ambiente virtual, realidade aumentada, virtualidade aumentada e a realidade mista (ou também chamada realidade híbrida). A Figura 2 ilustra o contínuo realidade-virtualidade.

Figura 2 - Contínuo Realidade-Virtualidade



Fonte: Faustino *et al.* (2019), adaptado de Milgram *et al.* (1995)

Nota-se pela Figura 2 que a realidade aumentada envolve a inserção de elementos virtuais em ambientes reais, definições também apresentadas por Hou (2001) e Tori, Kirner e Siscouto (2006). Este procedimento, além de trazer uma representação rica e interativa da realidade, permite ao usuário obter informações e percepções adicionais, enriquecendo sobremaneira a compreensão daquele ambiente representado.

Para Shelton e Hedley (2002) o uso das Realidades Virtual e Aumentada permite às pessoas visualizarem e interagirem com fenômenos que seriam impossíveis no mundo real. Como exemplo, a Figura 3 ilustra um trecho de uma imagem panorâmica 360° composta por elementos de realidade aumentada. Neste caso, os elementos que aumentam a realidade são dois ícones: Um na linha do horizonte, o qual após receber um clique do usuário, exibe um texto informativo; e, o segundo ícone no caule de uma palmeira, o qual após receber um clique do usuário pode exibir, por exemplo, um texto descritivo ou uma foto da árvore com frutos.

Figura 3 - Imagem 360°, passeio virtual e elementos de Realidade Aumentada.



Fonte: MV 360 Tour (2021).

Vale ressaltar que os elementos adicionais inseridos para se formar a realidade aumentada podem ser dos mais variados tipos, como por exemplo, quadros com textos, ícones, *hiperlinks* para sites externos, recorte/ampliação de determinada cena (um quadro por exemplo), efeitos de sons, vídeos, elementos de transição de cenas e muito mais (3DVista, 2014). Contudo, todo este incremento de elementos tende a aumentar a sensação de realidade do usuário, tornando assim, aquela experiência muito mais completa (aumentada), quando comparada às informações preliminares e restritas ao espectro visível.

A utilização das realidades virtual e aumentada se mostra poderosa em diversos aspectos. Segundo Pantelidis (2010), no ramo educacional, a natureza interativa da realidade virtual transforma a situação passiva de alunos em alunos ativos, melhorando a motivação e o senso de controle destes sobre sua própria aprendizagem. Na mesma direção, Denardim e Manzano (2017) avaliaram a impressão de estudantes acerca do uso da realidade virtual em sala de aula, bem como o impacto dessa tecnologia no processo de ensino-aprendizagem. Em suas conclusões estes autores relataram que houve interesse dos estudantes, que avaliaram a tecnologia como inovadora e motivadora, permitindo interatividade e ampliação de sensações que culminaram no aumento do aprendizado.

Koehl *et al.* (2013) avaliaram o uso de imagens panorâmicas 360° como experiência de visita de prédios históricos na França. Para eles, as imagens em si possuem limitações e para fornecer aos visitantes uma experiência mais completa e de maior envolvimento, na qual os passeios virtuais entram como solução. Eles chamam esta ferramenta de visita virtual guiada, criada a partir de um passeio virtual por meio da realidade aumentada.

Atividades com Realidade Virtual e Aumentada podem ser realizadas nas mais diversas áreas de conhecimento. Como exemplo, estas tecnologias já foram utilizadas para demonstração de Universidade (BUDI e WENAS, 2018), patrimônio arquitetônico histórico (IPPOLITI e MORAES, 2014; MAH *et al.*, 2019), aplicações subaquáticas (BRUNO *et al.*, 2019), exibição de artes em cavernas (HAN *et al.*, 2019), estabelecimento de mecanismo para a utilização dos acervos entomológicos no ensino de ciências (PASSOS, 2018) e muito mais.

2.2.2 Realidade Virtual Imersiva e Não Imersiva

Nas palavras de Domingues (2004, p. 36), “*as tecnologias interativas expandem o campo perceptivo, permitindo a comunicação com ambientes virtuais do ciberespaço*”. Segundo esta autora, esta comunicação leva a repensar os limites do corpo e os conceitos de espaço, a partir dos ambientes virtuais. Neste escopo, cabe salientar que a Realidade Virtual pode ser explorada de duas formas, a saber: a imersiva e a não-imersiva (GODOY, 2011).

Segundo Tori, Kirner e Siscouto (2006) a realidade virtual imersiva é aquela em que o usuário é predominantemente “transportado” para o domínio da aplicação, por meio de dispositivos multisensoriais como óculos e capacete de realidade virtual, por exemplo. Neste caso, o usuário tem a sensação de estar dentro daquele ambiente da aplicação.

Conforme citado anteriormente, o Google *Cardboard* é um dispositivo feito em papelão, mas com a função de popularizar a experiência das pessoas com a Realidade Virtual. Acoplado-se um celular com uma aplicação apropriada, o par de lente estereoscópica do *cardboard* incitará os sentidos e a percepção do usuário, fazendo-o sentir-se dentro da aplicação.

Salienta-se que quanto mais desligado do mundo real a sua volta, maior será a experiência de imersão do usuário dentro da aplicação. Visando oferecer experiências imersivas aos usuários, o mercado oferece alguns equipamentos, como óculos ou capacetes de realidade virtual que utilizam a tecnologia HMD (*head-mounted display* ou *helmet-mounted display*) e as Cave.

A Tecnologia HMD está disponível em óculos ou capacetes de saída de dados baseados em conjunto de lentes. A Tecnologia HMD foi utilizada com dois controladores sem fio no trabalho de Bruno *et al.* (2019). Conforme a Figura 4, tal sistema isola o usuário do mundo real e oferece uma experiência imersiva.

Figura 4 - Tecnologia (HMD)

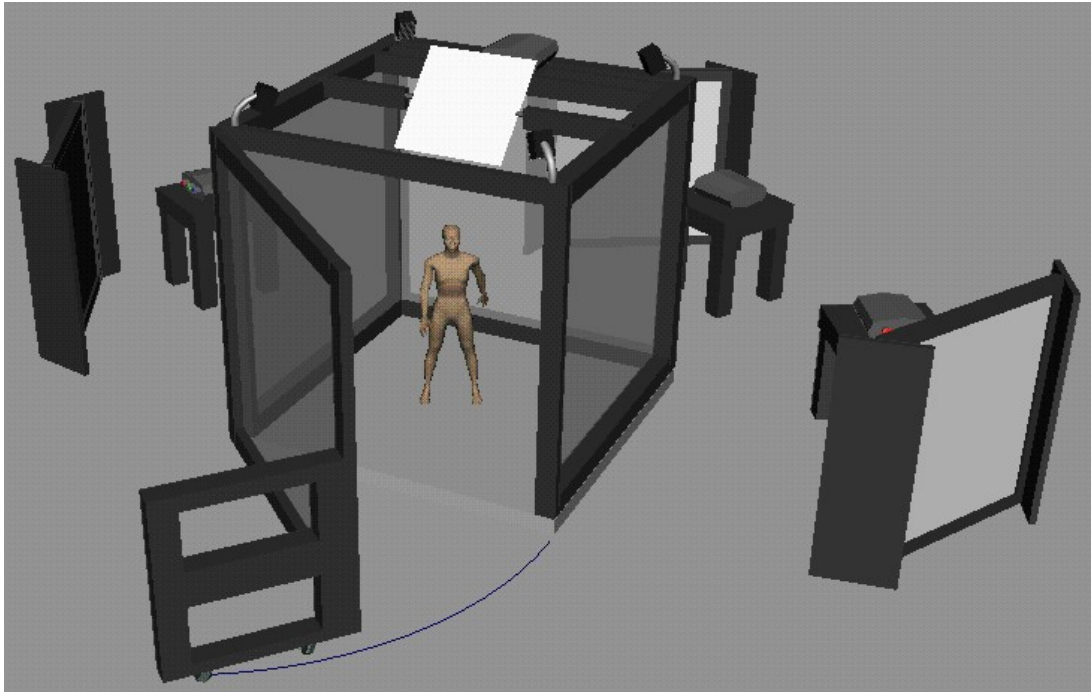


Fonte: Bruno *et al.* (2019)

Em trabalho publicado, Domingues (2004) explica que uma Cave é uma espécie de sala/cave/caverna/cubo para imersão virtual. Ela comenta ainda que CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*) é uma marca que se refere a um ambiente de realidade virtual imersiva patenteado, e que a *Fakespace Systems Inc.* é seu explorador exclusivo, contudo é recomendável evitar a utilização do termo Cave. No Brasil, um exemplo de cave é a CAVERNA Digital[®] gerenciada pelo Laboratório de Sistemas Integráveis (LSI) do Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos da Universidade de São Paulo (USP). Mais detalhes podem ser obtidos por meio do endereço eletrônico: <https://sites.usp.br/lsi/caverna-digital/>

Nas palavras de Tori, Kirner e Siscouto (2006), uma Cave é um ambiente baseado em um cômodo, em que as paredes, teto e piso recebem a projeção sincronizada das partes de um mundo virtual. Além disso, elas são baseadas geralmente em sistema de projeção panorâmica, estações de trabalho e sistemas de múltiplas projeções. A Figura 5 exhibe o esquema de imersão por meio de uma Cave.

Figura 5 - Esquema de imersão por meio de uma Cave



Fonte: USP (2021)

Um exemplo de trabalho com realidade virtual imersiva é o de Tsan Hu (2006), que apresentou contribuições para o desenvolvimento de sistemas telepresença por meio da aquisição, transmissão e projeção em ambientes imersivos de vídeos panorâmicos.

A realidade virtual não imersiva é aquela em que o usuário é parcialmente “transportado” para dentro do domínio da aplicação (TORI, KIRNER e SISCOUTO, 2006). Assim, a visualização de uma cena de realidade virtual em um monitor é considerada não imersiva (NETTO *et al.*, 2002).

Outro exemplo de realidade virtual não imersiva é o manuseio de uma imagem panorâmica 360° disponibilizada pelo *Google Maps* ou *Google Earth* por meio do *Street View*, quando manuseada e controlada diretamente na tela de um celular ou por meio de um computador.

Segundo a Google (2021) “o *Street View* do *Google Maps* é uma representação virtual do ambiente que nos cerca composta de milhões de imagens panorâmicas, disponível no *Google Maps*”. Ao utilizar o recurso do *Street View* exclusivamente pelo computador ou um dispositivo móvel, o usuário consegue interagir com a aplicação, porém o mundo real a sua volta também faz parte desta interação, exigindo deste, algum tipo de interação, consciente ou inconsciente. Todavia, se o usuário utilizar o *Street View* com óculos de realidade virtual ou algum outro dispositivo que o “aparte” do mundo real a sua volta, a realidade virtual tenderá a ficar imersiva.

Em um trabalho que analisou a paisagem cultural do centro da cidade do Rio de Janeiro com o apoio da Navegação Virtual, Godoy (2011) utilizou a realidade virtual não imersiva por possuir baixo custo e ser de fácil utilização pelo usuário comum. Baseando-se em uma visão humanista da Geografia para o entendimento do conceito de paisagem, a autora relata que a representação do ambiente se revelou importante e que o modelo de navegação facilitou o entendimento, a espacialização e a orientação espacial da maioria dos seus usuários.

Na mesma direção sobre realidade virtual não imersiva, porém no ramo imobiliário, Players e Poncin (2020) examinaram o impacto, sobre consumidores, das visitas virtuais não imersivas, com o uso de imagens 360°. Neste caso, todo estudo ocorreu com um ambiente de realidade virtual utilizando-se somente o mouse e teclado do computador como ferramentas de interação por parte do usuário. Como resultado, verificou-se que a Realidade Virtual, mesmo sendo não imersiva, foi associada a uma experiência positiva, que aumentou a sensação de presença e diversão. Além disto, a proposta resultou na melhoria da atitude dos consumidores em relação aos produtos e na intenção de visitar as propriedades.

2.3 Imagens 360°

Conforme percebido neste trabalho, as imagens panorâmicas 360°, ou simplesmente imagens 360°, estão diretamente relacionadas à tecnologia de realidade virtual. No conceito ora apresentado, as imagens 360° permitem a interação do usuário por meio de um processamento computacional em tempo real.

Segundo Hiraga et al. (2013, p. 13):

“A utilização de imagens panorâmicas vem se tornando cada vez mais comum, podendo obter estas por meio de câmeras ou lentes especiais. Estas imagens são construídas principalmente para retratar um ambiente com maior ângulo de visão, podendo ser utilizadas, por exemplo, na construção de cenários de jogos, onde há a simulação da realidade, como em simuladores de voo e de corrida.”

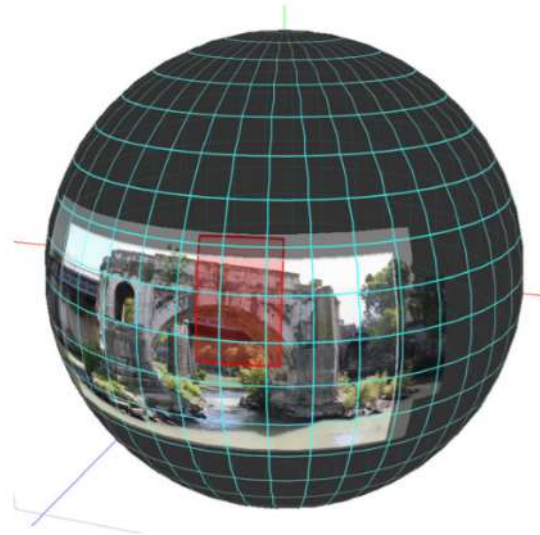
Face ao contexto e ao impacto possível de se gerar por meio das imagens 360°, nesta seção do trabalho, serão apresentadas uma contextualização, bem como os elementos que compõem uma imagem 360°, os tipos de câmeras de captura e processos de geração destas imagens.

2.3.1 Contextualização

As imagens 360° recobrem todas as direções de determinada área e são criadas pela composição de uma série de fotografias parciais (HO e BUDAGAVI, 2017). A Figura 6 a

seguir, publicada no trabalho de Wahbeh e Nardinocchi (2015), ilustra uma fotografia sobreposta a uma esfera virtual e traz a noção de como uma imagem 360° pode ser formada e vista. Nota-se que a composição de outras fotografias poderia complementar a visão horizontal e vertical (360°x180°) a partir de determinado ponto de vista (local em que a câmera estivesse).

Figura 6 - Noção de como uma imagem panorâmica 360° pode ser formada e vista sobre uma projeção esférica virtual.

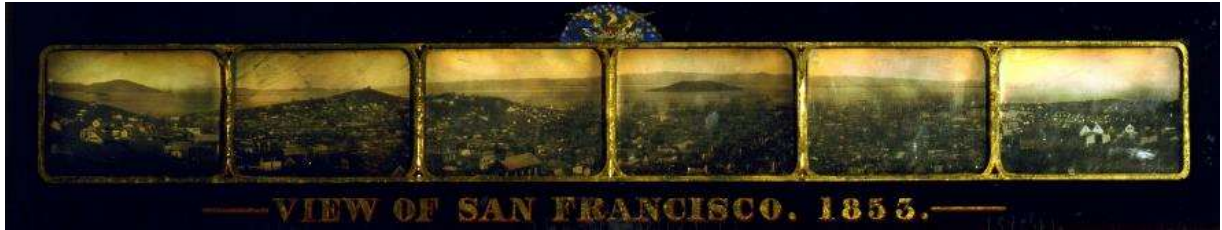


Fonte: Wahbeh e Nardinocchi (2015)

De acordo com Curtin (2001, *apud* Tsan Hu, 2006, p. 12), existem registros de imagens panorâmicas desde 1839, quando foram obtidas séries de fotografias que, posteriormente, eram emolduradas ou penduradas lado a lado, formando-se uma imagem ou visão panorâmica. Na ocasião, as séries de fotografia eram obtidas por uma câmera denominada *daguerreotype*.

Vass (2008) explana que mesmo que as fotografias adjacentes obtidas com a *daguerreotype* ficassem perfeitamente alinhadas, a configuração do sistema de abertura de captação de luz não permitiria a produção de um efeito panorâmico perfeito, ocasionando-se bordas ao longo da imagem panorâmica final. A Figura 7 apresenta uma imagem panorâmica emoldurada a partir de seis fotografias adjacentes, datadas de 1853 e obtidas pela câmera *daguerreotype*.

Figura 7 - Imagem panorâmica emoldurada em 1853 por meio da câmera *daguerreotype*



Fonte: Examthemes (2011)

Décadas depois dos primeiros registros mencionados acima, em 1904 a Kodak® patenteou uma câmera que girava em um eixo e fotografava imagens 360° (TSAN HU, 2006). Denominada Kodak Cirkut®, a câmera utilizava rolos de filme de grande formato, o que conferia às imagens grande qualidade, dispensando-se a ampliação do negativo, que conseqüentemente acarretaria perda da qualidade final do panorama.

Ao longo do tempo, o processo de geração de imagens panorâmicas foi sendo aperfeiçoado com novos equipamentos, processo de capturas das imagens, surgimento da computação e utilização de modelos matemáticos. Esta evolução alinhada a recursos complementares como o Google *Cardboard* – comentado em seções anteriores – culminaram na popularização da realidade virtual, impactando positivamente a vida de muitas pessoas (HO e BUDAGAVI, 2017).

Diretamente correlacionadas, a realidade virtual e as imagens 360° oferecem informações espaciais não métricas de grande importância, indo desde aplicações em áreas específicas às aplicações amplamente difundidas na rede mundial de computadores, como o *Streetview* do Google *Maps* (WRÓZYŃSKI *et al.*, 2020).

De toda forma, para o usuário final, as imagens 360° são apresentadas em formato esférico, permitindo a abstração de informações em todas as direções, a partir do local em que a imagem foi capturada. Por outro lado, cabe adiantar que as imagens 360° podem possuir outros formatos, como o equirectangular, este o qual é a base para a geração da imagem 360° em formato esférico (JIM e KIM, 2017). Nas próximas seções estes conceitos e detalhes serão mais bem esclarecidos.

2.3.2 *Elementos e características de uma imagem 360°*

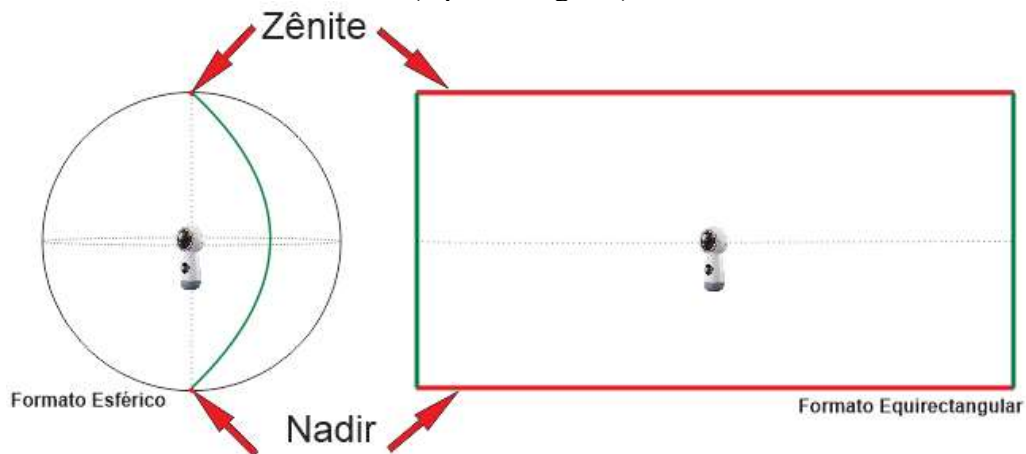
Conhecer os elementos e características das imagens 360° é muito importante para lidar com eventuais problemas, soluções e comunicação entre profissionais da área. Abaixo são listados os principais elementos e características de uma imagem 360°. O entendimento desses elementos e características facilitará sobremaneira a compreensão deste trabalho.

Zênite: Ponto verticalmente mais alto em relação ao eixo óptico da câmera. Na imagem esférica será o ponto mais alto da esfera de representação. Na imagem equirectangular será uma linha que representa o ponto mais alto na esfera, que foi distorcido (esticado) face a projeção cilíndrica equidistante. Com a câmera nivelada, o zênite está na direção do céu, caso a imagem 360° seja obtida em um ambiente externo.

Nadir: Ponto verticalmente mais baixo em relação ao eixo óptico da câmera. Na imagem esférica será o ponto mais baixo na representação. Na imagem equirectangular será uma linha que representa o ponto mais baixo na esfera, que foi distorcido (esticado) face a projeção cilíndrica equidistante. Como as câmeras normalmente ficam apoiadas em tripés, bipés ou monopés, é comum as imagens 360°, tanto em formato esférico quanto equirectangular, apresentarem a imagens destas ferramentas de apoio. Para a remoção destes tripés é comum efetuar-se a manipulação da imagem em algum software de edição ou então inserir uma imagem complementar, que sobreponha a parte indesejada disposta em nadir.

A Figura 8 apresenta a posição de zênite e nadir em uma imagem 360° na forma esférica e plana (equirectangular).

Figura 8 - Posição de Zênite e Nadir em uma imagem 360° nos formatos esféricos e plana (equirectangular).



Fonte: Arquivos do autor (2021)

A Figura 9 apresenta uma imagem equirectangular com registro de informações, em nadir, não pertencentes ao meio imageado. Trata-se do tripé e de alguns acessórios utilizados no processo de captura de imagens.

Figura 9 – Registro do tripé e alguns acessórios, na região de nadir, na Imagem 360° em formato equirectangular (a) e em um trecho da Imagem no formato esférico.



Fonte: Arquivos do autor (2019)

Todavia, caso o projetista deseje remover estas informações ao longo das imagens, ele poderá recorrer a softwares de edição de imagem como o Photoshop (software proprietário) ou Gimp (software gratuito). Há algumas formas de se executar tal procedimento, mas o mais comum é utilizar as ferramentas de clone. Neste caso, o projetista deve clonar alguma superfície semelhante do entorno, projetando-a sobre a feição indesejada. A Figura 10 abaixo exibe a imagem editada por meio de uma ferramenta de clone do aplicativo computacional Gimp, versão 2.10.22.

Figura 10 - Imagem 360° em formato equirectangular (a) e trecho esférico (b) com informações indesejadas em nadir removidas.



Fonte: Arquivos do autor (2019)

Embora haja parte da imagem 360° com informações do tripé e acessórios, conforme comentado acima, a opção por manter ou remover tais informações não gera impactos visuais significativos. No entanto, deve-se ter em mente que as informações que substituem essas feições não correspondem à verdade absoluta para aquela localização pontual. Utilizando os mesmos softwares de manipulação de imagens, alguns projetistas preferem inserir uma espécie de selo/logomarca sobre as informações indesejadas. Desta forma, ao invés de se clonar informações que podem confundir o usuário final, suprime-se o indesejável, sobrepondo-o com algo aceitável.

Horizonte: Com as câmeras devidamente niveladas no processo de captura das fotografias que formarão a imagem 360°, a linha do horizonte do ponto imageado tenderá a ficar próximo à metade vertical da imagem, seja na imagem esférica ou equirectangular.

