

# FOTOGRAMETRIA E CATÁLOGOS DIGITAIS DE ESCULTURAS E OUTROS MARCOS URBANOS: RECURSOS PARA CIBERCULTURA MUSEAL

*PHOTOGRAMMETRY AND DIGITAL CATALOGS OF SCULPTURES AND OTHER URBAN LANDMARKS: RESOURCES FOR MUSEUM CYBERCULTURE*

Leandro dos Santos Magalhães<sup>1</sup>, Renato Cesar Ferreira de Souza<sup>1</sup>

## RESUMO:

Este artigo aborda aspectos de um acervo digital e, posteriormente, um catálogo digital de esculturas e outros marcos presentes na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. São ressaltados como métodos centrais a tecnologia, *Structure from Motion* - SfM, como meio de obtenção dos modelos geométricos, sua disponibilização em meios digitais para a fruição destes bens culturais, a constituição de uma biblioteca para impressão 3D de réplicas, a construção de um catálogo para a organização, a comunicação e a exibição do acervo constituído. As ações analisadas estão nos contextos do projeto extensionista *Monumento Digital 120* e, posteriormente, no projeto *Marcos Urbanos: Acervo Digital de Monumentos de Belo Horizonte*. O objetivo deste artigo é que se faça conhecer a exploração dos recursos computacionais abordados para a promoção do patrimônio cultural, estimulando discussões e favorecendo o surgimento de novos projetos enaltecendo elementos da cultura no âmbito digital.

**PALAVRAS-CHAVE:** Patrimônio Cultural; Catálogo digital; Structure from Motion, Impressão 3D.

## ABSTRACT:

This article addresses aspects of a digital collection and, afterwards, a digital catalog of sculptures and other landmarks from the city of Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. It highlights as central methods the technology, *Structure from Motion* - SfM, used to obtain the geometric models, their availability in digital media for the fruition of these cultural goods, the constitution of a library for 3D printing of replicas, the making of a catalog for the organization, communication and exhibition of the constituted collection. The analyzed actions are in the context of the extension project *Monumento Digital 120* and, subsequently, in the project *Marcos Urbanos: Acervo Digital de Monumentos de Belo Horizonte*. The objective of this article is to report on the exploration of such computational resources for the promotion of cultural heritage, stimulating discussions and favoring the emergence of new projects highlighting elements of culture in the digital sphere.

**KEYWORDS:** Cultural heritage; Digital catalog; Structure from Motion; 3D printing.

<sup>1</sup>Escola de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Minas Gerais.

Fonte de Financiamento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Processo 140237/2021-6.

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Submetido em: data de submissão: 27/09/2020  
Aceito em: 17/11/2021

How to cite this article:

MAGALHÃES, L.S.; SOUZA, R.C.F. Fotogrametria e catálogos digitais de esculturas e outros marcos urbanos: recursos para cibercultura museal. Título do Artigo. *Gestão & Tecnologia de Projetos*. São Carlos, v17, n2, 2022. <https://doi.org/10.11606/gtp.v17i2.175164>

## INTRODUÇÃO

A forma mais prática de formatar artigos para publicação na revista *Gestão & Tecnologia de Projetos (GTP)* é utilizar este arquivo modelo para redação ou para colar textos e imagens mantendo a formatação deste arquivo. Você pode usar a opção de colagem *Manter Somente Texto (T)*, conforme destacado na figura abaixo.

A fotogrametria digital vem se consolidando enquanto um recurso popular para a obtenção de modelos geométricos de objetos variados. Munidas de celulares e software adequado, todas as pessoas podem começar suas próprias coleções digitais. A indústria dos telefones planeja incluir nos modelos mais modernos características que podem fortalecer essa tendência, como é o caso da tecnologia LIDAR<sup>i</sup> (GROETELAARS, 2004), presente nos celulares mais recentes.

A referida técnica consiste na obtenção de modelos geométricos digitais a partir de uma sequência de fotos ou Structure from Motion – SfM<sup>ii</sup> (HISTORIC ENGLAND, 2017), e pode ser realizada com equipamentos acessíveis, não necessariamente de última geração, como câmeras fotográficas digitais ou telefones celulares. A criação das nuvens de pontos, a partir das quais são gerados os modelos geométricos texturizados, depende principalmente do desempenho de um algoritmo – função computacional que estabelece correlação entre os mesmos pontos em múltiplas imagens, sendo, então, capaz de posicioná-los espacialmente e, posteriormente, de projetar na superfície digital as mesmas imagens somadas.

O crescimento da tecnologia nas últimas décadas refletiu-se também no campo do patrimônio histórico, tendo sido apropriada por arqueólogos, arquitetos, historiadores e paleontólogos. Estes têm produzido numerosos estudos compartilhando a aplicação da técnica em seus campos de atuação (AGOSTO; BORNAZ, 2017). Assim, constituiu-se um campo específico relacionando processos de digitalização e seus variados usos. Os achados são discutidos em eventos acadêmicos, como a International Conference on Digital Heritage ou a recente ArCo 2020, 1st International Conference on Art Collections (1stArCo): Cultural Heritage, Safety and Digital Innovation.

Quanto ao software, há diversas opções gratuitas ou pagas, todas capazes de entregar bons modelos a partir de suas sequências de imagens. Nas últimas décadas, houve grandes avanços no campo e, por consequência, na oferta de soluções técnicas. Assim, desde o início do emprego dessas técnicas há estudos que apontam fluxos de trabalho possíveis para a digitalização de objetos e de espaços de relevância histórica e cultural com o emprego de software livre (KOUTSOUDIS et al., 2008).

O recente trabalho de Adamopoulos, Rinaudo e Ardissono (2021), por exemplo, traz uma vasta revisão da aplicação de diferentes técnicas de digitalização 3D de bens patrimoniais. O artigo ilumina, inclusive, as sutilezas que diferem fluxos de trabalho considerando tipos variados de dispositivos, programas de computador e acervos patrimoniais, sendo um referencial teórico para tomada de decisões sobre caminhos pertinentes para cada objetivo. Os autores ressaltam, sobretudo, que as possibilidades são mais amplas nos casos em que não há exigência de precisão métrica, mas sim objetivos educacionais e de disseminação de bens culturais.

*To conclude, the combination of smartphone cameras and web-based solutions provides an exciting potential, for applications where metric quality is not the primary concern, such as rapid recording, dissemination for education, or the promotion of cultural heritage for touristic purposes. (ADAMOPOULOS; RINAUDO; ARDISSONO, 2021)*

Por isso, este trabalho, ainda que os apresente, não focará nos programas e suas rotinas para produção dos modelos, mas buscará apresentar uma aplicação coerente e de custos modestos desta técnica com grande potencial, para que se estabeleça como um fluxo de trabalho para a exploração de acervos culturais no ambiente digital (IPPOLITI; MESCHINI; SICURANZA, 2019). Boa parte das ações estudadas chega ao ponto de criar acervos digitais com modelos geométricos de artefatos, sítios arqueológicos e edificações reconhecidos como patrimônio histórico.

O passo seguinte à constituição de um acervo de bens digitais, em analogia à rotina de um museu, é selecioná-los e arranjá-los para conhecimento público, ou criar uma exposição digital. Nesse sentido, podemos nos aprofundar em questões relativas à experiência de conhecer peças do acervo por meio de meios digitais, problematizando aspectos das interfaces e formas de manuseio do conteúdo – assimilando, assim, contornos museais. Dessa forma, deixa de ser suficiente digitalizar e organizar bens culturais e é incorporada a necessidade da sua comunicação e de seu compartilhamento público alinhados à cultura digital.

Assim, este artigo passa pela identificação dos recursos computacionais explorados na construção dos bancos de dados e, posteriormente, em sua exposição virtual, sem percorrer os meandros de sua arquitetura de software. O que importa é a identificação de um recurso fartamente oferecido por estar alinhado a uma política de consumo, bem como sua apropriação enquanto atualização de um meio para a fruição do patrimônio. Esta característica torna acessíveis os meios para a apropriação tecnológica, crucial ao desenvolvimento de projetos similares em uma realidade brasileira. Uma ação como esta pode, assim, ser replicada para acervos em qualquer lugar do país e ser comunicada nacionalmente.