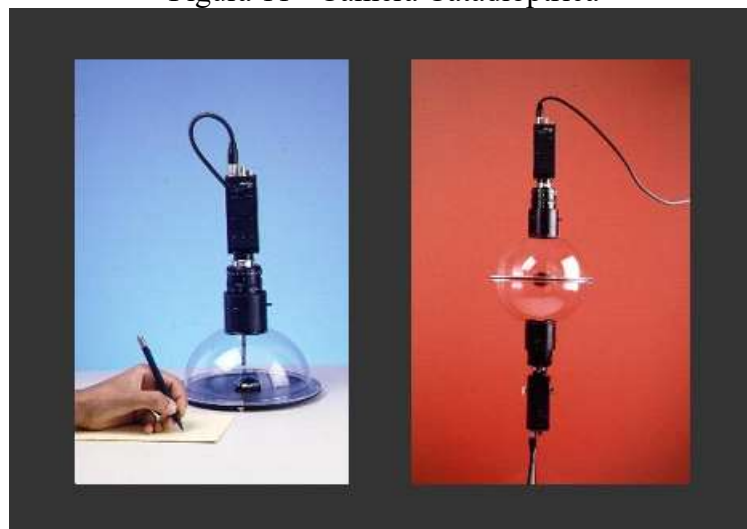
Proporção de uma imagem 360°: A imagem 360° no formato plano – equirectangular – obedece a proporção de 2:1 entre a largura e altura (LEE e CHOE, 2019). Assim, se a largura de uma imagem for 6.000 pixels, a altura terá 3.000 pixels.

2.3.3 Câmeras para geração de imagens 360°

Para a geração de imagens 360° podem ser utilizadas câmeras fotográficas convencionais, câmeras digitais ou câmeras especiais (TSAN HU, 2006). De acordo com Chen (1995), as imagens panorâmicas podem ser criadas com renderização por computador, câmeras panorâmicas especiais ou "costurando" (*stitching*) fotos sobrepostas tiradas com uma câmera comum.

Segundo Nayar (1997 *apud* Ho e Budagavi 2017), as câmeras catadióptricas compunham os primeiros sistemas de imageamento em 360°. Essas câmeras combinavam lente (dióptrica) e espelho (catóptrico) no processo de geração da imagem. Mass (2008) registra que os sistemas catadióptricos consistem em uma câmera acoplada a um espelho convexo (hiperbólico), a partir do qual se obtém uma imagem hemisférica. Além disso, o autor relata que os sistemas catadióptricos podem ser obtidos a um custo relativamente baixo, porém apresenta uma resolução relativamente baixa. A Figura 11 ilustra um sistema catadióptrico.

Figura 11 - Câmera Catadióptrica



Fonte: Adaptado de Nayar (1997).

Embora estas câmeras permitissem gerar panoramas sem costuras, o seu campo de visão era inferior a $360^{\circ} \times 180^{\circ}$. Não obstante, estes sistemas não eram compactos, gerando dificuldades em todo processo de captura de informações (HO e BUDAGAVI, 2017).

Uma alternativa ao sistema catadióptrico são as câmeras do sistema polidióptrico, que incorpora várias câmeras ou sensores com campos de visão sobrepostos, visando a geração de imagens 360° a partir dos múltiplos quadros (MAAS, 2008). Até poucos anos atrás, segundo Ho e Budagavi (2017), o número de câmeras usadas nesses sistemas polidióptrico variava de 8 a 17, o que conferia uma alta resolução e qualidade profissional. Por outro lado, nem sempre estes sistemas recobriam o campo de visão equivalente a $360^{\circ} \times 180^{\circ}$. Além disto, essas câmeras eram extremamente caras, estando fora de alcance da maioria dos usuários e ocupavam um grande volume. A Figura 12 exemplifica um sistema polidióptrico montado com várias câmeras.

Figura 12 - Câmera polidióptrica, modelo *Odyssey* da marca GoPro



Fonte: GoPro (2016).

Nas palavras de Campos *et al.* (2018), nos últimos anos, os recursos do sistema polidióptrico, em termos de desenvolvimento e processamento de dados, foram aprimorados significativamente, com abordagens mais leves, menores e de baixo custo. Ainda enquadrado como um sistema polidióptrico, na última década surgiram câmeras que, em apenas um corpo, carregam dois ou mais sensores apontados para direções distintas.

No mesmo diapasão, Bazaretti *et al.* (2020) esclarecem que o comércio oferece várias câmeras 360° , que estão se tornando mais populares pela oportunidade de capturar toda a cena ao redor do operador. Dentre os vários modelos de câmeras 360° consideradas compactas e de baixo custo, baseadas no sistema polidióptrico com dois sensores em única câmera, cita-se a Xiaomi Mijia Mi Sphere 360; GoPro Fusion 360; Ricoh theta V 360; Samsung Gear 360;

e, Insta 360 ONE, ONE X, ONE R e ONE X2. A Figura 13 apresenta uma câmera 360° do sistema polidióptrico, modelo Insta360 One R:

Figura 13 - *Insta 360 ONE R.*



Fonte: Insta360 (2021).

As câmeras compactas do sistema polidióptrico citadas acima, utilizam apenas duas lentes olho de peixe diametralmente opostas. Estas lentes permitem um campo visual muito amplo, chegando a 195 graus no caso da Samsung Gear 360, o que, embora permita uma sobreposição entre as imagens, elas ainda são limitadas a um anel de sobreposição nos extremos das imagens (HO e BUDAGAVI, 2017).

Nas palavras de Abraham e Förstner (2005), as lentes olho de peixe, amplamente utilizadas nos sistemas polidióptricos, fornecem imagens com um grande campo de visada, com uma única câmera (embora haja mais de um sensor), um único ponto de vista e em um único momento. Para melhor entendimento desta dissertação, a partir deste momento, a terminologia câmeras 360° será utilizada no lugar de câmeras polidióptricas.

Como vantagens, as câmeras 360° apresentam baixo custo e alto rendimento ante as demais opções. Todavia, a maioria das câmeras ainda não oferece um nível de qualidade como as câmeras digitais comuns modelo DSLR (*Digital Single Lens Reflex*) *Full Frame*, que possuem sensor de grande dimensão e melhor resultado.

As câmeras digitais comuns também podem ser utilizadas para a geração de imagens 360°. Para isso, é necessária a obtenção de várias fotografias recobrindo todo o entorno do local onde a câmera está. Além disto, são necessários alguns cuidados e acessórios que facilitarão o processo de captura e, conseqüentemente, a qualidade final da imagem 360°. De posse das imagens parciais, alguns softwares são capazes de costurá-las e gerar a imagem 360°. Nas próximas seções serão apresentados os detalhes do uso das câmeras digitais comuns e processamento para a geração das imagens 360°.

Neste trabalho entende-se como câmeras digitais comuns aquelas encontradas sob a denominação Compactas, Superzoom, *Mirrorless* e câmeras do tipo DSLR. Diversos

trabalhos científicos e profissionais utilizaram as câmeras digitais comuns, por exemplo, o realizado por Koehl *et al.* (2013, p. 387) que, para geração de uma imagem 360°, utilizaram uma Câmera Digital Canon EOS 5D e tomou de 49 fotografias, distribuídas em todas as direções.

2.3.4 Tomada das fotos para compor uma imagem 360°

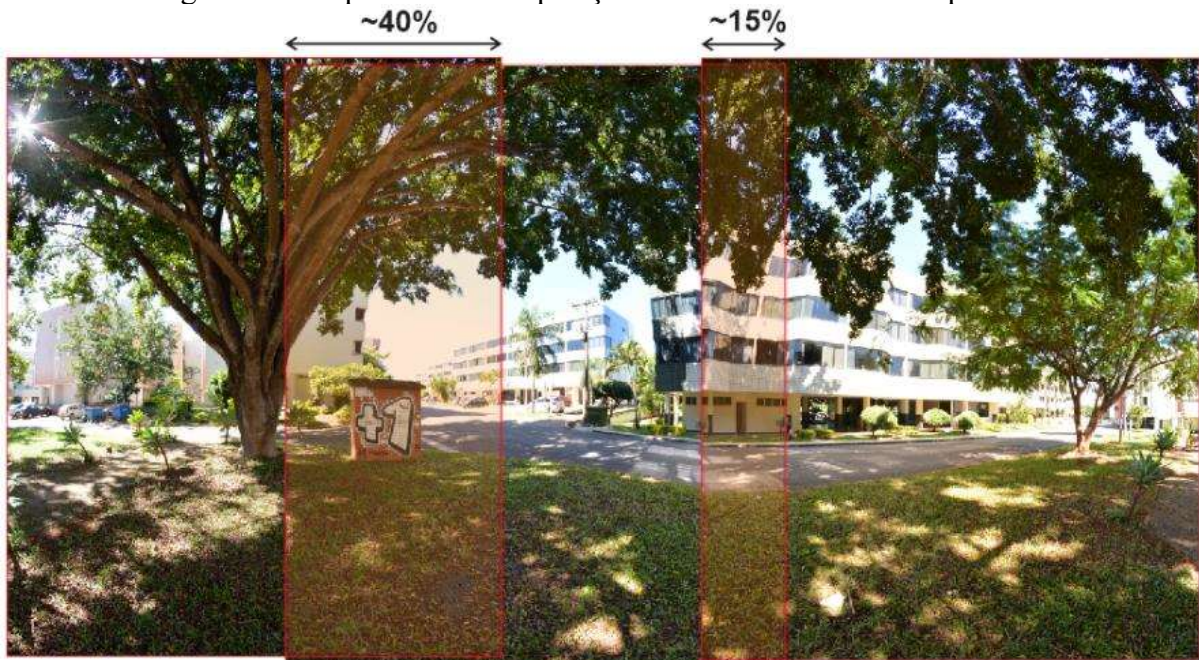
Nesta seção da dissertação serão apresentados os requisitos, processos, equipamentos e acessórios necessários para se obter fotografias que, posteriormente, comporão as imagens 360°.

2.3.4.1 Sobreposição entre as fotografias parciais

Conforme apresentado, as câmeras catadióptricas permitem a captura imediata de uma cena em 360°, no entanto, tal sistema possui inúmeras restrições, que o torna inviável ante as alternativas disponíveis no mercado. Desta forma, neste trabalho serão focadas as câmeras polidióptricas (câmeras 360°) e câmeras digitais comuns.

Para a geração dos panoramas, seja em câmeras 360° ou digitais comuns, as fotos parciais devem ter sobreposição com as fotos adjacentes. Tal sobreposição permitirá que os softwares façam o processo de costura (*stitching*) e gerem a imagem 360° (TSAN HU, 2006). A Figura 14 mostra um esquema de sobreposição para a geração de uma foto panorâmica.

Figura 14 - Esquema de sobreposição na tomada de três fotos parciais.



Fonte: Arquivos do autor (2019)

No que tange a sobreposição das fotografias parciais adjacentes, alguns autores recomendam os seguintes valores: De 25% a 30% (FANG, 2006 *apud* MAÍCAS e VIÑALS, 2017, p. 44); Entre 15% e 30% (CURTIN, 2001 *apud* TSAN HU, 2006); e, em torno de 35% (WAHBEH e NARDINOCCHI, 2015). Chen (1995) por sua vez, explana que 50% de sobreposição parece funcionar melhor, porque as imagens adjacentes podem ter níveis de brilho muito diferentes.

Aumentando-se a quantidade de fotografias parciais nas câmeras digitais comuns, as sobreposições recomendadas acima são plenamente acessíveis. No entanto, em câmeras 360° com dois ou mais sensores fixos no mesmo corpo da câmera, a sobreposição é muito limitada (HO e BUDAGAVI, 2017) e, normalmente, não chega a esses valores sugeridos.

A Figura 15 ilustra a área de sobreposição de uma imagem gerada por duas fotografias obtidas por uma câmera 360° de dois sensores. Nota-se que devida à lente olho de peixe, a imagem é apresentada em formato circular e que a área de sobreposição é formada por um anel estreito.

Figura 15 - Sobreposição em fotografias obtidas por câmeras 360 de dois sensores.
Área de Sobreposição (anel)



Fonte: Arquivos do autor (2019)

Embora haja limitação de sobreposição na maioria das câmeras 360° disponíveis no mercado, atualmente há algoritmos que permitem a geração de imagens 360°, levando-se em conta os parâmetros das lentes destas câmeras, conforme trabalho de Ho e Budagavi (2017).

2.3.4.2 Equipamentos e acessórios

Utilizando-se apenas um tripé, bipé ou monopé e uma câmera 360° ou digital comum, é possível obter fotografias para a geração de imagens 360°. Todavia, outros acessórios

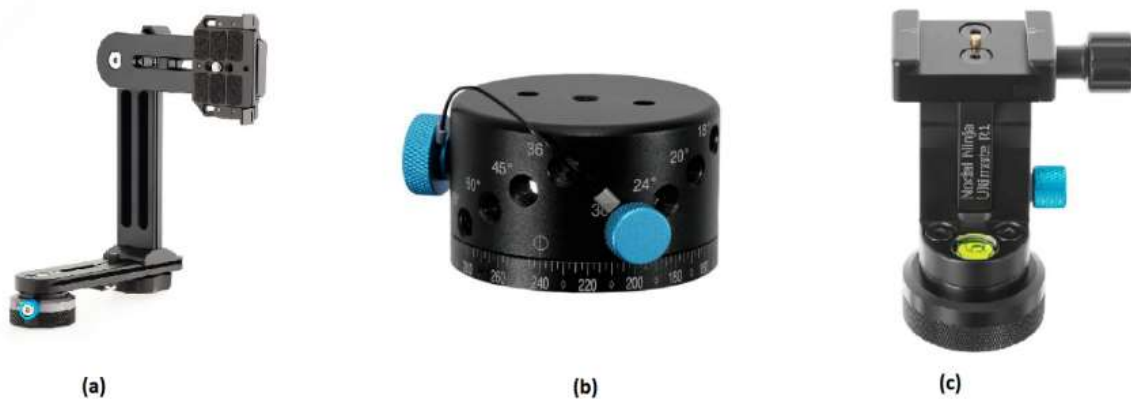
podem facilitar sobremaneira a qualidade e eficiência dos trabalhos e produtos. Abaixo são listados alguns acessórios que podem ser úteis:

Cabeça Panorâmica: Dispositivo que auxilia a movimentação de câmeras digitais em torno do centro óptico da câmera (ponto nodal). Ela é muito utilizada para auxiliar a criação de panoramas com maior qualidade (CHIBUNICHEV, *et al.*, 2019).

Rotador: Dispositivo acoplado sob a cabeça panorâmica e que permite o movimento angular da câmera de forma sistemática, por exemplo a cada 60°.

Base nivelante: Base acoplada sobre o tripé que permite o nivelamento do sistema a partir de um ou mais parafusos calantes. Algumas bases nivelantes, denominadas *Ballhead* são controladas com o torque sobre uma bola. Além disto, alguns tripés possuem nível de bolha que auxiliam no processo de nivelamento do sistema, dispensando o uso da base nivelante complementar. A Figura 16 ilustra a cabeça panorâmica, rotador e base nivelante.

Figura 16 - (a) cabeça panorâmica; (b) rotador; e, (c) base nivelante.



Fonte: Adaptado de Fanotec (2021).

Controle remoto disparador de foto: Dispositivo que permite executar a tomada de fotos remotamente (alguns metros de distância). É muito útil para o operador não aparecer na cena e para evitar trepidação da câmera com a força do clique físico. Uma alternativa eficiente a este dispositivo é utilização do recurso de tomada de fotos por meio do temporizador interno das câmeras. Atualmente a maioria das Câmeras 360° e câmeras digitais possuem este recurso.

2.3.4.3 Aquisição de fotografias utilizando câmeras 360°

Conforme explicado em seções anteriores, as câmeras 360° permitem a captura de fotografias em todas as direções, simultaneamente e com um único clique. Assim sendo, com a câmera devidamente nivelada sobre um tripé, bipé ou monopé, basta ligá-la e pressionar o botão correspondente para captura da imagem.

Neste tipo de câmera, não é necessário utilizar os acessórios descritos na seção anterior, embora a base nivelante e o controle remoto disparador podem ser considerados. Estes acessórios são facultativos pois alguns tripés já possuem bolhas para nivelamento e as câmeras possuem o recurso de temporizador interno, que permite o distanciamento do operador no momento da captura da imagem.

Cabe salientar que como esta câmera registra a cena simultaneamente em 360°, o operador deve se esconder do campo de visão do sensor, caso não deseje aparecer na imagem 360° final. Neste caso, o uso do temporizador da câmera ou o controle remoto são indispensáveis.

Após a tomada das fotos, um ou mais arquivos serão gravados na memória interna ou cartão de armazenamento da câmera. A depender do modelo da câmera e da sua configuração, o arquivo gravado terá o formato processado (jpg, tiff, png e outros) ou um o formato raiz (dng, raw, insp, crw, nef e outros). Salienta-se ainda que estes arquivos podem ser as próprias imagens 360°, caso a câmera tenha este processamento interno, ou podem ser as imagens que servirão de insumo para um processamento posterior.

2.3.4.4 Aquisição de fotografias utilizando câmeras digitais comuns

Dentre os tipos de câmeras citados neste trabalho, as câmeras digitais comuns são as mais populares e podem ser utilizadas para criação de imagens 360°. Conforme explanado, embora seja possível utilizar vários modelos de câmeras digitais, o foco neste trabalho será nas câmeras DSLR, por entregarem um produto de boa qualidade, quando se refere à oferta, por exemplo, da nitidez (com boa nitidez os objetos são facilmente distinguidos, por apresentarem bons contornos).

Testes empíricos deste autor evidenciam que trabalhos extras podem ser evitados na fase de processamento, caso se utilize a câmera DSRL sobre uma base nivelante. Sobre esta base estará o rotador (opcional) e a cabeça panorâmica, onde a câmera digital é acoplada. Assim, a base nivelante permitirá a captura das fotos de forma sistemática e diminuirá a probabilidade de se deixar alguma direção imageada de forma indevida.

Com todo sistema montado sobre o tripé, bipé ou monopé, deve-se configurar mecanicamente a cabeça panorâmica para que a câmera fique centralizada em seu ponto nodal, com inclinação e rotação mínimas (CHEN, 1995). O ponto nodal também é chamado ponto *non-parallax* e é coincidente com o eixo óptico da câmera (KANG; WEISS, 1999). Com a captura ocorrendo sobre este ponto, evita-se a paralaxe, que é um efeito causado devido ao movimento indesejado do centro óptico, o qual prejudica o processamento da imagem 360°

(BROWN; LOWE, 2007). Salienta-se que a determinação do ponto nodal deve ocorrer conforme o manual do fabricante.

Conforme já explanado, as fotografias devem recobrir todas as direções, com uma sobreposição entre as imagens para posterior fornecimento de parâmetros no processo de costura. Neste caso, o operador deve girar a câmera e capturar uma fotografia parcial em diversas direções da câmera, obedecendo a sobreposição e o recobrimento total das direções, inclusive de zênite e nadir.

A quantidade de fotografias necessária para gerar uma imagem 360°, depende do tipo de câmera digital, do sensor, da sobreposição e da lente utilizada (HDRLAB, 2021):

- Câmeras digitais comuns ou semiprofissionais não permitem o acoplamento de lentes especiais, desta forma, a quantidade de fotografias ficará em função do tamanho do sensor e abertura angular da lente.
- As câmeras DSLR ou câmeras profissionais, dentre outras características, permitem o acoplamento de lentes que possuem maior abertura angular da lente.
- Lentes com menor distância focal possuem maior abertura angular. Assim, poderão registrar uma área maior com apenas uma foto, diminuindo-se a quantidade de fotos;
- Há câmeras DSRL com sensores cropados e *full frame*. Para uma mesma lente, os sensores *full frame* permitirão registrar uma área maior, diminuindo-se a quantidade de fotos necessária (WONDERSHARE, 2021).
- Quatro fotos é a menor quantidade de fotos parciais possível quando se utilizam câmeras digitais. Para isso, é necessária uma câmera profissional DSLR, com sensor *full frame* e uma lente olho de peixe de 8mm por exemplo.

O site [hdrlab \(2021\)](http://hdrlabs.com/tools/panocalc.html), disponível sob o endereço <http://hdrlabs.com/tools/panocalc.html> permite determinar a quantidade de fotografias em função da câmera, sensor, lente, sobreposição entre as imagens e vice-versa.

Como exemplo de trabalhos anteriores, destaca-se o trabalho de Koehl *et al.* (2013), que utilizaram uma Câmera Digital Canon EOS 5D para tomar 49 fotografias, distribuídas em todas as direções. Eles utilizaram os seguintes acessórios: Um tripé; uma cabeça panorâmica para eliminar os efeitos da paralaxe e repetição da posição da câmera; e, uma base nivelante para a câmera. A seguir são apresentados o esboço da tomada parcial das 49 fotografias (Figura 17A) e a geração final da imagem equirectangular (panorama) que é a forma projetada (plana) de uma Imagem 360° (Figura 17B).

Figura 17 - (A) Esboço da tomada das 49 fotografias (B) Imagem 360° em formato equirectangular



Fonte: Adaptado de Koehl *et al.* (2013, p. 388).

2.3.5 *Stitching/Costura (geração das imagens 360°)*

De posse das fotos parciais que tiveram sobreposição entre si e recobriram todas as direções em torno da câmera, a etapa seguinte envolve o processamento para a geração da imagem 360°. Nesta etapa elas serão costuradas (*stitching*) e retornarão a imagem pretendida (TSAN HU, 2006).

Lee e Choe (2019) descrevem o processo de costura como uma técnica para combinar várias fotografias e criar uma imagem com campo de visão amplo. A etapa de costura é necessária para imagens parciais obtidas tanto por câmeras 360°, quanto por digitais comuns. Porém, caso as câmeras 360° realizem o processamento e geração da imagem 360° com recursos da própria câmera, esta etapa de costura pode ser ignorada. Por outro lado, mesmo havendo um processamento na câmera 360°, o operador/projetista pode optar por realizar a costura a fim de se obter um resultado melhor ou ter o controle do produto.

Com as fotos parciais adjacentes sendo parâmetros de entrada, o processo de costura envolverá o cálculo da relação de transformação entre as imagens e a criação de um mosaico que combine as imagens por meio da relação de transformação. Salienta-se que o processo de obtenção de um relacionamento de transformação consiste em três etapas: encontrar pontos homólogos, combinar os pontos homólogos e calcular um relacionamento de transformação usando características correspondentes (LEE e CHOE, 2019). Atualmente, estas etapas são realizadas, quase automaticamente, por softwares específicos, conforme será apresentado mais adiante.

2.3.5.1 Correção da distorção das lentes das câmeras

O mundo real que se vê é um espaço tridimensional, no entanto, ao ser representado em uma imagem ele se transforma em bidimensional. Contudo, o referenciamento dos pontos reais tridimensionais sobre a imagem com elementos bidimensionais é determinado pela

posição e orientação da câmera, que por sua vez é afetada, por exemplo, por parâmetros como a lente da câmera (LEE e CHOE, 2019).

Intrínseco ao processo de costura e ao exposto acima, cada imagem parcial precisará receber uma correção face às distorções das lentes (TSAN HU, 2006). Segundo Silva (2003), a distorção é resultado de imperfeições, fabricação e montagem das lentes. Contudo, uma feição que deveria estar na localização (x, y) do plano da imagem, vai aparecer na posição (x_0, y_0) , face à distorção da lente, conforme a Equação 1.

$$\begin{aligned}x_0 &= x + \delta_x(x; y) \\y_0 &= y + \delta_y(x; y)\end{aligned}\tag{1}$$

em que δ_x e δ_y são as componentes do erro posicional causado pela distorção da lente.

Para a correção das distorções, cada tipo de lente, em cada tipo de câmera, terá um modelo de correção. Esses modelos são baseados em algumas constantes obtidas do manual da lente ou através de testes, a partir dos seguintes parâmetros (TSAN HU, 2006): Distância focal em pixel; coordenada do ponto principal; e, Coeficiente de *Skew* (também denominado *alpha_c*), que define o ângulo entre os eixos dos pixels.

2.3.5.2 Pontos homólogos entre imagens adjacentes

Para a geração do mosaico final correspondente a imagem 360°, o problema central consiste em estimar uma matriz de homografia para cada imagem (SZELISKI e SHUM, 1997). Esta matriz refere-se a pontos homólogos (repetição da feição) em imagens diferentes. É nesta etapa que se observa a aplicabilidade da sobreposição entre imagens, descrita anteriormente.

Segundo Brown e Lowe (2003), atualmente há modelos matemáticos e softwares de geração de imagens 360° que utilizam ou dispensam dados de entrada para a sua geração. Esses dados de entrada dizem respeito a inserção de parâmetros da câmera ou mesmo indicação de áreas com feições homólogas (Pontos de controle).

Hiraga *et al.* (2013, p. 12) apresentaram algoritmos para a construção e visualização de imagens 360°. Para isso, eles utilizaram os algoritmos SIFT (*Scale Invariant Feature Transform*) e RANSAC (*RANdom SAMple Consensus*), estes os quais são amplamente utilizados para a correspondência de imagens e criação de imagens 360°. Salienta-se que o SIFT é um algoritmo de visão computacional definido e publicado por David G. Lowe em 1999 (LOWE, 1999).

Segundo Hiraga *et al.* (2013) o algoritmo SIFT permite a detecção e extração de feições (características) para a correspondência (*matching*) entre as diferentes imagens que

comporção, posteriormente, o panorama. Estas feições são razoavelmente invariantes a mudanças de iluminação, ruído, rotação, ponto de vista (pequena mudança) e escala. Além disso, sob alto nível probabilístico, essas feições podem ser combinadas (*matched*) em um banco de dados de feições de diversas imagens, promovendo uma base para o reconhecimento nas cenas.

Por seu turno, o algoritmo RANSAC – traduzido de forma livre para Consenso de Amostra Aleatória - é um procedimento de estimativa robusto, que usa um conjunto mínimo de correspondências, previamente detectadas pelo SIFT, amostradas aleatoriamente para estimar os parâmetros de transformação de imagem. Assim, o RANSAC encontra a solução que tem a melhor consistência (BROWN e LOWE, 2007).

Brown e Lowe (2007) propõem o seguinte algoritmo para a geração de panoramas a partir de imagens parciais obtidas em torno do centro óptico da câmera:

Entrada: n imagens não ordenadas.

I. Extração das características SIFT de todas as n imagens;

II. Encontrar k vizinhos mais próximos para cada característica;

III. Para cada imagem:

(i) Selecionar m imagens candidatas a correspondência (com o número máximo características nestas imagens);

(ii) Encontrar correspondências de características geometricamente consistentes usando o algoritmo RANSAC para resolver a homografia entre pares de imagens;

(iii) Verificar as correspondências de imagem usando o modelo probabilístico;

IV. Encontrar os componentes conectados de correspondências de imagem;

V. Para cada componente conectado:

(i) Executar o ajuste do pacote para determinar a rotação $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ e a distância focal f de todas as fotos parciais (Variáveis do SIFT);

(ii) Renderizar panorama usando combinação multibanda;

Saída: Imagem panorâmica.

Embora haja aplicações que dispensem a entrada de dados como pontos de controle, Goldsmith (2011) explana que como técnica adicional, podem ser definidos pontos de controle. Sob esta possibilidade, a aplicação poderá aumentar o nível de qualidade do panorama, face à entrada de dados já validados.

Para Barazzetti *et al.* (2020) esses pontos de controle, que ajudarão no processo de retificação das imagens, podem ser um conjunto de linhas horizontais e verticais ou um conjunto de, pelo menos, quatro pontos de controle. Mais detalhes acerca dos algoritmos SIFT e RANSAC, seus modelos matemáticos e evolução podem ser obtidos nos trabalhos de Brown e Lowe (2007).

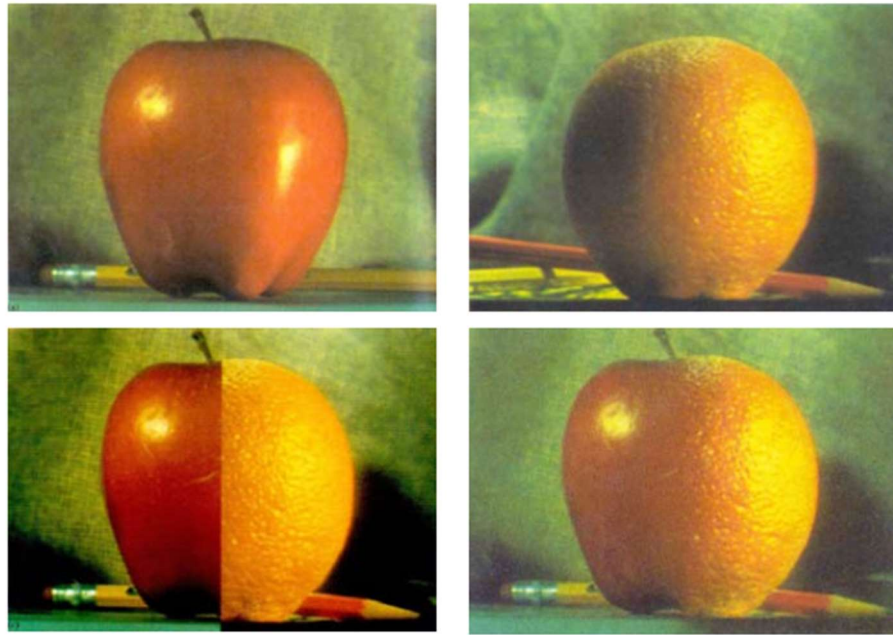
2.3.5.3 *Blending* (Mistura)

A renderização mencionada no item (ii) do passo V, no tópico anterior, diz respeito à geração final do panorama. No entanto, o uso de uma combinação multibanda refere-se a aplicar uma ferramenta de *Blending* (mistura ou combinação) para corrigir diferenças de intensidade de luz em cada pixel das fotos distintas.

A mudança da direção ou posição da lente pode acarretar captação distinta de intensidade de luz entre duas ou mais fotos parciais. Com isso as imagens podem ter níveis de brilho diferentes (CHEN, 1995). Contudo, após o processo de costura via os algoritmos SIFT e RANSAC, podem surgir bordas indesejáveis no panorama.

Diante do exposto, o processo de mistura/combinação (*blending*) multibanda objetiva substituir pixels de alta frequência por pixels de baixa frequência, camuflando indícios de costura (união) de imagens diferentes. Segundo Burt e Adelson (1983), a técnica *blending* modifica as respostas dos pixels das fotos, nas proximidades de um limite, para gerar uma transição suave entre as imagens. A Figura 18 ilustra o processo de *blending* realizado entre duas imagens. Neste caso, metade da foto de uma maçã foi unida à metade da foto de uma laranja, ocasionando uma diferença nítida na área que une os dois frutos. Após a aplicação da ferramenta de *blending*, ocorreu uma suavização nesta área, com a eliminação daquela linha fronteira.

Figura 18 - Processo de *blending*:



Fonte: Adaptado de Burt e Adelson (1983).

Cabe ressaltar que também há outros algoritmos que trabalham com *blending*. Em um trabalho intitulado *Algoritmos para Construção de Panoramas de Imagens 360° e Visualização*, foi utilizado um algoritmo denominado *Blend Feathering* (LEVIN, 2006, *apud* HIRAGA *et al.*, 2013, p. 20). A Figura 19 ilustra a junção de duas imagens sem *Blend* (A) e com *Blend* (B) utilizando o algoritmo *Blend Feathering*.

Figura 19 – Imagens sem *Blend* (A) e com a aplicação do *Blend Feathering* (B).



A

B

Fonte: Hiraga *et al.* (2013, p. 21).

Mais detalhes sobre a ferramenta de *Blending* (mistura ou combinação) Multibanda, que ajudarão no processo de criação das imagens 360°, podem ser encontrados nos trabalhos de Brown e Lowe (2007), Hiraga *et al.* (2013) e Burt e Adelson (1983).

2.3.5.4 Softwares para costura de imagens

É possível notar que desde o registro das primeiras imagens panorâmicas até os dias atuais, muita coisa evoluiu, tendo surgido diversos equipamentos, acessórios e modelos matemáticos. Compreender o processo é importante para se buscar a qualidade máxima, no

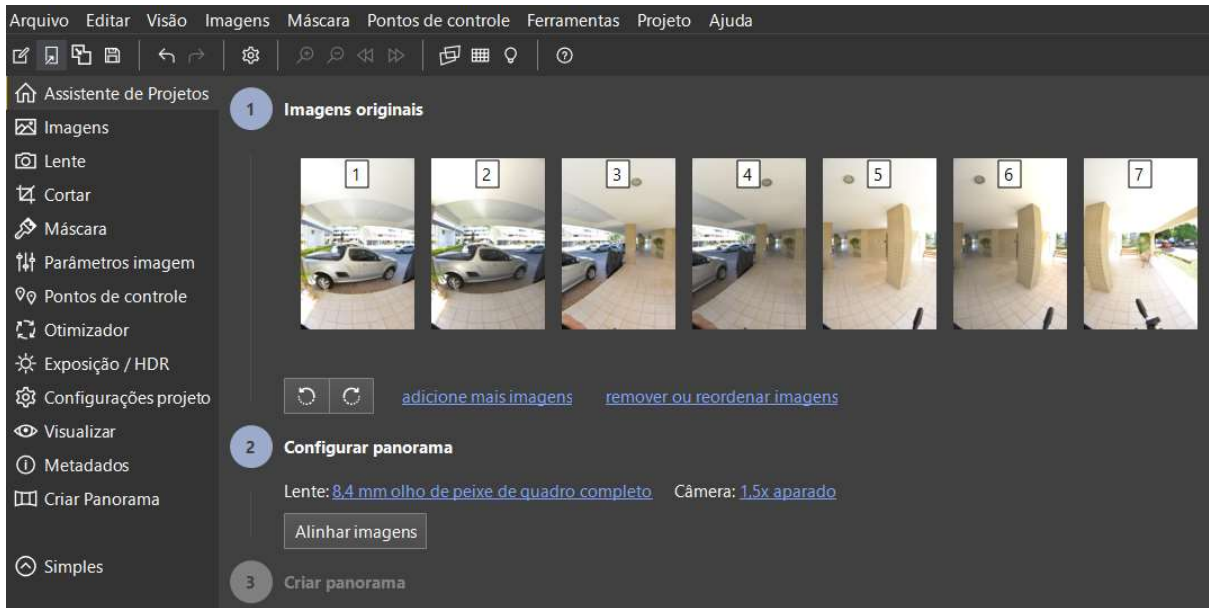
entanto, com exceção da parte de captura de imagens, atualmente a construção de imagens panorâmicas é feita principalmente com o uso de softwares.

Algumas câmeras 360° possuem software interno que faz o processo de costura automaticamente e geram a imagem 360°, o que dispensa o processo de costura posterior. Como exemplo de câmera com processamento interno, cita-se a câmera 360° Insta360 One R (INSTA360, 2021). Todavia, sendo necessário o processo de costura separadamente, conforme é o caso das câmeras digitais comuns, o projetista pode recorrer aos diversos softwares no mercado, como por exemplo, PTGui, AutoPano, RealViz e Panorama Factory (FANGI e NARDINOCCHI, 2013), Autostitch e Hugin.

Abaixo são discriminadas as características de alguns softwares proprietários e gratuitos disponíveis no mercado para realizar o processo de costura (*stitching*).

O software PTGui para Windows e MAC, voltado para montagem de imagens panorâmicas. O seu nome é acrônimo de *Graphical User Interface for Panorama Tools*, que pode ser traduzido livremente para Interface Gráfica de Usuário para Ferramentas de Panoramas (PTGUI, 2021). Criado pela empresa holandesa *New House Internet Services BV*, o PTGui é um software que faz a costura de forma rápida e eficiente, entregando ao final o panorama em formato JPEG, TIFF e outros formatos. A interface do PTGui é intuitiva e sequencial. Basicamente inicia-se o seu uso carregando as fotos parciais que se deseja costurar. Automaticamente, o PTGui analisa os metadados das fotografias, a fim de se obter os dados da câmera e utilizar os parâmetros de lente e sensor adequados. Não havendo essas informações no metadados, o PTGui abre uma janela para inserção manual dos dados, que podem ser obtidos no manual ou site do fabricante da câmera. A Figura 20 ilustra a interface do PTGui imediatamente após se efetuar o carregamento das imagens.

Figura 20 - Interface do PTGui Versão 12.0 após o carregamento das fotos



Fonte: Captura de tela realizada pelo autor (2021).

Na sequência, cria-se o alinhamento inicial das imagens montando um panorama. Nesta etapa, os algoritmos do PTGui fazem uma varredura das imagens e identifica os pontos homólogos para a criação do panorama. Adicionalmente, visando aumentar a qualidade do panorama, pode inserir pontos de controle manualmente (GOLDSMITH, 2011). Esses pontos de controle podem ser do tipo ponto ou também do tipo linha (feições retas comum nas imagens) ou literalmente pontos (BARAZZETTI, 2020).

Por fim, após validar o panorama e fazer eventuais ajustes disponíveis no software, cria-se o panorama final, podendo exportá-lo. No decorrer de todo processo, o PTGui oferece a opção de visualizar o panorama de forma esférica e outros formatos. Como exemplos de trabalhos realizados no PTGui citam-se os de Barazzetti *et al.* (2017); Lee e Choi (2019); Tung *et al.* (2015) e Fangi e Nardinocchi (2013).

O Software Autopano apresenta-se bastante disseminado, pois é de fácil utilização e a rotina básica de trabalho consiste em selecionar e importar as fotos e, em seguida, processá-las para gerar a imagem final (GOLDSMITH, 2011).

Segundo Koeh *et al.* (2013), naquele ano, o Autopano era a melhor e mais eficiente ferramenta para criar imagens panorâmicas. Segundo eles o software oferece uma gama de recursos, que vão desde a possibilidade de ajustar camadas a correção de cores. Todavia, em setembro de 2018, três anos após a empresa GoPro adquirir os direitos sobre o Autopano, ele foi descontinuado (PANOSOCIETY, 2021). Por outro lado, embora não haja mais atualizações, as aplicações ainda existentes no mercado continuam ativas. Como exemplos de trabalhos

realizados no Autopano citam-se os de Barazzetti *et al.* (2017), Fangi e Nardinocchi (2013), Goldsmith (2011), Hernandez-Lopez *et al.* (2020) e Koeh *et al.* (2013).

Os dois softwares listados acima são proprietários, exigindo-se a compra de licenças para o seu uso. No entanto, há algumas ferramentas gratuitas que, embora possuam algumas limitações, podem atender uma grande quantidade de usuários. Uma destas aplicações computacionais é o Autostitch, que segundo o seu idealizador, Matthew Brown, funciona a partir de coleções não ordenadas de imagens, encontrando correspondências automaticamente entre elas, usando o algoritmo SIFT. Em seguida, o software alinha todas as imagens e usa algoritmos de combinação para formar o panorama. O software é implementado em C++ com base nos algoritmos descritos no trabalho de Brown e Lowe (2007).

Ao analisar a versão de demonstração do software, foi verificado que a geração do panorama é extremamente simples, bastando selecionar as imagens para que o panorama seja criado. Porém, caso o usuário queira recursos avançados, o próprio site de download do software recomenda a utilização de outras aplicações. Como exemplos de trabalhos realizados com o Autostitch citam-se os de Song *et al.* (2016), Faustino *et al.* (2019), Zeng *et al.* (2014) e Ma *et al.* (2007).

Outro software para a costura de imagens é o Hugin, que é gratuito e é o primeiro software de uma série de interfaces gráficas de usuário que compartilham um código-fonte chamado *Panorama Tools*, que tem um código-fonte aberto. Ele é um programa de costura de código aberto e está disponível em diversos idiomas, inclusive em português do Brasil (DERSCH, 2007 *apud* JOHNSON, 2015; WAHBEH e NARDINOCCHI, 2015).

Com o Hugin é possível importar as fotografias parciais e gerar os panoramas, inclusive controlando alguns parâmetros. Segundo a sua página de download, o Hugin atingiu um estado estável e é muito mais que um software de costura de imagens. Como exemplos de trabalhos realizados com o Hugin citam-se os de Wahbeh e Nardinocchi (2015); Lee e Choi (2019) e Maicas e Viñals (2017).

Salienta-se que a lista de softwares apresentada acima não visa restringir as opções disponíveis no mercado, mas apenas nortear o leitor acerca de uma pesquisa inicial.

2.3.5.5 Imagem Equirectangular

Como foco desta dissertação e considerando que o panorama gerado é fruto de imagens parciais que recobrem todas as direções (360°x180°), o panorama criado terá um formato equirectangular (Imagem equirectangular), que é um formato plano e representa a

projeção da esfera (imagem esférica 360°) de raio R igual à distância focal da câmera sobre um cilindro (BARAZZETTI *et al.*, 2020; FANGI e NARDINOCCHI, 2013).

Por se tratar de uma projeção, a imagem equirectangular é formada por grandes distorções (MAÍCAS e VIÑALS, 2017, p. 45), principalmente em zênite e nadir (BARAZZETTI *et al.* 2020). Além disto, a imagem equirectangular tem a proporção de 2:1, isto é, a dimensão da largura é o dobro da altura (LEE e CHOI, 2019).

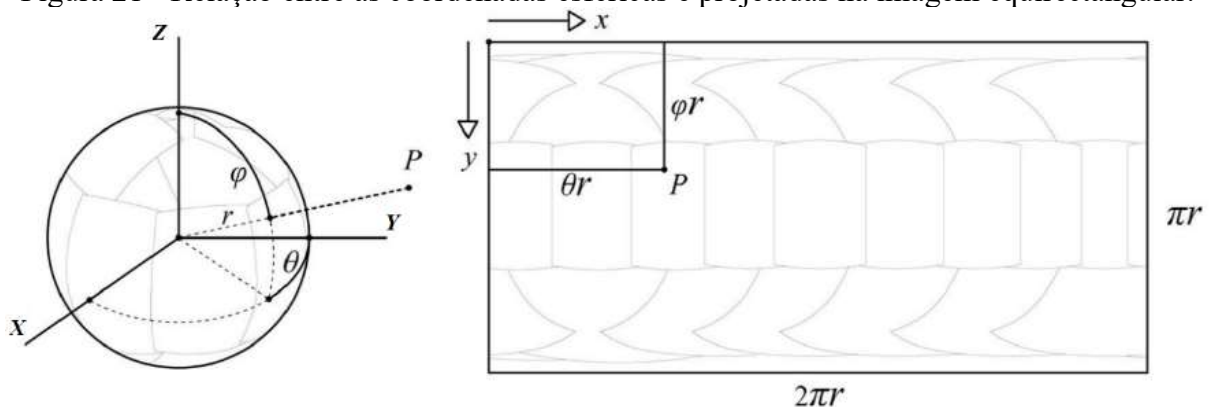
Ressalta-se ainda que a imagem equirectangular gerada segue a projeção de mesmo nome (equirectangular/cilíndrica equidistante) (SNYDER, 1993 *apud* FANGI e NARDINOCCHI, 2013) na qual, segundo estes últimos, os meridianos e paralelos são representados por linhas retas verticais e horizontais igualmente espaçadas. Ademais, a representação dos dois polos é degenerada em duas retas de comprimento igual ao do “equador” da imagem.

Fangi (2015) citado por Barazzetti *et al.* (2020) menciona que a relação entre as coordenadas de pixel na imagem equirectangular e a imagem esférica seguem a relação apresentada pela Equação 2.

$$[x, y]^T = r [\theta, \varphi]^T \quad (2)$$

Onde (x, y) são coordenadas de pixel; (θ, φ) são componentes horizontal e vertical (longitude e latitude, respectivamente) do mesmo ponto; e, r é a distância focal da câmera utilizada. A Figura 21 ilustra a relação descrita acima.

Figura 21 - Relação entre as coordenadas esféricas e projetadas na imagem equirectangular.



Fonte: Wahbeh e Nardinocchi (2015).

Havendo uma correspondência de uma esfera visual real e uma imagem equirectangular, utilizando-se recursos computacionais, pode-se reprojeter a imagem equirectangular sobre uma esfera virtual, criando-se então a imagem 360° em um ambiente de

realidade virtual. Com várias imagens 360° intervisíveis, podem ser criados passeios virtuais, conforme será discutido mais adiante.

2.3.6 *Noções de exposição fotográfica*

O principal insumo para o desenvolvimento deste trabalho são as fotografias, que conforme apresentado nas seções anteriores, passarão por um processamento e gerarão as imagens panorâmicas 360°. Nesta etapa da dissertação serão apresentadas algumas informações básicas importantes no processo de tomada de fotos, estes os quais podem melhorar a qualidade final das imagens panorâmicas.

O principal elemento de uma fotografia é a quantidade de luz captada e registrada pelos sensores. Segundo Viero (2018), a quantidade de luz que entra no sensor da câmera é relacionada à exposição, esta qual é controlada, principalmente, pela Abertura do Diafragma, Velocidade do Obturador e o ISO (*International Standards Organization*), que se refere à sensibilidade do sensor à luz. Neste caso, uma fotografia obtida com sensor sob baixa exposição tenderá a ficar escura (subexposta) e uma fotografia obtida com o sensor sob alta exposição tenderá a ficar muito clara (superexposta).

As fotografias obtidas com a câmera configurada no modo automático terão estes parâmetros determinados automaticamente pelo equipamento. Porém, se o usuário deseja ter maior controle sobre a qualidade da imagem, estes parâmetros podem ser configurados no modo manual da câmera.

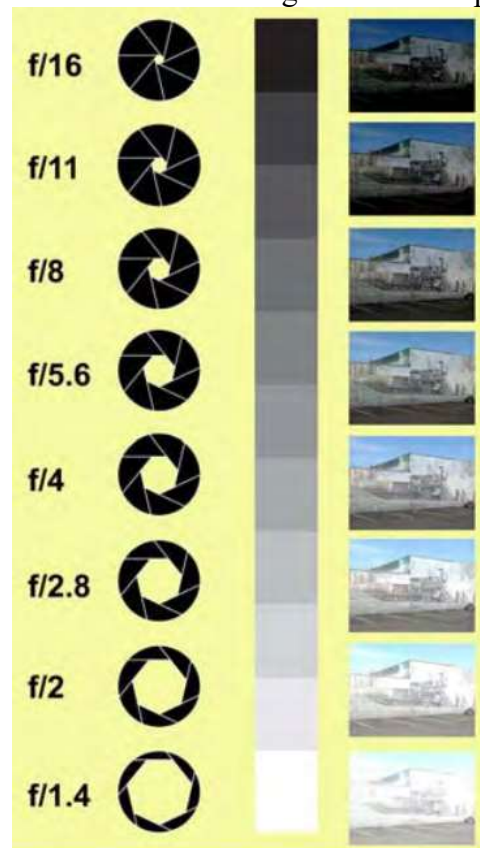
O controle da abertura do diafragma é um recurso disponível em lentes profissionais e permite o controle da quantidade de luz que entra no sensor e do controle sobre áreas a serem desfocadas (profundidade de campo). O tamanho da abertura é ajustável e dado pela configuração f/stop (Equação 3):

$$f/stop = \frac{\text{Distância Focal (mm)}}{\text{Diâmetro da abertura do diafragma (mm)}} \quad (3)$$

Neste caso, o valor do f/stop varia conforme o tipo de lente, no entanto, os maiores valores indicam uma baixa abertura do diafragma da lente, enquanto os menores valores de f/stop indicam uma maior abertura da lente. Segundo Viero (2018), valores de abertura mais baixos (lente aberta) podem desfocar parte da cena fotografada, no entanto, valores entre 11 e 16 resultam em fotografias de paisagem com boa nitidez. Estes valores recomendados não delimitam as possibilidades, porém, na maioria das vezes, quando se deseja as fotos de paisagens bem nítidas, estes valores podem ser considerados.

A Figura 22 mostra a influência da abertura do diafragma sobre o nível de exposição da fotografia. Conforme se nota, o nível de exposição é proporcional à abertura do diafragma.

Figura 22 - Influência da abertura do diafragma sobre a exposição das fotografias.