Serão apresentados dois projetos: Monumento Digital 120 (MD120) e Marcos Urbanos: Acervo Digital de Belo Horizonte (MU). Ambos fornecem galerias digitais de esculturas de Belo Horizonte digitalizadas por meio da técnica SfM. A partir a apresentação deles, é objetivo do artigo dar a conhecer a exploração dos recursos computacionais abordados para a promoção do patrimônio cultural, estimulando discussões e favorecendo o surgimento de novos projetos que enaltecem elementos da cultura no âmbito digital.

As ações MD120 e MU vão ao encontro do conceito de “cibercultura museal” proposto por Mello (2013), que prevê o campo dos museus permeado de tecnologias digitais para a exploração de seus acervos, incluindo recursos tridimensionais. Ademais, os projetos são objetos de estudo no âmbito dos museus digitais. Nesse contexto, entende-se que são necessárias ações explorativas para a abordagem de acervos físicos por meio de recursos computacionais. Se uma escultura é um elemento volumétrico, tridimensional, com nuances perceptíveis a partir de vários pontos de observação, uma imagem ou fotografia são incapazes de representá-la em sua totalidade. Ainda que possua limitações, um modelo geométrico texturizado confere mais possibilidades para o conhecimento.

## **METODOLOGIA**

Os artigos finais publicados na revista *Gestão & Tecnologia de projetos* devem formatar suas páginas com Papel tipo Carta, com Margens: Superior 2,5 cm; Inferior 2,0 cm; Interna 2,0 cm; Externa 5,5 cm. Orientação Retrato.

No ano de 2017, por meio do projeto de extensão universitária Monumento Digital 120 – MD120, mais de 70 esculturas, dentre elas bustos, adornos de fachada e marcos da cidade de Belo Horizonte (Minas Gerais, Brasil) foram fotografados dentro dos métodos adequados para que, posteriormente, tivessem sua representação digital obtida via fotogrametria digital.

**Figura 1.** Montagem com representações do Busto de Anita Garibaldi, presente no Parque Municipal Américo Renné Giannetti de Belo Horizonte. Na primeira imagem, a malha poligonal obtida através de fotogrametria (*Structure from Motion*). Na segunda, uma das imagens da sequência.

**Fonte:**

Acervo do projeto Monumento Digital 120.  
Disponível em:  
<https://skfb.ly/6Vs8R>



A exploração de recursos 3D baseados na web não é uma novidade. A difusão das técnicas de digitalização e a possibilidade de seu manuseio e acesso por meio da internet aparecem tanto em galerias genéricas de objetos 3D, quanto em ações mais direcionadas a elementos do patrimônio. Este é o caso do projeto 3D-ICONS (<http://3dicons-project.eu/>), que provê em escala massiva a catalogação e a divulgação de bens materiais da cultura e da história europeias em processo contínuo e colaborativo (GUIDI et al., 2015).

Uma das maiores instituições museais, a Smithsonian <sup>iii</sup> 3D, apresenta-se na internet (<https://3d.si.edu/>) com um acervo digital mais modesto, mas com variabilidade em suas formas de manipulação ou apropriação pelos usuários. É possível baixar arquivos para reprodução 3D, ver elementos do acervo em realidade aumentada, ou simplesmente orbitar em torno de alguns objetos relacionados à exploração espacial.

Em uma proposta de ambições globais, o projeto CyArk (<http://www.cyark.org/>) tem desde 2003 o compromisso de criar, armazenar e compartilhar digitalmente representantes emblemáticos do patrimônio cultural mundial, abrangendo múltiplas categorias de sítios arqueológicos, esculturas, arquitetura e artefatos. O projeto também é um portal de conexão com outras ações correlatas e um bom ponto de partida para o entendimento do estado da arte do meio (UNDERHILL, 2018).

A ação MD120 fora motivada pelo aniversário de 120 anos da capital mineira. Tinha como objetivo tornar pública uma coleção digital de monumentos belorizontinos para fins educacionais e culturais, além de divulgar os métodos para obtenção dos modelos geométricos. O projeto e os resultados obtidos foram apresentados no Encontro Internacional Arquimemória 5 em Salvador (Bahia, Brasil) em novembro de 2017 (MAGALHÃES; CARVALHO, 2017).