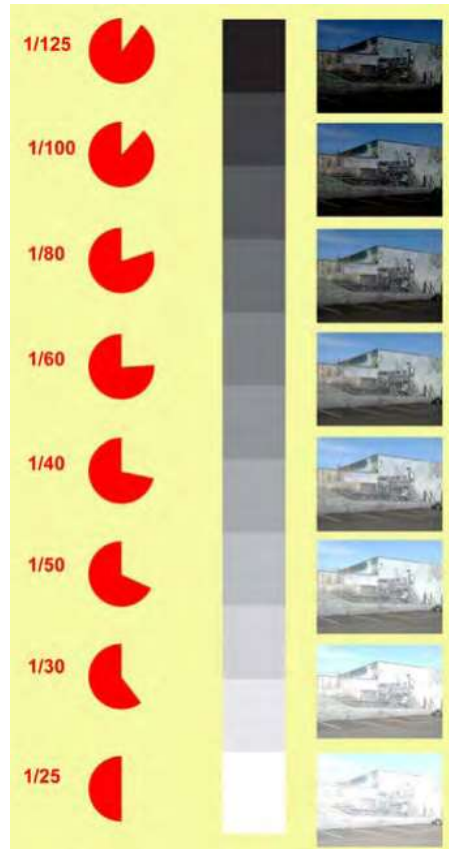


Fonte: Quintas *et al.* (2008).

Segundo Quintas *et al.* (2008), o tempo no qual o obturador permanece aberto determina a quantidade de luz que chega ao sensor. Sob este entendimento, a configuração da velocidade em que o obturador abre e fecha também impactará o nível de exposição da fotografia, assim como, para outros objetivos, criar efeitos de arrasto ou capturar cenas de objetos em movimento.

A velocidade do obturador da câmera é configurada em frações/múltiplos de 1 segundo. Assim, a velocidade que implica em um tempo de exposição de $\frac{1}{2}$ segundo é menor que a velocidade sob o tempo de $\frac{1}{60}$ segundos, que por sua vez é menor que a velocidade sob o tempo de $\frac{1}{240}$ segundos. Contudo, quanto maior a velocidade, isto é, quanto menor o tempo em que o obturador ficar aberto, menor será a exposição da fotografia. De forma análoga, quanto menor a velocidade do obturador, maior será a exposição da fotografia, uma vez que ele permitiu a entrada de luz por mais tempo (VIERO, 2018). A Figura 23 mostra a influência da velocidade do obturador (relaciona-se a tempo) sobre o nível de exposição da fotografia. Conforme se nota, o nível de exposição é inversamente proporcional à velocidade do obturador.

Figura 23 - Influência da velocidade do obturador sobre a exposição das fotografias.



Fonte: Quintas *et al.* (2008).

Outro parâmetro que interfere na qualidade fotográfica é o ISO. Relacionado ao grau de sensibilidade do sensor à luz, ele é representado por um número que varia, normalmente, entre 100 e alguns milhares. Segundo Medeiros (2019), quanto menor o ISO, menor é a sensibilidade do sensor à luz. Por seu turno, quanto maior o ISO, maior é a sensibilidade do sensor à luz. Enquanto o ISO baixo é recomendado para locais onde há muita luz, o ISO alto é recomendado para locais com pouca luz, com o agravante de surgimento de ruídos nas fotos.

Embora a configuração da abertura do diafragma, velocidade do obturador e o ISO culminem principalmente ao nível de exposição da fotografia, eles devem ser trabalhados concomitantemente, conforme o ambiente local, o assunto (objeto fotografado), movimento de cenas, objetivo da foto e o gosto pessoal do profissional. Considerando as situações que podem afetar a qualidade da foto, o profissional precisa ter em mente que as imagens 360° devem registrar o máximo de informações do entorno. Desta forma, deve-se evitar que o diafragma esteja muito aberto, pois pode incorrer em desfoque de determinadas regiões da foto. De forma análoga, a velocidade do obturador deve ser configurada para um patamar que permita a entrada

de luz por tempo razoável, mas que não seja um tempo longo a ponto de causar efeitos borrados. Também deve-se evitar ruídos na imagem, fato comum em fotos com o ISO elevado. Tung *et al.* (2015) recomenda o ISO entre 100 e 800.

2.3.7 Feições borradas e repetidas em imagens 360°

Conforme foi apresentado no item anterior, uma configuração de velocidade baixa do obturador das câmeras digitais pode culminar em borrados. Em imagens 360° este efeito não é desejado e pode ser evitado com a utilização de uma velocidade adequada, mediante testes rápidos em campo. Além disso, estes borrados dizem respeito ao registro instantâneo de cada foto.

Outra situação que pode ocorrer no processo de geração de imagens 360° diz respeito à repetição de objetos que estavam em movimento no decorrer da captura das imagens parciais. Como a utilização de câmeras digitais demandam quatro ou mais fotografias (depende da lente, sensor etc.) e não é possível capturá-las simultaneamente, uma mesma feição pode aparecer em mais de uma fotografia. Evidentemente, para que isso ocorra, a feição deve estar em movimento e a sua posição deve coincidir com a direção da câmera nas fotografias subsequentes. A Figura 24 mostra uma imagem equirectangular com repetição de feição ao longo de sua extensão.

Figura 24 - Repetição de feições em imagens 360°



Fonte: Bradley (2018).

No caso acima, quando as fotografias parciais foram costuradas, o software não soube que se tratava da mesma feição (mesma pessoa), em movimento, e que a mesma poderia

ser eliminada automaticamente com o uso de algoritmos específicos e com a redundância de informações espaciais. Por outro lado, o mercado já oferece softwares com ferramentas que permitem ao projetista criar máscaras em áreas/feições que deseja suprimir. Para isso, é necessário que haja informações espacialmente redundantes para “substituir” o vazio deixado pelas máscaras.

De posse destas informações, o projetista pode utilizar este recurso ou corrigir estes efeitos quando eles forem, respectivamente, desejados ou inadequados, conforme o objetivo, recursos e o projeto em tela.

2.4 Passeios Virtuais

Os passeios virtuais são recursos que estão se popularizando a cada dia. Dada a sua importância e potencial, nesta seção serão apresentadas as definições, contextualizações e citações de trabalhos que utilizaram ou criaram passeios virtuais com o uso de imagens panorâmicas 360°. Também serão abordados os aspectos para se criar o próprio passeio virtual e os principais softwares que podem auxiliar neste processo.

2.4.1 Definição e contextualização

Com possibilidade de fornecimento de informações espaciais não métricas e com aplicações em diversas áreas de conhecimento - conforme será apresentado mais adiante neste tópico - um passeio virtual é, tecnicamente, a transformação de uma imagem panorâmica plana em um formato esférico, que permite ao usuário caminhar virtualmente pelo cenário usando um computador, TV (televisão) ou telefone celular (3DVISTA, 2014).

Segundo Spielmann e Mantonakis (2018) os Passeios Virtuais, “*Tour Virtuais*” ou *Virtual Tours* (VT) são diferentes dos vídeos e de outras ferramentas de comunicação *online*, pois exigem interações e informações controladas pelo usuário (por exemplo, clicar com o *mouse*), em vez de visualização passiva. Além disso, os passeios virtuais oferecem aos usuários uma perspectiva do produto em um sentido quase realista.

Para Maícas e Viñals (2017), um passeio virtual é uma aplicação de imagem 360°, que permite aos usuários usar o *mouse* para interagir com o panorama, deixando a exibição da imagem conforme sua conveniência. Adicionalmente, podem ser incorporados *hiperlinks* e informações multimídias de modo a fornecer informações mais aprofundadas para enriquecer a apresentação final.

Nos próximos parágrafos serão apresentados exemplos de trabalhos realizados em diversas áreas de conhecimento. Todos estes trabalhos usaram as imagens 360° e passeios

virtuais como ferramentas de criação, armazenamento e/ou gerenciamento de informações espaciais não métricas.

Visando subsidiar a entrega de evidências científicas forenses de forma clara e compreensiva, Tung *et al.* (2015) descreveram um sistema baseado em imagens 360°, que permite ao público visualizar as cenas de crimes por meio de um passeio virtual. Para eles, a aplicação resultou em melhorias significativas na entrega de provas no tribunal e melhorou a compreensão do júri ao relacionar as informações espaciais, os fatos e as decisões.

Koehl *et al.* (2013) comentaram que as imagens 360° possuem a limitação da oferta de experiência aos visitantes de prédios históricos na França. Para eles, para fornecer aos visitantes mais informações, uma experiência mais completa e maior envolvimento, os passeios virtuais entram como solução. Eles chamam esta ferramenta de visita virtual guiada, criada a partir de um passeio virtual por meio da realidade aumentada.

Em uma das Escolas Nacionais de Arte de Cuba, mais especificamente na Escola Nacional de *Ballet*, Napolitano *et al.* (2017) criaram um passeio virtual para mostrar o abandono daquela obra inacabada. Os autores utilizaram imagens 360° e reforçaram que a incorporação de *hiperlinks*, vídeos, PDFs e links para bancos de dados contribuem com a interação do usuário. Assim, ao incluir essas informações no *tour* virtual, o usuário pode entender melhor o processo de construção e danos contidos no local.

Em trabalho desenvolvido no território nacional, Silva *et al.* (2015) utilizaram a navegação virtual como forma de apresentação de uma Instituição de Ensino Federal. Segundo eles, a navegação virtual foi importante, pois aquela unidade educacional é muito grande, dotada de estruturas como pavilhões, quadras poliesportivas, laboratórios, restaurante, biblioteca, dentre outras estruturas. Contudo, o trabalho permitiu a análise da importância dos produtos cartográficos vinculados à navegação virtual, bem como a geração de informações espaciais potencializadoras do senso de orientação espacial da comunidade acadêmica.

Neste mesmo diapasão, Godoy *et al.* (2010) utilizaram a cartografia digital e navegação virtual por meio de imagens 360°. Neste trabalho, eles trouxeram reflexões acerca das formas de desenvolvimento de produtos cartográficos de comunicação e da inserção do usuário na produção da representação das informações que deseja conhecer. Para estes autores, a cartografia é a representação do mundo real. Assim, ela deve ser dinâmica, possibilitando a interatividade e mudança de perspectiva, projeção e detalhamento, com base na vontade do usuário.

Além dos trabalhos citados acima, também há trabalhos que utilizaram imagens 360° e passeios virtuais para demonstração de Universidade (BUDI e WENAS, 2018),

patrimônio arquitetônico histórico (IPPOLITI e MORAES, 2014; MAH *et al.*, 2019), aplicações subaquáticas (BRUNO *et al.*, 2019), dentre outros.

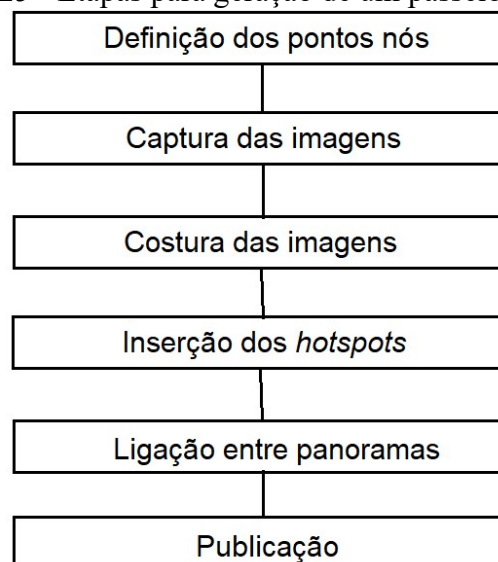
2.4.2 *Como Criar um passeio virtual com realidade aumentada*

A popularização dos passeios virtuais traz como demanda a criação de publicações que apresentem metodologias de desenvolvimento dos passeios virtuais. Sob esta óptica, este tópico visa descrever os principais passos para se criar um passeio virtual, acrescidos de elementos de realidade aumentada.

Nos exemplos de passeios virtuais citados no tópico anterior, os autores seguiram basicamente o seguinte roteiro: delimitação da área; tomada de fotografias; geração das imagens 360°; geração do ambiente virtual (criação dos passeios) e, criação do ambiente de realidade aumentada (inserção de elementos complementares sobre a cena, como por exemplo: textos, documentos, *hiperlinks* e símbolos).

Neste diapasão, para a criação de um passeio virtual, fruto de um ambiente de realidade virtual e aumentada, pode-se seguir os passos propostos por Chen (1995), conforme a Figura 25. Embora este autor tivesse a criação de filmes panorâmicos como foco, a metodologia pode ser aplicada utilizando-se imagens 360°.

Figura 25 - Etapas para geração de um passeio virtual.



Fonte: Adaptado de Chen (1995)

A etapa inicial propõe a ‘definição dos nós’, que se refere aos locais onde a câmera será instalada e as fotos parciais capturadas. Para o autor, esses nós devem ser selecionados para manter a consistência visual ao passar de um nó para outro. Empiricamente, eles

descobriram que um espaçamento de 1,5m a 3,0m entre imagens foi adequado para ambientes internos. Para ambientes externos este espaçamento pode ser aumentado significativamente.

As etapas de ‘captura das imagens’ e ‘costura das imagens’ podem seguir os passos já comentados em tópicos anteriores, nesta dissertação. O passo seguinte refere-se à inserção dos *hotspot*. Nota-se que o termo *hotspot* pode ter pequena variação de significado conforme o contexto em que ele é usado. Todavia, uma tradução livre do termo remete a algo como “ponto quente”. Para fins de entendimento nesta dissertação e considerando o presente contexto, o termo *hotspot* será tratado como “ponto de acesso”.

Um ponto de acesso é um campo (ícone ou elemento) ativo na imagem 360°. Ele pode desencadear várias ações (geralmente quando o usuário clica nele). Dentre as ações destacam-se: abrir um novo panorama; reprodução de vídeo ou áudio; abertura de uma janela de informações ou URL (*Uniform Resource Locator*); e, muito mais (3DVISTA, 2014). Para Chen (1995), os pontos de acesso identificam regiões de uma imagem 360° onde há possibilidade de interações, como navegação ou ativação de ações.

Na publicação realizada por Maícas e Viñals (2017), cada imagem 360° contém pontos de acesso que permitem aos usuários explorar os arredores. Para eles, aquela aplicação é atraente e tem sido usada como meio de informação, divulgação, educação e turismo.

É interessante ao leitor desta dissertação atentar-se que este incremento de informações via pontos de acesso (*hotspot*) aumentam o nível de realidade daquela aplicação. Assim, baseado no contínuo-realidade-virtualidade de Milgram *et al.* (1995), tem-se um ambiente de realidade aumentada, conforme foi discutido nas primeiras seções deste trabalho.

A etapa de conexão entre as imagens 360° (panoramas) também utiliza *hotspot* (ponto de acesso). No entanto, a ação resultante da interação do usuário é a mudança para uma imagem 360° adjacente. Nesta etapa, se conecta e registra a orientação da vista entre as imagens 360° adjacentes. As conexões são direcionais e cada imagem pode ter qualquer quantidade de conexões (CHEN, 1995).

Provavelmente o leitor conheça aplicações como o *Street view* do *Google Maps* e *Google Earth*, nas quais existem os passeios virtuais e pontos de acesso nas imagens. Esses pontos permitem a navegação entre imagens 360° conectadas entre si (KOEHL *et al.*, 2013).

Seguindo-se as etapas básicas acima, o passeio virtual pode ser criado. Além disto, ele é um ambiente de realidade virtual e realidade aumentada, conforme relação com esses conceitos ora apresentados. Findas essas etapas, resta efetuar a publicação do passeio virtual. Neste caso, pode-se utilizar aplicações locais (na própria máquina do idealizador) ou publicar o passeio virtual na *internet*. Para isso, há diversas ferramentas. Muitos softwares que criam o

passeio virtual oferecem os recursos para publicação dos panoramas, conforme exemplos citados no próximo tópico. Não obstante, mais adiante será apresentada uma ideia geral de como criar a própria plataforma para exibição de um passeio virtual.

2.4.3 *Softwares para criação de passeio virtual*

Nesta dissertação foram citados vários trabalhos onde se desenvolveram passeios virtuais por meio das imagens 360°. Em seguida foram apresentadas/sugeridas as etapas para que os passeios virtuais possam ser criados. No presente tópico serão apresentados alguns softwares que facilitam o processo de criação dos passeios virtuais.

Napolitano *et al.* (2017) utilizaram uma Câmera 360° marca Ricoh Theta S e criaram a imagens 360° e, posteriormente, o passeio virtual foi gerado por meio do aplicativo computacional Panotour. Além do Panotour, que será descrito adiante, existem outras opções de software para a criação de passeios virtuais, a saber: Easypano Tourweaver 7.90® (MAÍCAS e VIÑAS, 2017), Pano2VR da Gnome Software (KOEHL *et al.*, 2013), 3DVista (BARAZZETTI *et al.*, 2020), dentre outros.

Abaixo são listadas informações acerca de aplicativos computacionais que permitem a criação de passeios virtuais com realidade aumentada.

O Panotour é um software que foi descontinuado em setembro de 2018, três anos após a empresa GoPro adquirir os direitos sobre ele (PANOSOCIETY, 2021). Por outro lado, embora não haja mais atualizações, as aplicações ainda existentes no mercado, continuam ativas.

Segundo a plataforma Panosociety (2021), o Panotour permite visualizar e compartilhar as imagens 360° de forma interativa e compatível com qualquer dispositivo (Computador, *tablet*, *smartphone* etc). Além disso, ele permite a criação de passeios virtuais de forma muito envolvente. A Figura 26 apresenta uma tela onde as imagens 360° estão sendo conectadas entre si. Note que através de setas e outras configurações, a relação entre as imagens vai sendo construída e o passeio virtual sendo criado.

Figura 26 - Tela do Panotour.



Fonte: Koehl *et al.* (2013)

O 3DVista é outra opção de aplicativo computacional para a criação de passeios virtuais. Segundo Barazzetti *et al.* (2020) o passeio virtual no 3DVista Pro possui uma barra deslizante que permite que o usuário mova a visualização, podendo interagir com informações adicionais. Também é possível adicionar e selecionar elementos que abrem janelas extras, revelando outras informações, inclusive podendo ser baixados, impressos ou usados diretamente no passeio virtual. Segundo estes autores, dentre as informações complementares possíveis de serem inseridas nos passeios virtuais têm-se: fotografias externas, vídeos, novos desenhos, gráficos, *hiperlinks*, dentre outros.

Segundo a empresa 3DVista (2021), dentre outras funcionalidades, a aplicação computacional permite a criação de passeios virtuais com diversos recursos que os concorrentes não oferecem, como por exemplo o uso adaptativo de intensidade de luz nas cenas. Ademais, a empresa afirma que a publicação do passeio virtual se dá por duas formas:

- Para *internet*: Alguns arquivos e pastas são exportados a partir do programa e devem ser carregados no servidor do interessado ou nos próprios servidores da 3DVista.
- Arquivo executável: Destina-se ao uso *offline*. Consiste em um único arquivo que inclui todos os arquivos e pastas necessários para que o passeio seja executado. Este

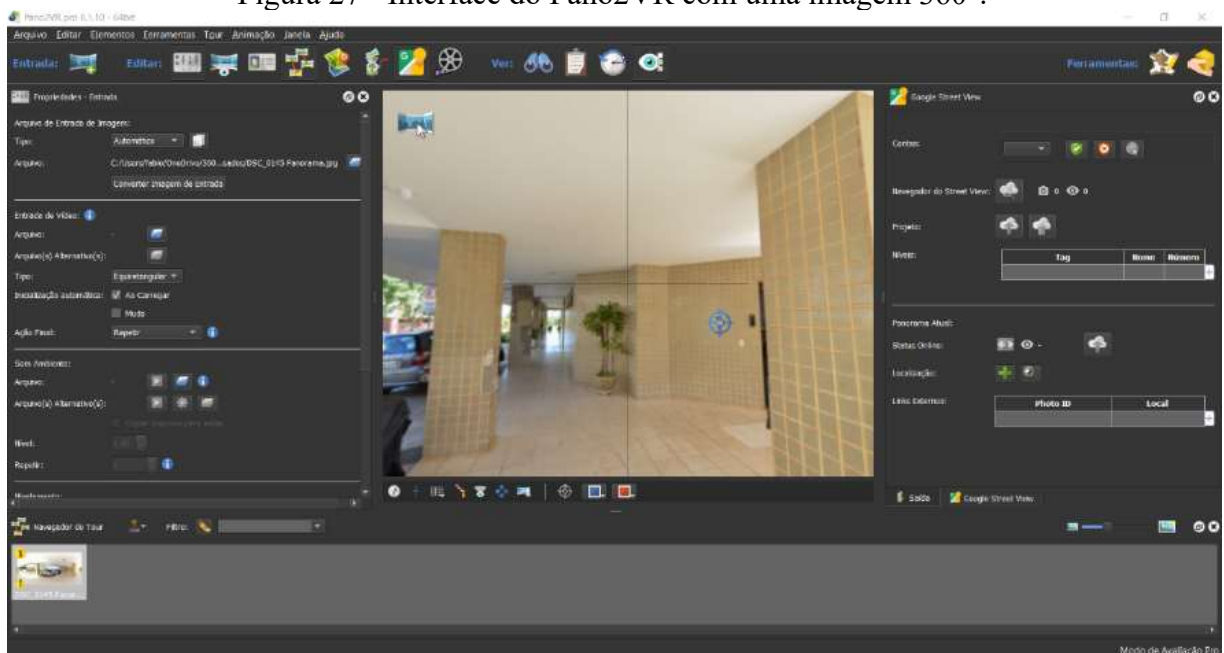
formato é ideal para mostrar os passeios virtuais no computador, compartilhando via e-mail ou CD, DVD ou *pen drive*.

O Pano2VR também é uma opção disponível no mercado e com funções muito interessantes. Sendo a empresa Garden Gnome (2021) a sua idealizadora, o Pano2VR possui as seguintes ferramentas (dentre outras):

- Remoção dos tripés que aparecem na posição nadir da maioria das imagens 360°;
- Inserção de diversos elementos para colocar como pontos de acesso;
- Montagem de cenas em forma de vídeos;
- Exporta os passeios panorâmicos para uma página de internet ou mesmo via um *plugin* de *wordpress* próprio.

A Figura 27 mostra a interface principal com uma imagem 360° carregada. Versão Pro demo 6.1.10.

Figura 27 - Interface do Pano2VR com uma imagem 360°.



Fonte: Captura de realizada pelo autor no software Pano2VR pro 6.1.10.

2.5 Sistemas Gerenciadores de Conteúdo

Para publicação de passeios virtuais na *internet*, um dos recursos disponíveis são os CMS (*Content Management Systems*) ou Sistemas de Gerenciamento de Conteúdo, que, segundo Vimal kumar e Sankar (2007), consistem em funções e módulos prontos para gerenciar e organizar o conteúdo do site.

Nas palavras de Cabot (2018) um Sistema de Gerenciamento de Conteúdo é qualquer sistema que facilita a criação e publicação de conteúdo digital. Ainda de acordo com este autor, dentre os CMS mais conhecidos do mercado destacam-se o *Wordpress*, *Joomla*, *Drupal*, *Shopify* e *Squarespace*. Utilizando-se qualquer um destes CMS, o usuário pode se concentrar nos conteúdos, ao invés de colocar toda energia na etapa de criação do site, desde a montagem da parte gráfica a alguns recursos mais avançados.

Nesta dissertação, visando utilizar uma ferramenta eficaz e de fácil acesso, será abordado somente o *Wordpress*. Nas próximas seções serão expostos detalhes sobre o *Wordpress* e como criar um site para passeio virtual a partir deste Sistema Gerenciador de Conteúdos.

2.5.1 *Wordpress*

Segundo Cabot (2018), o *Wordpress* é o CMS mais popular existente, representando naquele ano de 2018, 29% de todos os sites da rede mundial de computadores e 70% de todos os sites que usam algum CMS.