Um aspecto peculiar a esta ação é que o foco foi a obtenção de uma maior quantidade de modelos geométricos, e não modelos com alta precisão – o que gerou a necessidade da adaptação das recomendações para fotogrametria (MEDINA, 2002). Em dois dias de campo, foram feitos registros de dezenas de elementos da cidade. Assim, aos tradicionais métodos foram incorporados meios para digitalizações em massa, considerando o planejamento da ida

ao campo com a predefinição de rotas em locais com maior concentração de elementos possíveis de digitalização, sendo as regiões da Pampulha e a Região Centro-Sul de Belo Horizonte as de maior impacto (OLIVEIRA, 2008). Em campo, foram utilizadas duas câmeras digitais e dois celulares para os registros fotográficos. Situações percebidas como dificuldades (como iluminação inadequada ou excesso de ruídos ao redor) foram cobertas por levantamentos redundantes por meio de diferentes equipamentos. O processo também se beneficiou de uma aleatoriedade, já que os elementos foram escolhidos em campo a partir de suas características.

O estabelecimento de uma coleção digital de elementos 3D tem como premissas a possibilidade de manipulação desse tipo de recurso por dispositivos acessíveis (como computadores e tablets) e um fluxo de trabalho enxuto para a digitalização dos elementos. A investigação tecnológica, parte do processo de execução do projeto, culminou na adoção de dois recursos computacionais principais: o software de fotogrametria digital automática Autodesk Recap Photo, usado para a produção dos modelos 3D, e o uso da plataforma on-line Sketchfab, que permite a visualização e a manipulação de formatos de arquivos 3D, bem como o estabelecimento de galerias digitais personalizadas.

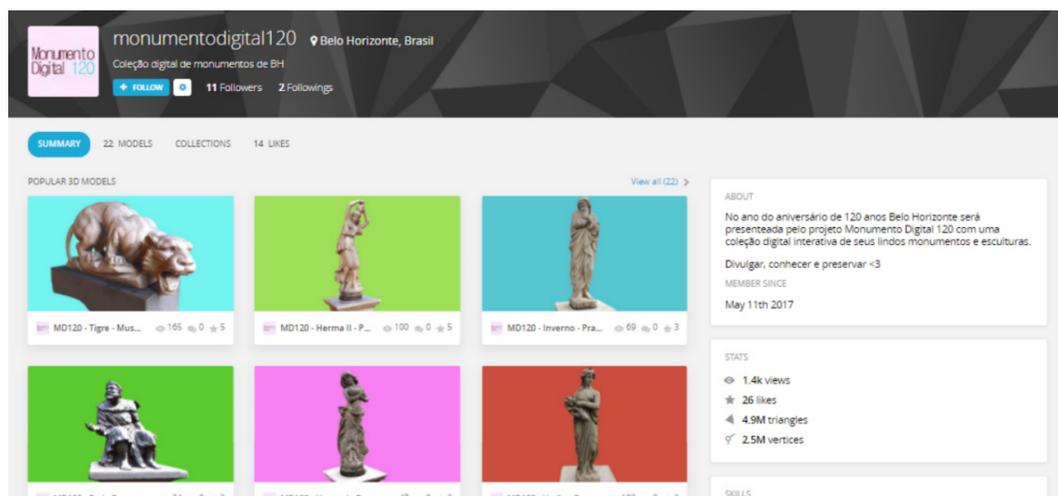


Figura 2. Página inicial da galeria do projeto Monumento Digital 120.

Fonte: Monumento Digital 120.