Na mesma direção, Fragulis *et al.* (2018) destacam que o *Wordpress* é uma ferramenta gratuita de software da *web*, com código aberto e é um sistema de gerenciamento de conteúdo (CMS) baseado em *PHP (Hypertext Preprocessor)* e *MySQL*. Ele tem muitos recursos, incluindo uma arquitetura de *plugins* e um sistema de modelos.

Por ser um recurso de código aberto e gratuito, as pessoas podem criar plataformas e conteúdos conforme o seu interesse e conhecimento para implementar seus projetos. Neste contexto, o *Wordpress* conta ainda com uma enorme rede de programadores que desenvolvem *plugins*, que basicamente são ferramentas que estendem a funcionalidade do *Wordpress* (FRAGULIS *et al.*, 2018).

Quando instalado em um servidor da rede mundial de computadores, o *wordpress* possui recursos básicos para o seu funcionamento. Mediante a necessidade pessoal e profissional, os usuários podem adicionar as ferramentas (*plugins*) que lhes atendam. Nas palavras de Hills (2018), os *plugins* oferecem funções e recursos personalizados para que cada usuário possa adaptar seu site às suas necessidades específicas.

Face ao exposto, no próximo tópico desta dissertação serão apresentados os passos básicos para se ter um site utilizando o CMS *Wordpress*. Como a proposta deste trabalho envolve a realidade virtual por meio das imagens 360°, toda descrição será baseada neste contexto.

2.5.2 Criação de site com o wordpress para passeio virtual

Até algumas décadas atrás, a criação de sites era restrita a profissionais do ramo da Tecnologia da Informação. Embora esses profissionais continuem acompanhando a evolução tecnológica, a criação de um site simples e funcional ficou muito mais fácil nos últimos anos. Face ao exposto, a Longen (2021), por meio do site Hostinger, publicou um artigo em que apresenta um guia para criação de um site, por qualquer usuário. O guia foi dividido em algumas etapas, das quais foram abstraídas as seguintes: 1) Definição do objetivo do site; 2) Registro de um nome de domínio; 3) Escolha do serviço de hospedagem; 4) Instalação e configuração da plataforma do site.

Nesta dissertação, o tema central está envolto das realidades virtual e aumentada, sendo que as imagens 360° e passeios virtuais são insumos na geração de conteúdo dentro de uma unidade de conservação. Contudo, para o caso em tela, o objetivo, como exemplo, poderia ser definido como: Criar um site para armazenamento, gerenciamento e visualização de imagens 360° e passeios virtuais.

Na etapa dois, a Longen (2021) explana a necessidade de se registrar um nome de domínio. O nome de domínio é o endereço compartilhável e de apresentação amigável que todo site possui. Normalmente ele está vinculado ao objetivo daquele projeto. O nome de domínio pode ser registrado diretamente no site Registro.br, que é uma entidade administrada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e encarregada de gerenciar os nomes de domínios usados e disponíveis, com a extensão *.com.br* e outras. Após o registro, o site terá, por exemplo, o seguinte nome de domínio: *nomedosite.com.br*.

A etapa três diz respeito ao serviço de hospedagem que é onde o conteúdo (*wordpress*, arquivos e pastas) ficará armazenado. É importante atentar-se que o serviço de hospedagem, dentre outras ferramentas, oferece um espaço (servidor) para que o site fique armazenado e disponível 24 horas por dia. Há alguns tipos de hospedagem diferentes, que variam em função da velocidade, compartilhamento e capacidade de transferência de dados, mas todos se relacionam com a ideia de armazenamento do site. Há inúmeras empresas que oferecem serviços de hospedagem, como por exemplo a Hostinger, Hostgator, Bluehost, Locaweb, Dreamhost, Godaddy, entre outras.

Para vincular o nome de domínio adquirido na etapa dois ao serviço de hospedagem adquirido na etapa três, deve-se realizar o apontamento de domínio para a hospedagem contratada. Para isso, acessando novamente o local onde o nome de domínio foi adquirido (Registro.br), deve-se procurar a opção “Alterar Servidores DNS”. Os servidores DNS (*Domain Name System* - Sistema de Nomes de Domínios) são responsáveis por fazer com que o domínio

seja localizado na internet (CIPOLI, 2021) e apresente aqueles conteúdos (*wordpress*, arquivos e pastas) que estarão dispostos no servidor de hospedagem. A alteração do servidor DNS ocorre com a inserção de dois endereços de servidores, ambos adquiridos no serviço de hospedagem contratada, com nome igual ou similar a *Nameservers*.

A partir desta etapa, pode-se concluir que há um nome de site (nome de domínio), um espaço para armazenamento do site (serviço de hospedagem) e o servidor DNS configurado para vincular o nome do site ao futuro conteúdo na rede mundial de computadores. Agora falta apenas a criação do site propriamente dita. Mas para isso, seguindo as citações feitas anteriormente, pode-se utilizar o CMS (Sistema de Gerenciamento de Conteúdo) *WordPress*.

A depender do serviço de hospedagem contratada, dentro painel de controle da hospedagem, há um ícone para instalação automática do CMS *wordpress*. Esta é a opção mais rápida, fácil e bastante comum, bastando para isso, seguir as instruções que aparecerão na tela.

Todavia, não havendo esta opção, deve-se acessar o endereço <https://br.wordpress.org/download/> e baixar o arquivo compactado do *wordpress*. O passo a passo de instalação está disponível no endereço <https://wordpress.org/support/article/how-to-install-wordpress/>.

Independente se a instalação do *wordpress* ocorreu com poucos cliques, via o serviço de hospedagem, ou ocorreu de forma manual conforme os dois parágrafos acima, o site estará no ar, tendo uma tela inicial semelhante ao apresentado na Figura 28.

Figura 28 - Site instalado com base no *CMS WordPress*.



Fonte: Arquivos do autor (2021)

Embora haja um CMS publicado, ainda não há conteúdo relacionado ao objetivo daquele projeto. Assim sendo, o usuário precisa acessar o *wordpress*, conhecer as suas ferramentas (recursos) e iniciar os trabalhos. Focando especificamente na criação da plataforma (estrutura), o usuário precisará pensar na apresentação (*layout*) do site e nos recursos que ele

visa oferecer. Em termos de apresentação, o usuário pode analisar alguns temas na aba denominada aparência.

No que tange os *plugins* citados anteriormente, há uma aba denominada *plugins*, onde o usuário pode adicionar um novo. Conforme o recurso desejado, o usuário pode pesquisar por *plugins* com uso de palavras-chave correspondentes ao objetivo da ferramenta. Por exemplo, se o usuário deseja um *plugin* que ofereça um formulário de contato, dentre uma série de opções, ele pode utilizar o Contact Form 7, WPForms ou Ninja Forms. Porém, se o usuário deseja um *plugin* que exiba passeios virtuais de determinado software, ele deve procurar pelo nome do *plugin* ou adicioná-lo manualmente, conforme orientação do software que gerou o passeio.

A cargo de exemplo, o aplicativo computacional Pano2VR, que cria passeios virtuais, possui um *plugin* para *wordpress* denominado **Garden Gnome Package**. Após criar os passeios virtuais naquela aplicação e utilizar o referido *plugin*, o usuário terá um Passeio Virtual conforme fora criado no Pano2VR (Pano2VR, 2021).

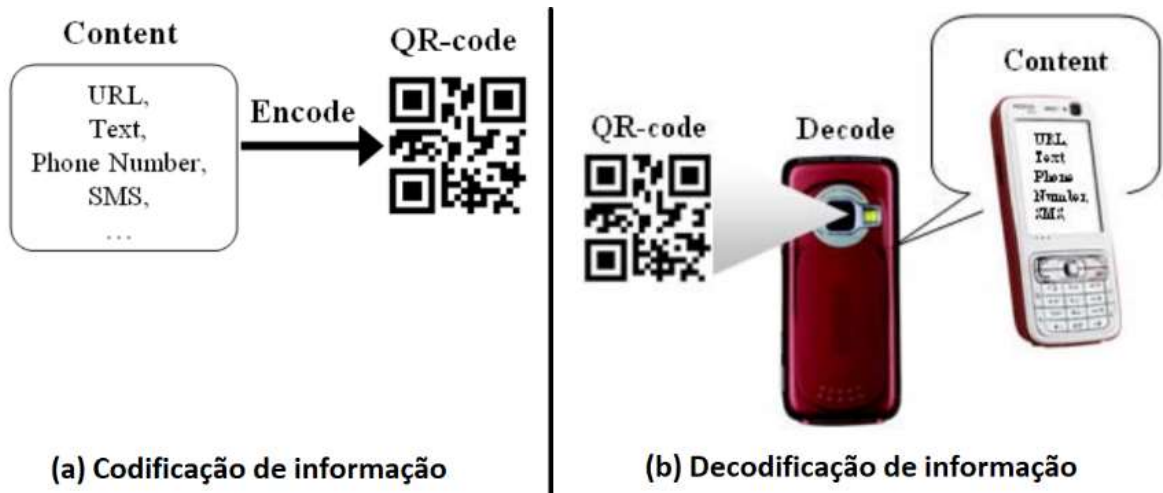
2.6 QR-Code

QR-Code ou *Quick Response Code*, traduzido livremente como Código de Resposta Rápida, é um código de barras implementado em 1994 pela empresa japonesa Denso-Wave. Tal empresa detém a patente da tecnologia, mas optou por não a exercê-la (BARRERA *et al.*, 2013; CHANG, 2014).

Diferentemente dos códigos de barras comuns, que contém informações em apenas uma direção, os *QR-Code* contêm informações nas direções vertical e horizontal. Assim, um *QR-Code* pode conter até 100 vezes mais informações que os códigos de barra comuns (CHANG, 2014).

Segundo o Liao e Lee (2010) a utilização desses códigos bidimensionais envolve um processo de codificação (transformação da informação em *QR-Code*) e decodificação (transformação do *QR-Code* em informação) por meio de um dispositivo móvel ou computador. A Figura 29 abaixo ilustra o processo de codificação e decodificação.

Figura 29 - (a) Codificação de informação; (b) Decodificação de informação.



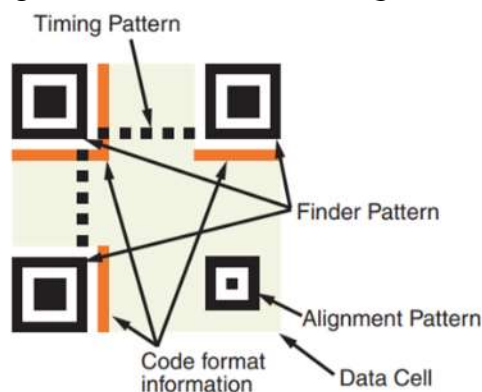
Fonte: Liao e Lee (2010)

Para Barrera *et al.* (2013), ao contrário do código de barras unidimensional mais antigo, que é escaneado mecanicamente por um feixe de luz estreito, o *QR-Code* é detectado como uma imagem digital bidimensional por um sensor de imagem e um aplicativo específico.

2.6.1 *Leitura de um QR-Code*

Ohbuchi *et al.* (2004) explicam que o *QR-Code* é composto pelos seguintes padrões: Padrão de localização (*Finder Pattern*); Padrão de tempo (*Timing Pattern*); Informações de formato (*Code format information*); Padrão de alinhamento (*Alignment Pattern*); e; Célula de dados (*Data Cell*). A Figura 30 ilustra estes elementos.

Figura 30 - Elementos de um *QR-Code*



Fonte: Ohbuchi *et al.* (2004)

Ainda segundo esses autores, o processo de detecção do código segue a visão geral apresentada nos passos a seguir:

- **Pré-processamento:** Envolve a discriminação geral com base no nível de cinza do código, isto é, na análises dos pequenos elementos pretos e branco;

- **Detecção de marcas de canto:** Utilizando-se o padrão de localização, marcam-se os três cantos;
- **Estimativa do quarto canto:** O quarto canto é calculado usando um algoritmo especial, embora nem sempre exista uma célula neste canto;
- **Transformação de perspectiva inversa:** A imagem detectada possui deformações que devem ser normalizadas (retificadas). Contudo, a transformação inversa é adotada com base nas posições geométricas dos cantos, obtidas anteriormente;
- **Digitalização do código:** Discrimina-se as informações do interior do código e as envia para o aplicativo.

Os detalhes deste algoritmo podem ser conferidos no trabalho de Ohbuchi *et al.* (2004).

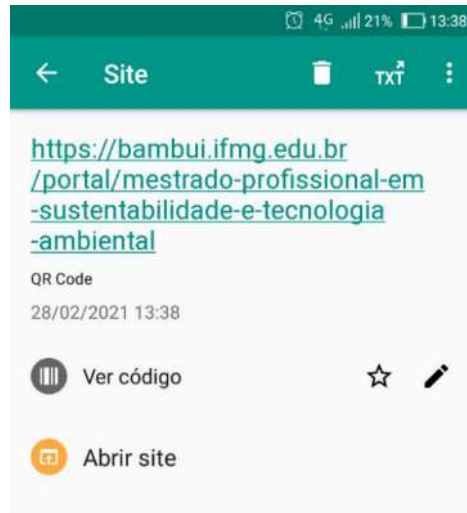
Nas palavras de Barrera *et al.* (2013), a detecção do código se baseia na localização dos três quadrados, em três cantos da imagem. Na sequência, usa-se um quadrado menor próximo ao quarto canto para organizar a orientação, tamanho e direção da imagem. Desta forma, os pontos pequenos são convertidos em números binários e a validade verificada com um código de correção de erros implementado no aplicativo.

O código de correção de erros citado no parágrafo anterior também é mencionado por Liao e Lee (2010) e Chang (2014), quando estes dizem que os dados podem ser restaurados mesmo que partes substanciais do *QR-Code* estejam danificadas ou distorcidas. Esses autores ressaltam ainda que, muitos *smartphones* com câmera são, originalmente, equipados com aplicativo de decodificação de *QR-Code*. Porém, caso estes dispositivos não tenham os aplicativos de forma nativa, eles são facilmente encontrados (gratuitamente) nas lojas de aplicativos dos *smartphones*.

As buscas nas lojas de aplicativos e sites de busca podem ocorrer com o uso de palavras-chave como: ‘*QR Code reader*’, ‘*Leitor QR Code*’ ou termos similares. Desta forma, ao abrir o aplicativo instalado no dispositivo móvel, a câmera do aparelho será ativada com uma guia para enquadramento e leitura do *QR-Code*. Após direcionar a câmera e enquadrar o *QR-Code* com base na guia, um som será emitido pelo *smartphone* confirmando a conclusão da leitura (CHANG, 2014).

Imediatamente, o aplicativo do usuário irá redirecioná-lo para uma janela de confirmação (Figura 31), onde haverá um resumo das informações e link para continuar o redirecionamento (Abrir site ou informação contida).

Figura 31 - Tela do usuário com informações e confirmação para redirecionamento



Fonte: Arquivos do autor

2.6.2 Como criar e compartilhar um QR-Code

Ficou evidente que os *QR-Codes*, após a sua leitura e decodificação, redirecionam o usuário a outras informações. Contudo, nota-se que há inúmeras possibilidades de aplicações. Segundo Barrera *et al.* (2013), inicialmente, apenas o setor industrial fazia uso desses códigos, mas atualmente o seu uso vai muito além, devida a grande disponibilidade de *smartphones* e *tablets*. Além disto os *QR-Codes* podem ser gerados gratuitamente por meio de sites específicos (online) ou por meio de aplicativos computacionais e móveis, disponíveis gratuitamente em todo o mundo.

Acessando algum site, aplicativo computacional ou aplicativo móvel gerador de *QR-Codes*, deve-se escolher o tipo de informação que o código terá. Na sequência, preenche-se os campos correspondentes e gera-se o *QR-Code*, podendo fazer o seu *download* ou compartilhamento em forma de imagem. Conforme observado no site QR Code Generator (2021) é possível gerar *QR-Codes* a partir de diversos formatos de arquivos e informações: URL (Endereços de páginas); Textos; Cartões de Visita; E-mail; Acesso a Rede Wi-fi; Eventos; e, outros.

A Figura 32 mostra a tela do site QR Code Generator (2021). Ao indicar que a informação a ser codificada seria um URL (Endereço de página) e preencher o campo correspondente, a imagem com o código (*QR-Code*) foi gerada instantaneamente.

Figura 32 - Interface de página do site *QR Code Generator*

The image shows a web interface for a QR Code Generator. At the top, there is a dark navigation bar with the title "QR Code Generator" and three menu items: "QR code with logo", "QR code management", and "QR code API". Below the navigation bar, the interface is divided into three main sections:

- 1. Type:** A vertical column of icons representing different QR code types, including a globe, a document, a person, a smiley face, a telephone, a location pin, a calendar, an envelope, and a padlock.
- 2. Contents:** A section for entering the QR code data. It features a "url" field with the address "https://bambui.fmg.edu.br/portal/mestrado-profissional-em-sustentabilidade-e-tecnc". Below the input field, there is a security notice: "Your QR code data is encrypted during transmission (TLS/SSL) and not stored." At the bottom of this section, there are social media sharing options: "Like", "+1", "Tweet", and an information icon.
- 3. Live preview:** A section showing a large QR code. A red starburst graphic above the QR code says "Add a logo!". Below the QR code, there are two orange buttons: "Download" and "Embed".

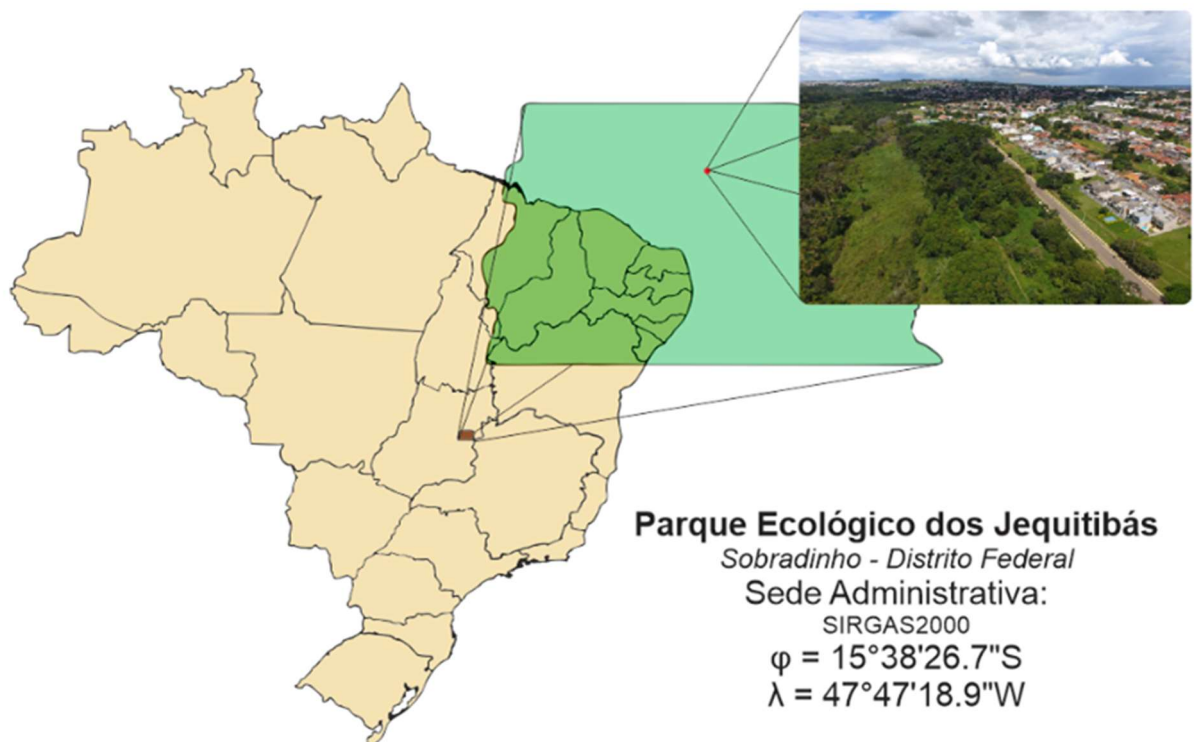
Fonte: QR Code Generator (2021)

De acordo com Chang (2014), é possível ter diferentes formas ou estilos de *QR-Codes*, desde que os módulos quadrados ou retangulares estejam presentes. Isso pode ser interessante para chamar a atenção do usuário e aumentar a chance de acesso ao *QR-Code*.

3 METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado no Parque Ecológico dos Jequitibás, que é uma Unidade de Conservação (UC), localizada na região Administrativa de Sobradinho, na Capital Federal. O Parque Ecológico dos Jequitibás está inserido no perímetro urbano e é muito utilizado pela população local diariamente. Dentre as suas atrações e estruturas tem-se a presença de trilhas, quadra poliesportiva, academia ao ar livre, parque infantil, anfiteatro, avistamento de pássaros e outros. A Figura 33 apresenta um mapa de localização da área. O acesso via navegação GPS (*Global Positioning System*) até o parque pode ser obtido diretamente do link <https://goo.gl/maps/GCHgS7a31aKviuDT7>. Não obstante, as coordenadas $\varphi = 15^{\circ}38'26,7''S$ e $\lambda = 47^{\circ}47'18,9''W$ no SIRGAS2000 referenciam a sede administrativa localizada dentro do parque. Mais detalhes sobre o parque podem ser verificados na seção 2.1.3 desta dissertação.

Figura 33 - Localização do Parque Ecológico dos Jequitibás



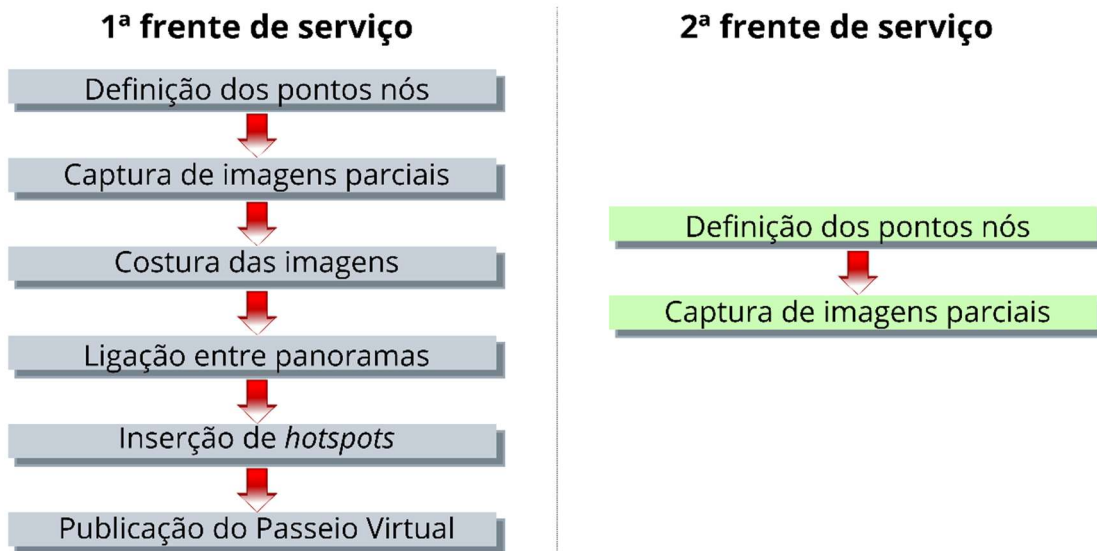
Fonte: Arquivos do autor

Salienta-se que a utilização do Parque Ecológico dos Jequitibás, foi autorizada pelo Instituto Brasília Ambiental – IBRAM - por meio da Autorização para Pesquisa SEI-GDF n.º 48384318/2020 - IBRAM/SUCON/DIRUC-II/PEOA, objeto do Processo SEI n.º 00391-00006474/2020-24.

Este trabalho foi dividido em duas grandes frentes de serviços, sendo a primeira a criação do passeio virtual por meio das imagens 360°, que seguiu passos adaptados aos propostos por Chen (1995), e a segunda etapa, com a geração e implantação de *QR-Codes* em

pontos estratégicos do PEJ para acesso imediato e personalizado ao passeio virtual. A Figura 34 apresenta o fluxograma das etapas seguidas e detalhadas na sequência.

Figura 34 – Fluxograma das etapas do trabalho



Fonte: Arquivos do autor

3.1 Captura de fotografias e geração de imagens 360°

Conforme comentado, para a criação do passeio virtual, seguiu-se as etapas propostas por Chen (1995), a saber: Definição dos pontos a serem imageados; Captura das imagens parciais para elaboração dos panoramas; Costura das imagens parciais; Inserção dos *hotspots*; Ligação entre imagens 360°; e, publicação do passeio virtual. Nos próximos parágrafos serão descritas as formas como cada uma destas etapas foram desenvolvidas.

De posse da autorização para pesquisa emitida pelo IBRAM, em novembro de 2020 iniciou-se o reconhecimento do Parque Ecológico dos Jequitibás. Após percorrer as suas trilhas e conhecer toda a sua estrutura, optou-se por concentrar os trabalhos próximo à sede administrativa e aos equipamentos ofertados ao público, locais onde visivelmente se concentram a maior parte dos visitantes. Também visando oferecer uma experiência positiva ao usuário e focando a exposição da área de mata do PEJ, foram acrescentadas algumas trilhas adjacentes às áreas acima. Alinhado a estes critérios, a área escolhida ofereceria uma diversidade de informações para a criação de um passeio virtual rico em informações.

Escolhida a área de concentração dos trabalhos, definiu-se os pontos que seriam imageados. O critério utilizado para esta definição foi de que cada ponto imageado deveria ser intervisível à pelo menos outros dois pontos, de modo que a posterior navegação virtual trouxesse a ideia de continuidade/conectividade ao usuário. A Figura 35 apresenta a parte do

PEJ que em os trabalhos se concentraram e a distribuição dos principais pontos imageados. Foram definidos cerca de 18 pontos, sendo que os demais pontos imageados encontram-se no entorno e interior dos pontos apresentados, nesta figura.

Figura 35 – Parte do PEJ em que os trabalhos se concentraram e pontos imageados



Fonte: Arquivos do autor

Definidos os pontos que seriam imageados, iniciou-se alguns testes de captura de imagens com uma câmera digital comum. Para isso foram utilizados os seguintes equipamentos e acessórios: 1 (uma) Câmera DSLR Marca NIKON, Modelo D5200, com sensor CMOS (*Complementary metal-oxide-semiconductor*) no formato DX com de 24,1 megapixels; 1 (uma) lente grande angular *Fisheye* (olho de peixe) marca Rokinon, com distância focal de 8mm, abertura f/3,5; 1 (um) tripé reforçado da marca SLIK[®], modelo Universal 88DX; 1(uma) cabeça panorâmica Fanotec, modelo NN3 MKII Starter Package; 1(um) Rotador Nodal Ninja RD10 *Advanced*; e, 1 (uma) Base nivelante Marca Bexin, Modelo LP-64, formada por 3(três) parafusos calantes.

Para a realização dos testes, o tripé foi posicionado no ponto desejado, acoplado sobre ele, respectivamente, a base nivelante, o rotador RD10, a cabeça panorâmica e, por fim, a câmera DSLR.

A fim de se encontrar o ponto nodal ou ponto *non-parallax*, procedeu-se à configuração da cabeça panorâmica, conforme a orientação da fabricante. Em linhas gerais,

com o sistema nivelado, a câmera foi apontada para baixo (girando o braço da cabeça panorâmica), deixando-a perfeitamente alinhada com o alvo da Nodal Ninja posicionado na base da cabeça panorâmica. Este apontamento ocorreu com a câmera exatamente na vertical (apontada para baixo), porém trasladando-se a câmera ao longo dos seus braços. Com o apontamento perfeito, os movimentos dos braços da cabeça panorâmica foram travados naquelas posições.

Na sequência, afrouxou-se o parafuso que une os dois braços então verticais e, com a câmera posicionada na horizontal, o mesmo parafuso fora travado. A partir deste momento, os ajustes ocorreram apenas com a translação da câmera na horizontal (movimento para frente ou para trás). Assim, a câmera foi deslocada até que o anel vermelho da lente *Fisheye* coincidissem, verticalmente, com o alvo da nodal ninja sobre a base da cabeça panorâmica.

O passo seguinte consistiu na realização de um teste de paralaxe e para isso observou-se, pela câmera, duas feições em campo que eram colineares com a visão do observador. Efetuando-se um giro horizontal na câmera, a colinearidade dos três elementos (duas feições e o olho do observador) não podia ser desfeita. Como a colinearidade foi perdida na primeira tentativa, foram feitos e refeitos ajustes finos, na posição da câmera sobre o braço horizontal da cabeça panorâmica, até que a colinearidade das feições ficou mantida, independente da direção da câmera.

No Parque Ecológico dos Jequitibás alguns pontos estão localizados em áreas abertas, recebendo luz solar direta ou com algumas poucas sombras ocasionadas por árvores e edificações; e, outros pontos estão em áreas sob a mata densa e, conseqüentemente, com menos incidência de luz. Considerando estes dois tipos principais de ambientes, a câmera foi configurada no modo manual, aproximadamente sob os parâmetros discriminados na Tabela 1:

Tabela 1 - Parâmetros de configuração manual da câmera

Ambiente	ISO	Velocidade do Obturador	Abertura da Lente	Distância focal	Foco
Áreas com luz natural, podendo ter algumas sombras	100	1/250s	f/6,7	8mm	Infinito
Áreas com baixa luz, dentro da mata	100	1/60s	f/4,5	8mm	Infinito

Fonte: Elaborada pelo autor

Também foi verificado que para imagear todas as direções em torno de um ponto, com base nos recursos disponíveis, eram necessárias a tomada de oito fotografias parciais, sendo elas obtidas da seguinte forma: seis fotografias com a câmera levemente inclinada para

baixo (-15°), girando-a a cada 60° por meio do rotador RD10; e, duas fotografias na direção de zênite, com as fotografias sendo variadas em 90° entre si, a fim de garantir o recobrimento total da região de zênite e haver redundância de feições para o processo posterior de costura. Cada fotografia foi obtida com o apoio do temporizador da câmera, a fim de se evitar a sua trepidação no momento da captura e teve uma sobreposição de cerca de 40% em relação às fotografias adjacentes.

Definidas as formas de se capturar as fotografias parciais, o equipamento foi movido para todos os pontos e as fotografias parciais foram capturadas. Cada fotografia foi gravada no formato raiz *.NEF, com as dimensões aproximadas de 4000X6000 pixels e ocupou um espaço no cartão, em média, próximo a 13,2MB. Para execução e registro neste trabalho, as imagens foram obtidas em 01 de abril de 2021 e foram imageados aproximadamente 18 pontos.

De posse de cada conjunto de fotografias parciais dos pontos, a etapa seguinte consistiu no processo de *stitching* (costura) das imagens. Neste caso foi utilizada aplicação computacional PTGui Pro, versão 12.x. Após o carregamento das fotografias parciais correspondentes ao ponto, o PTGui Pro automaticamente reconheceu os parâmetros da câmera e da lente utilizadas neste trabalho, tomando estas informações do metadados das imagens. Na sequência, é feito o alinhamento das fotos e geração visual preliminar do panorama. Em alguns casos, o software solicitou a inserção manual de pontos de controle, processo este que é feito na aba ‘pontos de controle’ e que demanda a identificação de pontos homólogos em imagens adjacentes.

De modo resumido, a identificação de pontos homólogos foi feita em duas pequenas janelas que se abrem no software, sendo cada uma correspondente a uma imagem. No topo de cada janela há uma pequena lista numérica das fotografias. Após selecioná-las e utilizando-se um processo de interpretação direta, foram selecionados pontos de controle comuns que apareciam nas janelas, fornecendo-se então ao software, meios para se efetuar a costura das fotografias.

No passo seguinte, foi utilizada a aba ‘Otimizador’, em que se utilizou o botão para otimizar a costura e retornar a mensagem sobre a qualidade do panorama gerado. Conforme a mensagem, o panorama pode ser definitivamente gerado na aba Criar Panorama ou, ainda, efetuar-se as correções/melhoramentos com a inserção de pontos de controle, sejam novos ou complementares.

O processo de costura foi repetido para cada panorama. Embora a aba ‘Visualizar’ permita a visualização da imagem 360° em formato esférico, o arquivo exportado – formato *.jpg – pode ser exibido em um visualizador de imagens comum, porém no formato plano

equirectangular. O formato esférico pode ser visualizado somente em aplicações que leiam os metadados desta imagem equirectangular e façam as transformações necessárias para a exibição esférica 360°. Finda a etapa de costura, as atividades avançaram para a criação do passeio virtual, conforme descrição a seguir.

3.2 Criação do passeio virtual

Para a criação do passeio virtual, utilizou-se o aplicativo computacional 3DVista Virtual Tour, versão 2021.0.x. Após criar um projeto e escolher um tema com visualização pré-estabelecida, as imagens panorâmicas em formato equirectangular foram importadas. Como todas as imagens 360° possuem uma ou mais imagens para serem conectadas a ela, optou-se por escolher uma imagem aleatória, com um clique duplo. Na tela seguinte, escolheu-se a aba ‘*hotspots*’, onde as imagens foram conectadas entre si, com base na lista de imagens 360° que ficou disponível na lateral do software. De forma muito intuitiva, a conexão entre as imagens ocorreu arrastando-se a imagem correspondente até o ponto onde foi inserido um ícone que sinalizava uma imagem adjacente. Este processo foi repetido para todas as imagens, até que todas estivessem conectadas entre si (quando possível), criando o caminho a compor o passeio virtual.

Como a proposta do trabalho envolve a realidade aumentada, que conforme explanado nos primeiros tópicos desta dissertação, permite o complemento de informações além das que se vê nas imagens, o passo seguinte consistiu nesta etapa.

Ainda aba ‘*hotspots*’ há alguns ícones e ferramentas que permitem a inserção de elementos complementares como pontos de acesso (*hotspots*). Há opções como a inserção de vídeos, figuras, textos, outras imagens 360, álbum de fotos, dentre outras. Assim sendo, clicando em cada imagem 360° disponível no menu lateral, foram procuradas feições que pudessem receber informações complementares. Foram inseridos pontos de acesso (realidade aumentada) em feições como a árvore Jequitibás, algumas plantas ornamentais (descrição e curiosidades), anfiteatro (pequeno vídeo dele sendo usado), sede administrativa, estacionamento e algumas árvores.

Ainda com foco no aumento da realidade, foram inseridos textos com o objetivo de auxiliar no direcionamento e divulgação de informações, o que torna a navegação muito mais envolvente e controlada.

Faz-se mister explicar que todo o trabalho processo de captura e publicação das imagens ocorreu respeitando-se a privacidade das pessoas e veículos. Assim sendo, para não

expor rostos de pessoas e placas de veículos, além de tentar capturar as imagens parciais em horários e dias de pouco movimento no PEJ, foram utilizados retângulos virtuais (*hotspots* sem ação) para sobrepor estas feições ligadas à privacidade. Este procedimento ocorreu nesta fase de criação do passeio virtual e exemplos do resultado podem ser conferidos na imagem 360° do estacionamento.

Nas etapas propostas por Chen (1995), a inserção de *hotspots* ocorre antes da ligação entre as imagens 360°, no entanto, a ordem destas duas etapas foi alterada neste trabalho, não gerando absolutamente nenhum prejuízo ou diferença devida à alteração de ordem de execução de etapas.

Com as imagens 360° conectadas entre si e os pontos de acesso já inseridos, o passeio virtual foi exibido por meio de uma visualização prévia. Finalizados os ajustes necessários para a publicação do passeio virtual, o trabalho foi exportado pelos comandos da aba ‘Publicar’ do 3DVista. A exportação ocorreu objetivando a sua publicação na rede mundial de computadores e dispositivos móveis. Assim, obteve-se o conjunto de arquivos e pastas que compõem o passeio virtual que, em seguida, foi carregado em um servidor web, conforme descrito a seguir.

3.3 Publicação do passeio virtual

Visando dar publicidade ao trabalho realizado neste projeto de mestrado e com o objetivo de se criar um produto técnico que possa ser útil para a sociedade, optou-se por publicar o passeio virtual na *internet*.

A publicação do passeio virtual se deu por meio do sistema gerenciador de conteúdo *wordpress* e envolveu atividades secundárias como a aquisição de um serviço de hospedagem (servidor); uso de um domínio de internet; vinculação do domínio de internet ao servidor por meio de alteração de DNS; instalação e configuração do *wordpress*; e, por fim, o carregamento e ajustes do passeio virtual.

O serviço de hospedagem escolhido foi o oferecido pela empresa Hostinger. Após a confirmação do pagamento da contratação, foi recebido um e-mail com as informações de acesso enviado pela provedora do serviço. Ao acessar o serviço, foram seguidas as instruções, em língua portuguesa, para a configuração da hospedagem.

No tópico 2.5 desta dissertação foram apresentados os passos para se publicar um site, porém existem muitas formas que podem ser usadas, conforme os recursos, necessidades e conhecimento envolvido. Neste trabalho, optou-se por não comprar um domínio de internet

específico para este passeio virtual, mas sim utilizar um subdomínio de um domínio já existente. Utilizando-se o domínio já existente *patrimoniando.com.br*, procedeu-se a alteração do DNS deste domínio no site Registro.br, assim, ele estaria vinculado ao servidor de hospedagem contratado. Caso o domínio *patrimoniando.com.br* fosse utilizado para instalação do *wordpress* e publicação do passeio virtual, os passos seriam exatamente os descritos na Fundamentação Teórica desta dissertação.

Todavia, para a utilização de um subdomínio (nome mestrado), foi necessária a configuração. Neste caso, bastou acessar o painel de controle do serviço de hospedagem, ir até o gerenciamento de sites, escolher o domínio que se quer trabalhar (*patrimoniando.com.br*) e clicar no botão subdomínios. Optou-se por escolher o nome ‘mestrado’ para o subdomínio, ficando então, o futuro site, com o seguinte endereço: *mestrado.patrimoniando.com.br*. Nota-se que o domínio é *patrimoniando.com.br*, porém todo trabalho foi feito do subdomínio *mestrado.patrimoniando.com.br*

A partir desta etapa, instalou-se o gerenciador de conteúdo *Wordpress*. Isso foi realizado ainda dentro do serviço de hospedagem, no Painel de Controle principal da plataforma. Pesquisando ou procurando pela ferramenta denominada ‘Auto Instalador’, selecionou-se o *WordPress* para que fosse auto instalado. Em seguida, foi aberta uma janela para a escolha e preenchimento de informações como o nome do domínio ou subdomínio onde o *wordpress* seria instalado, credenciais de acesso, nome do banco de dados e idioma do site. Concluídas as demandas acima, o *wordpress* foi definitivamente instalado no servidor, podendo ser acessado pelo seguinte endereço: <http://mestrado.patrimoniando.com.br>.

Com o *wordpress* instalado, a etapa subsequente foi a configuração geral (*design* etc.) e instalação de *plugins* (complementos) para publicação do passeio virtual. O acesso à área de administração do site ocorreu por meio das credenciais (usuário e senha) inseridas no endereço <http://mestrado.patrimoniando.com.br/wp-admin>.

As atividades de configuração, personalização e complementos do site ocorrem conforme as ferramentas disponíveis no menu à esquerda da janela exibida. Na sequência adicionou-se os seguintes *plugins*: *Elementor* para a criação de páginas personalizadas; *WPForms* para criação de formulário de contato (Em algumas instalações, este plugin já vem instalado);

Neste projeto, a plataforma de divulgação contou com uma página simples e objetiva, criada com o *Plugin Elementor*. Ao acessar o endereço da plataforma, o usuário se depara com a página criada com as seguintes informações: Título da plataforma; Botão para acessar o Passeio Virtual; Breve descrição do projeto; Logotipos do IFMG e IBRAM; e,

Formulário de contato. Tudo isso está sobre um plano de fundo dinâmico, coerente com o contexto da Unidade de Conservação e que convida o usuário a ir adiante para acessar o passeio virtual. Como esta é uma página personalizada no *Elementor*, foi necessário configurar a parte de leitura do *wordpress* no menu configurações do CMS para exibir a página acima como página inicial (de abertura) do site.

Após a realização da etapa acima, foi necessário carregar as pastas e arquivos do passeio virtual exportado pelo software 3DVista. Isso foi feito carregando todo o material de forma compactada até uma pasta personalizada, denominada ‘pv’ que foi criada dentro do diretório principal do site. Este diretório principal foi acessado por meio do painel de controle e ferramenta de “gerenciamento de arquivos”. Após o carregamento, todas as pastas e arquivos foram descompactados na pasta recém-criada ‘pv’. Por fim, vinculou-se o endereço em que o passeio virtual estava (<http://mestrado.patrimoniando.com.br/pv>) como link de acesso através do botão da página principal que permite o acesso ao passeio virtual. Concluída esta etapa, o passeio virtual ficou totalmente acessível e funcional por meio do endereço <http://mestrado.patrimoniando.com.br>.

3.4 Geração e implantação dos *QR-Codes*

Esta parte do trabalho visou complementar as atividades e aplicação descritas na etapa anterior. Todos os procedimentos e entendimentos envoltos dos *QR-Codes* estão detalhadamente descritos na seção 2.6 desta dissertação.

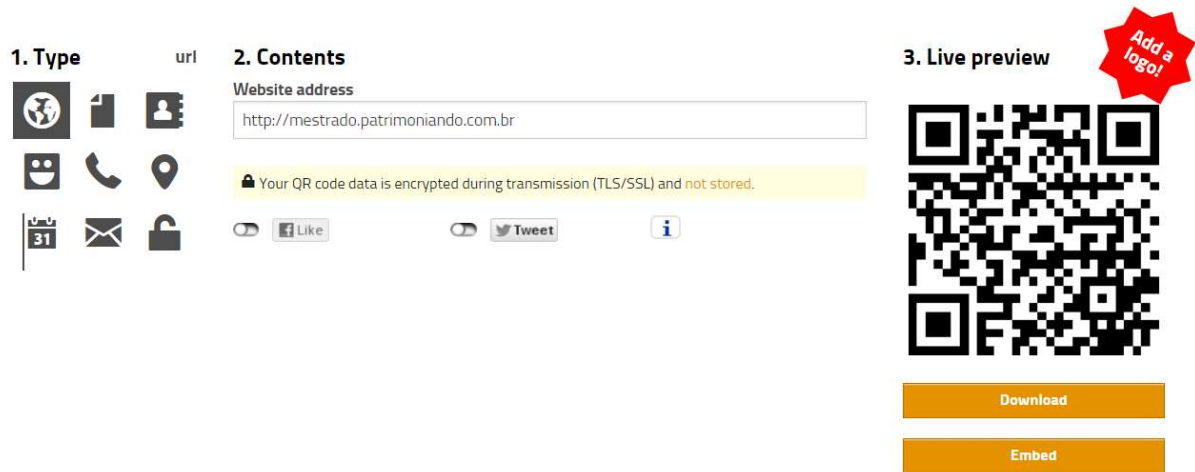
Os *QR-Codes* a serem gerados tinham como intenção principal a publicização do passeio virtual e uma oferta de experiência personalizada, conforme o contexto (localidade) em que os visitantes do parque estivessem.

Diferentemente do passeio virtual que pode ser acessado a partir de qualquer parte do mundo, bastando para isso ter o endereço da plataforma, geralmente os *QR-Codes* demandam a ação de escanear (fotografar) os códigos de barras, que estarão implantados fisicamente em pontos estratégicos dentro do PEJ.

A partir desta premissa, procedeu-se com a criação dos *QR-Codes*. Para isso, foi utilizada a funcionalidade da plataforma *QR Code Generator*, disponível por meio do endereço eletrônico <http://goqr.me/>. Após acessar o site, a tela principal já fornece a opção de escolher o tipo (1. Type) de *QR-Code* a ser gerado. Escolhida a opção “URL”, indicando que se deseja criar um *QR-Code* deste tipo, partiu-se para o preenchimento do campo ‘2. Contents’ (*Website address*), no qual foi digitado o endereço principal da página passeio virtual: <http://mestrado.patrimoniando.com.br>. Conforme apresentado na Figura 36, imediatamente

após a execução do passo anterior, o *QR-Code* é gerado (3. *Live preview*), podendo ser, por exemplo, baixado ou compartilhado.

Figura 36 - Etapas executadas para a geração de *QR-Code*













Fonte: Captura de tela realizada pelo autor no site <http://goqr.me>.

Dentro do processo que tratou da parceria deste trabalho, foi solicitado e aprovado pelo IBRAM, a implantação de 10 (dez) *QR-Codes* dentro das dependências do PEJ.

O código gerado na Figura 36 foi implantado em dois locais distintos dentro do PEJ, sempre buscando a publicização do trabalho e uma experiência positiva para o usuário. Além deste código foram gerados outros oito códigos, também com os mesmos propósitos. O Quadro 2 abaixo apresenta os 10 locais em que foram implantados os *QR-Codes*, bem como os seus respectivos códigos.

Quadro 2 – Locais e os respectivos QR-Codes

Local	<i>QR-Code</i>
Pergolado	
Sede	
Plantas ornamentais (Dracena)	

Entrada de trilha 1	
Entrada de trilha 2	
Anfiteatro	
Plantas ornamentais (Caniço-malhado)	
Jequitibá	
Parquinho infantil	
Pista de Skate	

Fonte: O autor (2021).

Embora os *QR-Codes* possuam informações diferentes, eles oferecem o mesmo passeio virtual, porém iniciado com uma imagem panorâmica 360° correspondente à sua posição corrente.


De posse dos *QR-Codes*, utilizando-se a plataforma gratuita de *design* gráfico CANVA (<https://canva.com>), que permite aos usuários criar pôsteres, apresentações e outros conteúdos visuais, foram criadas as artes das 10 placas com os códigos para serem implantados dentro do PEJ. Possuindo as dimensões aproximadas de 250mmX180mmX3mm

(comprimento X altura X espessura) e confeccionadas em material PVC, uma das artes é apresentada na Figura 37.

Figura 37 - Placa com apresentação de um *QR-Code*.

Navegação Virtual


Conheça o Parque Ecológico dos Jequitibás de forma virtual!




Você sabia?

O Jequitibá (*Cariniana estrellensis*) é uma árvore de grande porte e possui o fruto em formato de um pequeno copo, que já foi muito utilizado para fazer cachimbos.

Parceria:



INSTITUTO FEDERAL
Minas Gerais



BRASÍLIA
AMBIENTAL

Parque Ecológico dos

JEQUITIBÁS

Fonte: Arquivos do autor (2021).

As artes das 10 placas com os *QR-Codes* foram plotadas e implantadas em pontos estratégicos dentro do PEJ, sob a autorização do IBRAM e acompanhamento do gestor do parque.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo da dissertação, serão apresentados os resultados deste trabalho. Simultaneamente, serão feitas discussões e um paralelo entre a metodologia, o referencial teórico e os resultados alcançados. Como o trabalho foi desenvolvido em uma inidade de conservação, serão expostos os desafios gerais, benefícios, impressões e alternativas para se alcançar os objetivos propostos, neste tipo de ambiente.

Conforme ora apresentado, o objetivo geral deste trabalho se pautou na utilização de tecnologias para criação de um passeio virtual por meio de imagens 360° em uma unidade de conservação do Distrito Federal. Para cumprir este objetivo, a demanda principal foi dividida em etapas parciais, estas quais podem ser mais bem discutidas nos tópicos que se seguem.

4.1 Imagens 360°

O principal insumo para a criação do ambiente de realidade virtual e aumentada neste trabalho foram as imagens 360°. Embora a literatura tenha uma quantidade razoável de referências, nem sempre estas estão na língua portuguesa ou aglutinam as informações objetivas para a geração de imagens 360°. Diante disso, a essência desde trabalho estava envolta de desafio, adaptação e compreensão do espectro de informações acerca do tema.

No início do desenvolvimento deste trabalho, havia certa dificuldade de acesso a alguns equipamentos e acessórios. Assim, a opção foi adquirir os equipamentos por meio de importação direta em sites estrangeiros ou buscar algum equipamento sob revenda por parte de um pequeno comerciante virtual ou usuário se desfazendo dos seus equipamentos. Atualmente nota-se maior facilidade para encontrar os recursos necessários para a geração das imagens 360°.

De toda forma, com os equipamentos em mãos, os desafios avançaram ao patamar prático, no qual foi necessário realizar os procedimentos inúmeras vezes para se alcançar e melhorar o resultado alcançado. Como referência, buscou-se gerar imagens panorâmicas que fossem o mais fidedignas possível da realidade observável em campo.

No processo de geração de algumas imagens 360°, foi percebido que algumas feições, principalmente as árvores, apresentavam um efeito fantasma (duplicação) em suas copas, galhos e folhas. Tal comportamento era esperado caso as fotografias parciais não tivessem sido obtidas a partir do ponto nodal da câmera (paralaxe), conforme pode ser mais bem visualizado no trabalho de Faustino *et al.* (2019). No entanto, a repetição (testes) permitiu verificar que os efeitos fantasmas pós-costura eram devidos às movimentações destas feições

causadas pelo vento. Assim, a posição absoluta de um galho de uma árvore seria alterada em função do vento, culminando em registros fotográficos parciais com elas em posições distintas. Para a solução deste problema, utilizando os recursos deste trabalho, as fotografias parciais deveriam ser obtidas em ausência total dos ventos, o que não seria uma tarefa trivial. A Figura 38 apresenta o efeito fantasma ocasionado pela “movimentação” dos galhos entre fotografias parciais adjacentes.

Figura 38 - Efeito fantasma (duplicação de feição) causado pelo vento.



Fonte: Arquivos do autor (2021)

Ainda com base na Figura 38, é notado que parte dos acessórios utilizados no processo de captura de imagens é exibido na região do nadir. Conforme descrito no referencial teórico, há alguns recursos para eliminar estas informações do tripé, cabeça panorâmica e outras. Contudo, é possível utilizar um software de manipulação de imagens e inserir uma espécie de selo, logomarca ou imagem que se sobreponha a este conteúdo. Outra opção possível é a utilização de recursos de clonagem de feições vizinhas para cima destes elementos

indesejáveis. De toda forma, optou-se por não realizar nenhuma destas manipulações neste trabalho, visando manter a originalidade das informações espaciais, sem alterar a realidade registrada, ao mesmo tempo que se mostrar que há algumas limitações. Uma exceção a esta originalidade de informações, ocorreu com a ocultação de rostos de pessoas e placas de veículos, informações estas sensíveis e que dependeriam de autorização prévia para publicação.

Ademais, cabe salientar que o tripé utilizado para a aquisição das imagens parciais possui uma alavanca de controle que não teve serventia neste trabalho. Isso acabou gerando poluição visual na representação da cena, conforme pode ser observado na Figura 38, na região central próxima a nadir. Para contornar esta situação, é possível recorrer a tripés de coluna e tripés sem esta alavanca.

O processo de captura das fotos parciais para recobrimento de todas as direções é muito importante, pois é impossível os softwares de costura “criarem” informações condizentes com as reais. Para fins de ilustração, a Figura 39 apresenta uma imagem 360° gerada com a ausência de recobrimento em determinada região. No software PTGui utilizado neste trabalho, o panorama foi criado na proporção 2:1 conforme esperado, porém os espaços que não continham informações são preenchidos de forma unicolor, indicando a ausência de informações.

Figura 39 - Imagem 360° com ausência de informações pela falta de recobrimento total.



Fonte: Arquivos do autor (2021)

Conforme apresentado na metodologia, para a geração de uma imagem 360°, foram necessárias oito fotografias parciais, sendo seis com a câmera levemente inclinada para baixo em 15° e duas na direção de zênite, afastadas em 90° entre si. Com cada foto parcial demandando um espaço médio de armazenamento de cerca de 13,2MB, o processo de costura

gerou uma imagem equirectangular com dimensões aproximadas de 13.450x 6.725 pixels e um armazenamento médio de 45MB. Assim, foram geradas cerca de 18 imagens panorâmicas 360°, que compuseram o passeio virtual, conforme descrito no próximo tópico.

4.2 Passeio Virtual

O passeio virtual criado no Parque Ecológico dos Jequitibás pode ser visualizado a partir de computadores ou dispositivos móveis como *tablets e smartphones*. Com um tema responsivo, isso é, aquele que se adapta ao formato e tamanho da tela do dispositivo, o passeio virtual pode ser acessado por meio do endereço eletrônico www.mestrado.patrimoniando.com.br. A Figura 40 apresenta a tela inicial da plataforma - exibida em um computador - onde foram inseridas informações preliminares acerca daquele passeio virtual.

Figura 40 - Tela inicial da plataforma



Fonte: Arquivos do autor (2021)

Nesta tela, o usuário encontra um breve texto que descreve a plataforma; logotipos do IFMG e IBRAM; formulário de contato e um botão de acesso ao passeio virtual do Parque Ecológico dos Jequitibás.

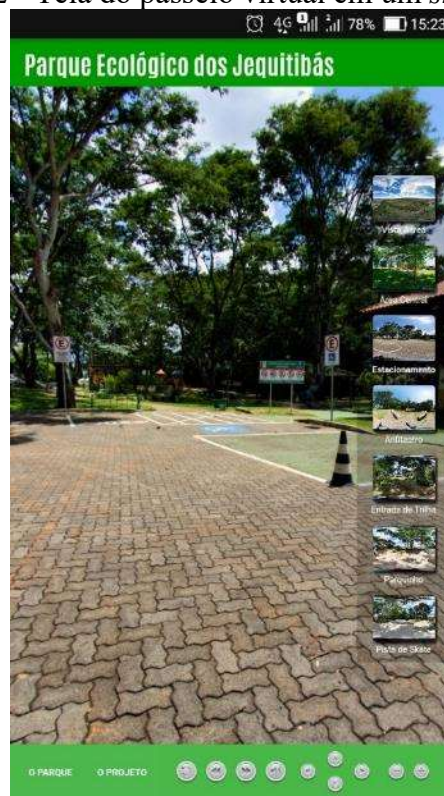
Ao clicar em ‘Acessar o Passeio Virtual’, o usuário é redirecionado para a página com o passeio virtual propriamente dito. As Figuras 41 e 42 apresentam, respectivamente, a página principal do passeio virtual em um computador e em um *smartphone*.

Figura 41 - Tela do passeio virtual em um computador



Fonte: Arquivos do autor (2021)

Figura 42 - Tela do passeio virtual em um *smartphone*



Fonte: Arquivos do autor (2021)

Conforme se nota, a plataforma foi trabalhada com um tema verde, fazendo alusão à vegetação e ao contexto ambiental em geral. Na parte superior esquerda é apresentado o nome do parque ‘Parque Ecológico dos Jequitibás’ e no lado direito da plataforma foram colocadas miniaturas de imagens 360° que podem ser acessadas com um clique. Na parte inferior da plataforma há dois *links* principais, sendo um deles uma breve apresentação do PEJ e o outro com a descrição do projeto. Ainda na parte inferior, estão dispostos alguns ícones de navegação

como por exemplo, ícones com a função de *zoom*, alteração do ponto de vista e navegação automática. A navegação dentro de uma imagem ocorre com a utilização dos ícones de navegação.

Se o usuário estiver usando um computador, a navegação também pode ocorrer com o uso do *mouse* e teclado. Neste caso, a rolagem do *mouse* terá a função de *zoom* e o botão esquerdo, alinhado ao movimento do *mouse*, tem a função de alterar o ponto de vista da cena. Por outro lado, no teclado, as teclas para cima, para baixo e lados direito e esquerdo também podem facilitar a navegação virtual. Enquanto as teclas para os lados direito e esquerdo movem o campo visão para os respectivos lados, os botões para cima e para baixo permitem avançar/retornar para/de uma imagem 360° conectada naquele ponto vista.

Porém, se o usuário estiver usando um dispositivo móvel para acessar o passeio virtual, a navegação ocorrerá por meio do toque do usuário na tela do dispositivo. De modo intuitivo, a cena será mudada para a direção em que o dedo se arrastar. Para aumentar ou diminuir o *zoom*, o usuário precisa utilizar os dois dedos, sendo que o *zoom* aumenta quando os dois dedos tocam a tela juntos e se afastam na sequência; e, o *zoom* diminui quando os dedos tocam a tela afastados e em seguida se aproximam um do outro.

Fazendo jus às definições ora apresentadas na fundamentação teórica, a plataforma criada é um ambiente de realidade virtual, pois há presença de um usuário interagindo com a cena, demandada um processamento em tempo real, colocando o ambiente imageado conforme o usuário deseja. Não obstante, a plataforma foi criada com recursos de realidade aumentada, complementando as informações fotointerpretáveis dispostas nas imagens. A Figura 43 mostra alguns elementos de realidade aumentada que ao serem clicados/acionados fornecem alguma informação complementar, seja uma nova imagem 360°, um quadro com informações complementares, vídeo, imagens dentre outros.

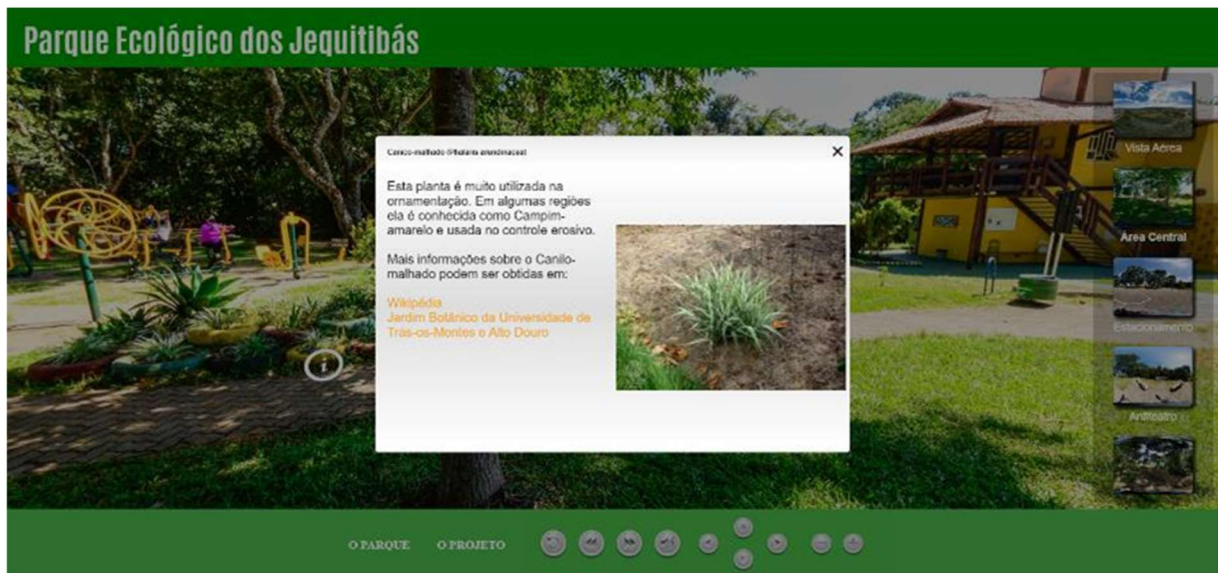
Figura 43 - Elementos de realidade aumentada nas imagens 360°



Fonte: Arquivos do autor (2021)

Visando a interatividade e o aumento da quantidade e qualidade da informação, ao clicar, por exemplo, no elemento de realidade aumentada com a letra 'i' (vide próximo aos pneus na Figura 43), é aberto uma janela com informações acerca daquela feição, conforme pode ser verificado na Figura 44.

Figura 44 - Quadro com informações complementares



Fonte: Arquivos do autor (2021)

De forma quase ilimitada, tendo a criatividade como limite, o quadro de realidade aumentada exibido na Figura 44 permite informações que a maioria dos visitantes do PEJ não teriam acesso. Contudo, este aumento da realidade se mostra um poderoso recurso, pois alinha a interatividade da plataforma à exposição de informações antes inconcebíveis.

No mesmo diapasão de realidade virtual e aumentada apresentado acima, se o usuário navegar até o anfiteatro do PEJ e interagir com o elemento de realidade aumentada disposto naquela parede, uma janela será aberta com uma breve descrição do anfiteatro e com um link de vídeo mostrando uma apresentação artística naquele anfiteatro.

Embora não fosse parte do escopo deste trabalho, os passeios virtuais podem ser criados com base em imagens capturadas em épocas distintas para uma mesma área. Assim, além de haver a navegação espacial dentro do passeio virtual, o usuário pode recorrer à navegação temporal, podendo fazer análises e comparações com base na série histórica de imagens 360°. A verificação do crescimento de plantas e a evolução da infraestrutura são exemplos de análises passíveis em um passeio virtual dotado de imagens 360° geradas em duas ou mais épocas, para a mesma localização. Em relação à temporalidade para geração de imagens 360°, o escopo de cada projeto indicará o período entre as capturas das imagens parciais para posterior processo de costura.

Conforme se observa, a utilização de imagens 360° neste ambiente de realidade virtual e aumentada do PEJ tem um potencial de aplicação e benefício muito grande. Mais adiante, serão discutidas as potencialidades desta aplicação na unidade de conservação, inclusive com vistas à contribuição para a sustentabilidade.

4.3 *QR-Codes* implantados

O passeio virtual criado neste trabalho não possui grande utilidade se as pessoas não tomarem conhecimento da sua existência. Visando a sua publicização, ao mesmo tempo em que se oferece uma experiência interativa aos usuários, alguns *QR-Codes* foram criados e implantados em locais estratégicos. O Apêndice A, localizado nas páginas finais desta dissertação, apresenta os locais em que os *QR-Codes* foram implantados, destacando-se, em cada local, uma imagem com uma vista geral da área e outra imagem focada na placa impressa com a arte.

Conforme se nota pelas imagens do Apêndice A, os *QR-Codes* foram implantados em pontos com contextos atrativos para que os visitantes do PEJ possam despertar interesse por aquele *QR-Code*. Outra estratégia utilizada para chamar a atenção do usuário foi a impressão de um breve texto sobre um quadro verde, que trouxe informação potencialmente relevante aos visitantes. Estas informações consistem em textos sobre curiosidades, horário de funcionamento do parque e as denominadas *Call-to-Action* (Chamada para ação). Além disso,

a maioria das informações impressas nas placas com *QR-Codes* estão disponíveis como elementos de realidade aumentada, dentro do passeio virtual.

No que tange ao material em que os *QR-Codes* foram impressos, acredita-se que eles terão durabilidade superior a 12 (doze) meses, sem perder a tinta de impressão ou desfazimento da sua estrutura. Feitas em PVC, todas placas foram muito bem fixadas por meio de fitas dupla face, arame, pregos ou cola de poliuretano. Conforme comentado, o agente do parque acompanhou a instalação, medida esta muito importante para não ferir nenhuma eventual política interna da Unidade de Conservação ou do próprio IBRAM.

Em um mundo como o atual, em que a maioria das pessoas estão conectadas por meio de dispositivos móveis, acredita-se que estes usuários poderão ter a experiência com o parque potencializada, ao mesmo tempo ser multiplicadores de divulgação da plataforma a eles apresentada. Não obstante, os locais escolhidos para a implantação das placas, podem ser a “porta de entrada” para novos conhecimentos a serem adquiridos por meio da realidade aumentada que se segue ou mesmo pela motivação de se criar um trabalho semelhante.

Cabe salientar que a utilização dos *QR-Codes* não é uma estratégia isolada de divulgação da plataforma, nem tampouco se limita a oferta de uma experiência mais interativa ao usuário. Além destes dois benefícios, acredita-se que vários visitantes do PEJ verão que o parque, o mercado e a academia têm acompanhado o avanço tecnológico, ofertando recursos como imagens 360°, passeios virtuais e acessos imediatos por meio de *QR-Codes*.

Por fim, informa-se que, no momento da implantação das placas, o parque estava passando por uma grande reforma, estando fechado ao público por, no mínimo, algumas semanas. Devido a esse fato, não foi possível acompanhar e monitorar o uso prático dos *QR-Codes*. Embora isso não fizesse parte do escopo deste trabalho, este levantamento poderia trazer informações complementares. De toda forma, todos os *QR-Codes* foram distribuídos após passarem por inúmeros testes e estarem plenamente funcionais, assim como as ferramentas da plataforma.

4.4 Potencial do Passeio Virtual Criado na Unidade de Conservação

Claramente, o passeio virtual da Unidade de Conservação denominada Parque Ecológico dos Jequitibás se mostra uma poderosa fonte de informações. Embora a presente proposta trabalhe com informação espacial não métrica, a plataforma tem um grande potencial, podendo subsidiar atividades e trabalhos em diversas aplicações, conforme será descrito nos próximos parágrafos.

Um dos primeiros benefícios deste passeio virtual no PEJ é a possibilidade oferecer, às pessoas com dificuldade de locomoção, a oportunidade de conhecer as trilhas do parque de um modo interativo e acessível. Embora o ambiente de realidade virtual não possa substituir por completo a experiência real, ele pode ser um poderoso recurso de inclusão, uma vez que é capaz de trazer os ambientes de modo fiel e passivo à vontade do usuário. Não obstante, a experiência das pessoas pode ser ainda mais envolvente, caso futuramente o PEJ possa oferecer dispositivos de imersão virtual.

Na área de educação ambiental, esta plataforma pode ser um poderoso recurso didático, permitindo a exposição de conceitos, registros, exemplificações e interações dos educandos. Contudo, a utilização do passeio virtual pode complementar as atividades, agregando conhecimento, envolvimento e um provável desenvolvimento da responsabilidade ambiental destes alunos. Conforme já citado nesta dissertação, Denardim e Manzano (2017) avaliaram a impressão de estudantes que usaram a realidade virtual em sala de aula. Eles também avaliaram o impacto dessa tecnologia no processo de ensino-aprendizagem. Em suas conclusões, eles relataram que houve interesse dos estudantes, que avaliaram a tecnologia como inovadora e motivadora, permitindo a interatividade e ampliação de sensações que culminaram no aumento do aprendizado.

Independente se o passeio virtual por meio das imagens 360° será utilizado como um recurso didático formal em um ambiente de ensino, é notável que ele é capaz de trabalhar a percepção ambiental de todos que tiverem contato com a plataforma. Vale lembrar que Faggionato *apud* Silva e Nascimento (2021) relaciona a percepção ambiental à consciência do homem para com o ambiente. Assim, a partir da consciência, palavra etimologicamente relacionada ao ato de conhecer, o usuário poderá moldar a forma de perceber aquele ambiente natural. Isso se justifica não apenas pela interatividade oferecida pelo passeio virtual, mas pelo próprio plano de fundo – que é a Unidade de Conservação – que está sendo vista (conhecida) por aquele que se dispôs a navegar pela plataforma. Embora haja necessidade de uma pesquisa específica para este fim, acredita-se na hipótese de a percepção ambiental dos usuários possa ser melhor trabalhada utilizando-se um passeio virtual do que os recursos tradicionalmente utilizados, como por exemplo, placas indicativas, banners, imagens estáticas etc.

Contudo, se a percepção sentida pelas pessoas ante ao ambiente pode ser aprimorada pelo passeio virtual, consequentemente as pessoas podem buscar uma convivência mais harmônica com aquele meio, adentrando à esfera de uma convivência sob a égide da sustentabilidade.

No que se refere à questão temporal, as imagens 360° da plataforma refletem a condição espacial das feições no primeiro semestre de 2021. Assim, na hipótese de realimentação desta plataforma por parte do IBRAM ou outros pesquisadores, ter-se-á a possibilidade de fazer análises temporais das feições, permitindo a comparação visual, por exemplo, do grau de deterioração dos equipamentos, crescimento e regeneração da vegetação, dentre outros tipos de comparação. Neste caso, novamente a percepção ambiental dos agentes interessados nestas informações é retroalimentado, permitindo a estes terem uma visão qualitativa e quantitativa do meio, fornecendo arcabouço mais sólido para a tomada de decisão ou análises de qualquer tipo.

Dentre os objetivos do PEJ, há aquele que busca o favorecimento para a realização de estudos e pesquisas científicas. Contudo, esta plataforma, no mínimo, poderá fornecer informações preliminares aos pesquisadores, facilitando algumas atividades e gestão dos estudos. Além disso, outras pesquisas podem surgir, inclusive, tomando esta plataforma como objeto de estudo (mais adiante serão apresentadas algumas propostas de trabalhos futuros).

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo a utilização de tecnologias para a implementação de um passeio virtual por meio de imagens 360° em uma unidade de conservação, mais especificamente no Parque Ecológico dos Jequitibás, que fica localizado em Sobradinho, no Distrito Federal. As tecnologias avançaram muito com a evolução da tecnologia da informação e são capazes de oferecer informações espaciais de forma interativa e completa. Neste trabalho, focou-se a vertente não métrica das informações espaciais possíveis. Assim, ao longo do seu desenvolvimento, foram apresentados históricos, conceitos, métodos, softwares e outras informações relacionadas às tecnologias de realidade virtual, realidade aumentada, imagens 360°, sistemas gerenciadores de conteúdo e do próprio contexto ambiental.

Tanto o passeio virtual, quanto as páginas de destino dos *QR-Codes* estão disponíveis no endereço eletrônico <http://mestrado.patrimoniando.com.br> e podem ser acessados por meio de um computador ou dispositivo móvel.

Conforme discutido no capítulo anterior, a plataforma com o passeio virtual ficou intuitiva e com imenso potencial de uso, tanto pela administração do Parque Ecológico dos Jequitibás, quanto pela sociedade, principalmente pela capacidade de trabalhar a percepção ambiental dos usuários e consequentemente a sustentabilidade local e regional. De toda forma, faz-se mister salientar que os benefícios e utilidades da plataforma desenvolvida neste trabalho não se encerram com o texto aqui apresentado, abrindo margens para sugestão de trabalhos futuros, como por exemplo:

- Criação de uma revisão sistemática de literatura dos trabalhos que eventualmente estejam analisando a viabilidade, modelos e dificuldades de se utilizar a vertente métrica nas imagens panorâmicas 360°;
- Desenvolvimento de trabalho que analise a qualidade das imagens entre diferentes câmeras 360°, entre câmeras digitais comuns e entre estas;
- Pesquisa sobre outras ferramentas de criação de passeios virtuais, expondo-se as metodologias de uso, custos e qualidade final dos produtos gerados.
- Criação de um passeio virtual totalmente imersivo para, dentre outros fins, oferecer um recurso de inclusão social para pessoas com dificuldades locomotoras;
- Realização de estudo acerca de eventuais impactos do uso de equipamentos de realidade virtual imersiva;
- Verificação efetiva da influência de um passeio virtual por meio de imagens 360° na percepção ambiental dos usuários;

- Desenvolvimento de uma plataforma colaborativa, em que as pessoas seriam instruídas a utilizar as câmeras 360° e alimentar a plataforma existente, semelhantemente ao que ocorre com o *Street View* do Google, porém focado no contexto ambiental; e,
- Replicação deste trabalho em diferentes áreas de concentração, como por exemplo, na mineração, agricultura, construção civil, segurança pública e muito mais.

Embora a utilização das imagens 360° não seja algo novo, o avanço oferecido por diversos softwares, modelos matemáticos e a disseminação de informações resultam em novos avanços, aplicações e benefícios para a sociedade. Além de fornecer uma enorme quantidade de informações espaciais, que pode ser trabalhada para os mais diversos fins, acredita-se que a popularização desta ferramenta culminará na geração de emprego, renda e incontáveis outros benefícios para o meio ambiente e sociedade como um todo, principalmente no que tange à percepção ambiental e a busca por uma convivência harmônica – sustentabilidade – com os ambientes naturais.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, S. FÖRSTNER, W. Fish-eye-stereo calibration and epipolar rectification. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**. v. 59, p. 278–288, 2005.
- BARAZZETTI, L.; PREVITALI, M.; RONCORONI, F. 3D modelling with the Samsung Gear 360. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Volume XLII-2/W3, Nafplio-Grécia, 2017
- BARAZZETTI, L.; PREVITALI, M.; SCAIONI, M. Procedures for Condition Mapping Using 360° Images. **ISPRS International Journal of Geo-Information**. v. 9, p. 34-53, Milão, 2020.
- BARREIRA, J. F.; MIRA, A.; TORROBA, R. Optical encryption and QR codes: Secure and noise-free information retrieval. **Optics Express**, v. 21, n. 5, p. 5373-5378, 2013.
- BARBOSA, R. P. **Avaliação de riscos ambientais na região de Sobradinho**. 2010, 159f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2010.
- BOYLES, B. **Virtual Reality and Augmented Reality in Education**. Nova Iorque, 2017. Disponível em: <https://www.westpoint.edu/sites/default/files/inline-images/centers_research/center_for_teching_excellence/PDFs/mtp_project_papers/Boyles_17.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2021.
- BRADLEY, M. How to Clone Yourself in A 360 Panorama. 2018. Disponível em:<<https://veer.tv/blog/how-to-clone-yourself-in-a-360-panorama/>> Acesso em: 02 set. 2021.
- BRASIL. **Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981**. Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências. Disponível em:<https://www.planalto.gov.br/CCivil_03/Leis/L6902.htm>. Acesso em: 06 jan. 2021.
- BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm>. Acesso em: 06 jan. 2021.
- BROWN, M.; LOWE, D. G. Recognising Panoramas. *In: 9th IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV 2003)*, p. 14-17, Nice-França, 2003.
- BROWN, M.; LOWE, D. G. Automatic Panoramic Image Stitching using Invariant Features. **International Journal of Computer Vision**, v. 74, p. 59-73, 2007.
- BRUNO, F.; LAGUDI, A.; BARBIERI, L.; COZZA, M.; COZZA, A.; PELUSO, R.; PETRIAGGI, B. D.; PETRIAGGI, R.; RIZVIC, S.; SKARLATOS, D. Virtual tour in the sunken “villa con ingresso a protiro” within the underwater archaeological park of baiae. **Isprs - International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences**, Limassol, v. XLII-2/W10, p. 45-51, 2019.
- BUDI, R. B. N.; WENAS, M. B. Perancangan Virtual Tour Kampus I UKSW sebagai Media Informasi Mahasiswa Baru. **Andharupa: Jurnal Desain Komunikasi Visual & Multimedia**, Salatiga, v. 4, n. 01, p. 51-65, 2018.

BURDEA, G. C.; COIFFET, P. **Virtual reality technology**. Second Edition. John Wiley & Sons, 2003.

BURT, P. J.; ADELSON, E. H. A Multiresolution Spline With Application to Image Mosaics. **ACM Transactions on Graphics**, v. 2, n. 4, p. 217-236, 1983.

CABOT, J. A Content Management System to Democratize Publishing. **IEEE Software**, v. 35, p. 89-92, 2018.

CABRAL, T. C. **No parque com a Terceira Idade: O papel do espaço público como suporte ao envelhecimento ativo**. 2020, 274f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília, 2020a.

CABRAL, T. C. Análise da Inclusão Social dos Idosos nos parques Urbanos: A importância da academia ao ar livre para os idosos frequentadores dos parques. *In: XII SIIU: Seminário Internacional de Investigação em Urbanismo*, São Paulo, 2020b.

CAMPOS, M. B.; GARCIA, A. M.; JUNIOR, J. M.; HONKAVAARA, E. Geometric model and Assessment of a dual-fisheye imaging system. **The Photogrammetric Record**, v. 33, n. 162, p. 243–263, 2018.

CEZARINO, A. B.; MENEGAT, R. Reserva da Biosfera do Cerrado no Distrito Federal: Zona de ação pela sustentabilidade. **Ciência & Trópico**, Recife, v. 42, n. 2, p.29-52, 2018.

CHANG, J. H. An introduction to using QR codes in scholarly Journals. **Science Editing**, v. 1, n. 2, p. 113-117, 2014.

CHEN, S. E. QuickTime® VR: an image-based approach to virtual environment navigation. **SIGGRAPH '95: Proceedings of the 22nd annual conference on Computer graphics and interactive techniques**. p. 29-38, 1995. <https://doi.org/10.1145/218380.218395>.

CHIBUNICHEV, A. G.; GOVOROV, A. V.; CHERNYSHEV, V. E. Research of a camera calibration using series of images with common center of projection. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. XLII-2/W18, Strasbourg-França, 2019.

CIPOLI, P. O que é DNS? **Canaltech**. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/internet/o-que-e-dns>> Acesso em: 06 jul. 2021.

DENARDIN, L.; MANZANO, R. C. Desenvolvimento, utilização e avaliação da realidade aumentada em aulas de física. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 15, n. 2, 2017. <https://doi.org/10.22456/1679-1916.79258>

DISTRITO FEDERAL. **Decreto nº 38.368 de 26 de julho de 2017**. Dispõe sobre a recategorização do Parque dos Jequitibás situado na Região Administrativa de Sobradinho como parque ecológico. Disponível em:< http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/93e8097d3ef64832ae7fc5be9a0be73b/Decreto_38368_26_07_2017.html>. Acesso em: 08 jan. 2021.

DISTRITO FEDERAL. Instituto Brasília Ambiental - IBRAM. Parecer Técnico nº 500.000.001/2014 – Sugap/Ibram. **Recategorização das Unidades de Conservação do Distrito Federal**, Brasília: Superintendência de Gestão de Áreas Protegidas, 2 dez. 2014.

Disponível em: <http://www.ibram.df.gov.br/images/Arquivos%20site/1.Parecer%20Final%20Recategorizacao.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2021.

DISTRITO FEDERAL. **Lei Complementar nº 827, de 22 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 279, I, III, IV, XIV, XVI, XIX, XXI, XXII, e o art. 281 da Lei Orgânica do Distrito Federal, instituindo o Sistema Distrital de Unidades de Conservação da Natureza – SDUC, e dá outras providências. Disponível em: <http://legislacao.cl.df.gov.br/Legislacao/consultaTextoLeiParaNormaJuridicaNJUR-193856!buscarTextoLeiParaNormaJuridicaNJUR.action>. Acesso em: 08 jan. 2021.

DOMINGUES, D. Realidade Virtual e a Imersão em Caves. **Conexão - Comunicação e Cultura (UCS)**, v. 3, n. 6, p. 35-50, 2004.

EXAMTHEMES. **A Panoramic made from a series of six Daguerreotypes 1853**. 2011. Disponível em <https://examthemes.blogspot.com/2011/11/adorn-decorate-and-embellish-panoramic.html> Acesso em: 09 fev. 2021.

FANGI, G.; NARDINOCCHI, C. Photogrammetric Processing of Spherical Panoramas. **The Photogrammetric Record**, v. 28, n. 143, p. 293–311, 2013.

FANOTEC. **Fanotec Panoramic Equipment - High Resolution Photography**. Disponível em <https://www.fanotec.com/> Acesso em: 08 fev. 2021.

FAUSTINO, F. J. S.; XAXIER, T. K. D.; FERREIRA, A. I. S. Plataforma Web para Fotointerpretação de Imagens Panorâmicas Aéreas e Terrestres. **Geoambiente On-Line**, v. 35, p. 203–217, 2019. <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i35.55817>

FERNANDES, R. S.; SOUZA, V. J.; PELISSARI, V. B.; FERNANDES, S. T. Uso da percepção ambiental como instrumento de gestão em aplicações ligadas às áreas educacional, social e ambiental. **Rede Brasileira de Centros de Educação Ambiental**. Rede CEAS, 2009. Disponível em: http://www.redeceas.esalq.usp.br/noticias/Percepcao_Ambiental.pdf Acesso em: 30 dez. 2021.

FERREIRA, C. R. T. **Avaliação da degradação ambiental urbana através da percepção ambiental: O caso do alto da bacia do limoeiro, presidente Prudente, SP**. 2001, 124f. Dissertação (Mestrado em Geociências e meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente da Universidade de Presidente Prudente. SP. 2001.

FRAGULIS, G. F.; LAZARIDIS, L.; PAPATSIMOULI, M.; SKORDAS, I. A. O.D.E.S. - An Online Dynamic Examination System based on a CMS Wordpress plugin. 2018. Disponível em <https://arxiv.org/pdf/1805.05426>. Acesso em: 16 fev. 2021.

GANEM, R. S.; LEAL, Z. D. M. **Parques do Distrito Federal**. Brasília, DF: Câmara Legislativa do Distrito Federal, 2000. 127p.

GODOY, V. F.; MOURA, A. P. M.; MENEZES, P. M. L. A Cartografia Digital e Navegação Virtual na Promoção do Usuário como Agente Central na Produção da Representação do Espaço. **Revista Brasileira de Cartografia** v. 62, n. 04, 2010.

GODOY, V. F. **Paisagem cultural do centro do Rio de Janeiro - identificação, caracterização e representação do olhar da comunidade com o apoio da cartografia e da**

navegação virtual. 2011. 152f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

GOLDSMITH, J. Extreme digital photographic imaging and animation for site documentation of Wolfe Creek Meteorite Crater. **Report submission to the CISRA Extreme Imaging competition 2011**, p. 1-10, 2011. Disponível em: <http://uwa.edu.au/__data/assets/pdf_file/0011/1879787/Extreme-Imaging-2011-John-Goldsmith-PDF.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2021.

GOOGLE. **O que é o Google Street View?** Disponível em <<https://www.google.com/intl/pt-BR/streetview/>> Acesso em: 04 fev. 2021.

GOPRO. Here is Odissey. 2016. Disponível em <<https://gopro.com/pt/br/news/here-is-odyssey>>. Acesso em: 15 fev. 2021.

HDRLAB. **Panorama Calculator How many images are needed to shoot a panorama?** Disponível em <hdrlabs.com/tools/panocalc.html> Acesso em: 17 fev. 2021.

HERNANDEZ-LOPEZ, F. J.; TREJO-SÁNCHEZ, J. A.; RIVERA, M. Panorama construction using binary trees. **Signal, Image and Video Processing**, v. 14, p. 839-846, 2020.

HILLS, M. Navigating in the wordpress plugin landscape. *In: 24th International Conference on Program Comprehension (ICPC)*, p. 1-10, 2016. DOI: 10.1109/ICPC.2016.7503709.

HIRAGA, A. K.; SILVA, F. A.; ARTERO, A. O. Algoritmos para construção de panorama de imagens 360° e visualização. **Colloquium Exactarum**, Presidente Prudente, v. 5, n. 1, p. 12-25, 2013.

HO, T.; BUDAGAVI, M. Dual-Fisheye Lens Stitching for 360-degree Imaging. **IEEE. International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP 2017)**, p. 5-9, 2017.

HOU, Ming. User experience with alignment of real and virtual objects in a stereoscopic augmented reality interface. *In: Proceedings of the 2001 conference of the centre for Advanced Studies on Collaborative research*. IBM Press, 2001. p. 6.

INSTA360. **Insta360 One R Twin Edition**. Disponível em <https://www.insta360.com/product/insta360-oner_twin-edition>. Acesso em: 16 fev. 2021.

IPPOLITI, E.; CALVANO, M.; MORES, L. 2.5D/3D Models for the enhancement of architectural-urban heritage. An Virtual Tour of design of the Fascist headquarters in Littoria. **Isprs Annals Of Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences**, Riva del Garda, v. -5, p. 189-196, 2014.

JIN, X.; KIM, J. Artwork Identification for 360-Degree Panoramic Images Using Polyhedron-Based Rectilinear Projection and Keypoint Shapes. **Applied Sciences**, Seul, v. 7, n. 5, p. 528-552, 2017.

JOHNSON, B. G. Recommendations for a system to photograph core segments and create stitched images of complete cores. **J Paleolimnol**, v. 53, p. 437-444, 2015.

KANG, S. B.; WEISS, R. Characterization of Errors in Compositing Panoramic Images. **Computer Vision and Image Understanding**, v. 73, n 2, p. 269-280, 1999.

KOEHL, M.; SCHNEIDER, A.; FRITSCH, E.; FRITSCH, F.; RACHEDI, A.; GUILLEMIN, S. Documentation of historical building via virtual tour: the complex building of baths in strasbourg. **Isprs - International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences**, Estrasburgo, v. XL-5/W2, p. 385-390, 2013.

LEE, H.; CHOE, O. An efficient parameter update method of 360-degree VR image model. **International Journal of Engineering Business Management**, v. 11, p. 1-14, 2019.

LIAO, K.-C.; LEE, W.-H. A novel user authentication scheme based on *QR-Code*. **J. Networks**, p. 937-941, 2010.

LONGEN, A. S. Como Criar Um Site – Guia Completo. **Hostinger**, 2021. Disponível em: <<https://www.hostinger.com.br/tutoriais/tutoriais/como-criar-um-site-passo-a-passo>>. Acesso em: 28 jun. 2021

LOWE, D. Object Recognition from Local ScaleInvariant Features. *In: Proceedings of the International Conference on Computer Vision*, p. 1150–1157, Corfu-Grécia, 1999.

MA, B. *et al.* Use of Autostitch for automatic stitching of microscope images. **Micron**, v. 38, p. 492-499, 2007.

MAAS, H.-G. Close-range photogrammetry sensors. Chapter 5 in *Advances in Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science* (Eds. Z. Li, J. Chen & E. Balsavias), p. 63-72, Nova Iorque, 2008.

MAH, O. B. P.; YAN, Y.; TAN, J. Y.; TAN, Y.; TAY, G. Q. Y.; CHIAM, D. J.; WANG, Y.; DEAN, K.; FENG, C. Generating a virtual tour for the preservation of the (in)tangible cultural heritage of Tampines Chinese Temple in Singapore. **Journal Of Cultural Heritage**, Singapura, v. 39, p. 202-211, 2019.

MAÍCAS, J. M.; VIÑALS, M. J. Design of a virtual tour for the enhancement of Llíria's architectural and urban heritage and its surroundings. **Virtual Archaeology Review**, Valência, v. 8, n. 17, p. 42-48, 2017.

MEDEIROS, W. **Laboratório de Fotografia**. 1ª Edição. Fortaleza: Editora da Universidade Estadual do Ceará, 2019. Disponível em:<<https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/432727/2/Livro%20Laborat%C3%B3rio%20de%20Fotografia.pdf>> Acesso em: 31 ago. 2021.

MELO, I. B. N.; OLIVEIRA, L. Levantamento sobre percepção ambiental e tecnologia com professores universitários. *In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE GEOGRAFIA, PERCEPÇÃO E COGNIÇÃO DO MEIO AMBIENTE*, 2005, Londrina. **Anais...** Londrina: SINPEC, 2005.

MILGRAM, P. *et al.* Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *In: Telemanipulator and telepresence technologies. International Society for Optics and Photonics*, 1995. p. 282-292.

MV 360 Tour. *In: Codecanyon*. Disponível em <https://codecanyon.net/item/mv-360-tour/22434297>. Acesso em: 16 out. 2020.

NAPOLITANO, R. K.; DOUGLAS, I. P.; GARLOCK, M. E.; GLISIC, B. Virtual tour environment of cuba's national school of art. **Isprs - International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences**, Ottawa, v. XLII-2/W5, p. 547-551, 2017.

NETTO, A. V.; MACHADO, L. S.; OLIVEIRA, M. C. F. Realidade Virtual - Definições, Dispositivos e Aplicações. **REIC - Revista Eletrônica de Iniciação Científica**, v. 2, n. 1, p. 1-29, 2002.

OHBUCHI, E.; HANAIZUMI, H.; HOCK, L. A. Barcode readers using the camera device in mobile phones. **International Conference on Cyberworlds**, p. 260-265, 2014.

ONU – Organização das Nações Unidas. **United Nations Sustainable Development - 17 Goals to Transform Our World**. Disponível em: <<https://www.un.org/sustainabledevelopment>>. Acesso em: 12 fev. 2021.

PANO2VR. **Pano2VR - Virtual Tour Software - Garden Gnome**. Disponível em <<https://ggnome.com/pano2vr/>> Acesso em: 09 dez. 2020.

PANOSOCIETY. **Kolor Autopano Giga**. Disponível em <<https://panosociety.com/products/kolor-autopano-giga>> Acesso em: 07 fev. 2021.

PANTELIDIS, V. S. Reasons to use virtual reality in education and training courses and a model to determine when to use virtual reality. **Themes in Science and Technology Education** V. 2, n 1-2, p. 59-70, 2009.

PASSOS, G. A. G. **A Utilização dos Acervos Físicos e Digitais da Coleção Entomológica do Instituto Oswaldo Cruz no Ensino de Ciências: a elaboração e aplicação de um tour virtual**. 2019, 95f. Dissertação (Mestrado em Educação). Centro de Ciências Humanas e Sociais da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

PLEYERS, G.; PONCIN, I. Non-immersive virtual reality technologies in real estate: How customer experience drives attitudes toward properties and the service provider. **Journal of Retailing and Consumer Services**, v. 57, 2020.

PTGUI. **Photo stitching software 360 degree Panorama image software**. Disponível em <<https://www.ptgui.com/>>. Acesso em: 12 Jan. 2021.

QR CODE GENERATOR. **QR Code Generator – create QR codes for free (Logo, T-Shirt, vCard, EPS)**. Disponível em <<https://goqr.me/>> Acesso em: 21 fev 2021.

QUINTAS, A.; SILVA, F.; DOMINGUES, L.; COSTA, C. **Manual de Fotografia Digital**. Núcleo de Estágio de Informática da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. 2008. Disponível em:< <https://fauufpa.files.wordpress.com/2012/03/manual-de-fotografia-digital.pdf>> Acesso em: 01 set. 2021.

SHELTON, B.; HEDLEY, N. Using augmented reality for teaching Earth-sun relationships to undergraduate geography students. **1st IEEE International Augmented Reality Toolkit Workshop**. Darmestádio, Alemanha, 2002.

SILVA, J. R.; ANDRADE SILVA, C. F.; FARIA, E.; GOULART, A. C. A. F. Navegação virtual: Conhecendo o IFMG campus Ouro Preto-MG. *In: Simpósio Brasileiro de*

Sensoriamento Remoto - SBSR, 17, 2015, João Pessoa. Anais... São José dos Campos: INPE, 2015. p. 3275-3280. Disponível em: <<http://marte2.sid.inpe.br/rep/sid.inpe.br/marte2/2015/06.15.15.25>>, Acesso em: 13 Mar 2021.

SILVA, L. C. **Método robusto para a calibração de câmeras em estereofotogrametria**. 2003, 117f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

SILVA, A. B.; NASCIMENTO, M. A.; RAMALHO, M. F. J. L. A percepção ambiental enquanto ferramenta para pensar o meio no ensino de geografia. **Revista GEOgrafias**, Belo Horizonte, v.29, n.1, 2021

SONG, H. *et al.* Comparison of mosaicking techniques for airborne images from consumer-grade cameras. **Journal of Applied Remote Sensing**. v. 10, n. 1, 2016.

SOUZA, L. R. **A Gestão das Unidades de Conservação do Distrito Federal**. 2017. 143f. Dissertação (Mestrado em Direito) - Centro Universitário de Brasília (UniCEUB), Brasília, 2017.

SOUZA, L. R.; LEUZINGER, M. D.; SANTANA, P. C. 10 anos do Sistema Distrital de Unidades de Conservação da Natureza: Avanços e Retrocessos. **Revista de Direito e Sustentabilidade**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 16-36, 2020.

SPIELMANN, N.; MANTONAKIS, A. In virtuo: How user-driven interactivity in virtual tours leads to attitude. **Journal of Business Research**, v. 88, p. 255-264, 2018.

SZELISKI, R.; SHUM, H.-Y. Creating full view panoramic image mosaics and environment maps. *In: SIGGRAPH '97: Proceedings of the 24th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, p. 251-258, 1997.

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOUTO, R. (Editores). **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Belém: Livro do Pré-Simpósio – VII Symposium on Virtual Reality, 2006. Disponível em <https://pcs.usp.br/interlab/wp-content/uploads/sites/21/2018/01/Fundamentos_e_Tecnologia_de_Realidade_Virtual_e_Aumentada-v22-11-06.pdf> Acesso em: 09 out. 2020.

TSAN HU, O. R. **Contribuições ao desenvolvimento de um sistema de telepresença por meio da aquisição, transmissão e projeção em ambientes imersivos de vídeos panorâmicos**. 2006, 128f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

TUNG, N. D. *et al.* Spherical Photography and Virtual Tours for Crime Evidence in New Zealand Courtrooms. **Journal of Forensic Sciences**, v. 60, n. 3, p. 753-758, 2015.

USP: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. A Caverna Digital. Disponível em <<http://www.lsi.usp.br/~caverna>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

VASS, G. **Digital Landscaping**. Disponível em <http://www.vassg.hu/pdf/cgw_panorama_edited.pdf>. Acesso em: 12 maio 2021.

VIERO, E. **Os 3 pilares da fotografia**. Eduardo & Mônica: Dicas e Tutoriais, Fotografia. 2018. Disponível em: <<https://www.eduardo-monica.com/new-blog/iso-velocidade-abertura-exposicao-fotografia>> Acesso em: 26 ago. 2021.

VIMAL KUMAR, V.; SANKAR, D. Creating Library Website Using Open Source Content Management System. *In: EMPI Digital Library Conference*, Nova Deli – Índia, 2007.

WAHBEH, W.; NARDINOCCHI, C.: Toward the interactive Modelling applied to Ponte Rotto in Rome. *In: Nexus 2014: Relationships Between Architecture and Mathematics*, p. 9–12, 2014

WONDERSHARE. **How to Create 360 Degree Photos/Images with Fisheye Lens**. Disponível em: <<https://filmora.wondershare.com/virtual-reality/create-360-video-with-fisheye-lens.html>> Acesso em: 17 fev. 2021.

WRÓŻYŃSKI, R.; PYSZNY, K.; SOJKA, M. Quantitative Landscape Assessment Using LiDAR and Rendered 360° Panoramic Images. **Remote Sensing**, Posnânia, v. 12, p. 386-404, 2020.

ZENG, L.; ZHANG, S.; ZHANG, J.; ZHANG, Y. Dynamic image mosaic via SIFT and dynamic programming. **Machine Vision and Applications**, v. 25, p. 1271-1282, 2014.

ZORZIN, F. M. *et al.* Análise da qualidade da água do Ribeirão Sobradinho – contaminação ambiental e qualidade de vida, Distrito Federal, 2011. **Revista Tempus - Actas de Saúde Coletiva**, v. 5, n. 4, p. 107-118, 2011. Disponível em: <<http://www.tempusactas.unb.br/index.php/tempus/article/view/1061/978>>. Acesso em: 23 abr. 2021.

APÊNDICE A - Locais em que os QR-Codes foram implantados

Descrição do local	Vista Geral	Foco no QR-Code
Pergolado		
Sede		
Plantas ornamentais (Dracena)		
Entrada de trilha 1		

<p>Entrada de trilha 2</p>		
<p>Anfiteatro</p>		
<p>Plantas ornamentais (Caniço-malhado)</p>		
<p>Jequitibá</p>		

<p>Parquinho Infantil</p>		
<p>Pista de Skate</p>		