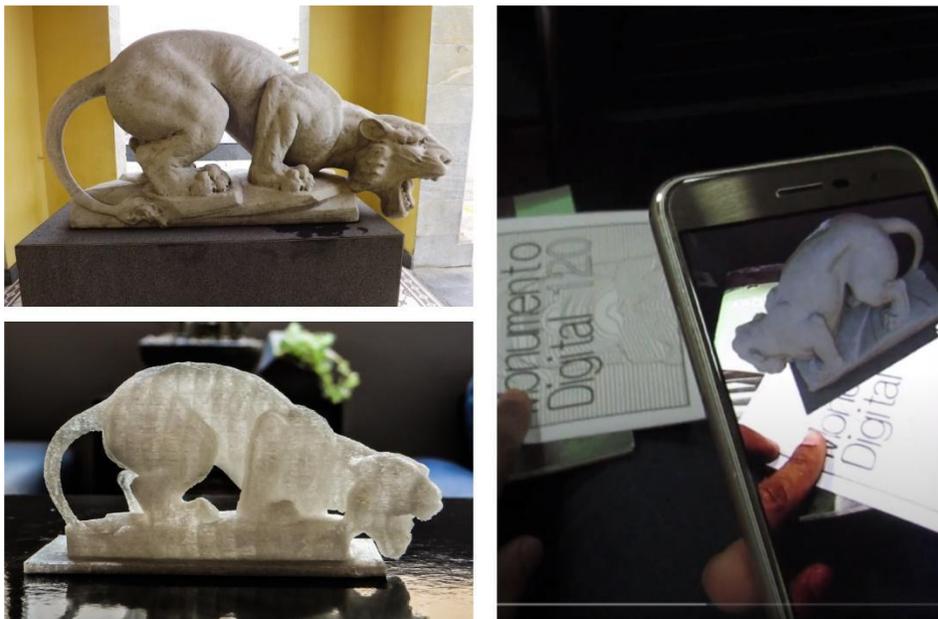
O projeto foi concluído, tendo produzido como resultados principais a disponibilização gratuita de modelos geométricos de esculturas de Belo Horizonte e o estabelecimento de métodos, técnicas e fluxos de trabalho para o colecionismo digital. A coleção segue disponível no site [www.sketchfab.com/monumentodigital120](http://www.sketchfab.com/monumentodigital120). Além do cumprimento dos objetivos estabelecidos inicialmente pelo projeto a partir do acervo constituído, foram feitos testes de impressão 3D das esculturas em tamanho reduzido e um software para a observação de uma escultura em realidade aumentada (RA) – tendências recorrentemente apontadas para a exploração de bens culturais materiais (AMORIM, 2010).

A partir dos resultados e métodos estabelecidos, perceberam-se novas possibilidades à construção de recursos para a promoção de bens culturais materiais em meios digitais. Assim, o projeto Marcos Urbanos: Acervo Digital de Belo Horizonte – MU foi aprovado no Edital 2017, oriundo da Política de Fomento à Cultura Municipal de Belo Horizonte, Lei nº 11.010/2016. A partir da captação dos recursos, o projeto foi desenvolvido e lançado em abril de 2020, estando disponível em [www.marcosurbanos.com.br](http://www.marcosurbanos.com.br). Extrapolando o caráter de coleção digital do MD120, o MU foi submetido ao edital na categoria “Criação e/ou desenvolvimento de banco de dados”, setor “Patrimônio Material/ Memória – Bens Edificados e Naturais”, já delineando

novos objetivos. Foram incorporadas características, como: a criação de uma plataforma própria para a visualização, a disponibilização do acervo de modelos geométricos para download em formato adaptado para impressão 3D, o estabelecimento de um olhar curatorial para a definição dos elementos que seriam abordados, e a disponibilização de informações sobre os itens do acervo. O resultado da ação reforça a necessidade de investimentos das instituições vinculadas ao patrimônio cultural em ações no campo digital (ABRANTES, 2014).

**Figura 3.** À esquerda superior uma fotografia de uma das icônicas esculturas de um dos tigres da Praça da Estação de Belo Horizonte, Brasil. Abaixo dela, sua reprodução em escala reduzida por meio de impressão 3D. À direita, seu uso em recurso de realidade aumentada criado para apresentação em evento científico.

**Fonte:** Desenvolvido pelos autores.



## RESULTADOS

São entendidos como resultados os produtos do projeto Marcos Urbanos, destacados enquanto recursos para a exposição de um acervo digital.

O processo de execução de um projeto naturalmente gera, além dos resultados mensuráveis, percepções apuradas sobre cada procedimento, como a digitalização em massa do MD120. A repetição e a exposição a diferentes situações permitiram, assim, um posicionamento crítico quanto ao método e aos produtos.

Construído a partir do que fora assimilado e de parte do acervo do projeto MD120, Marcos Urbanos oferecia a construção de um instrumento para o enaltecimento, o conhecimento e a fruição do patrimônio cultural da cidade. Hoje, o projeto apresenta um catálogo dinâmico de elementos escultóricos de Belo Horizonte. O acervo digital catalogado encontra-se organizado e classificado nas categorias: data, material, regional, tema e tipo. Cada item catalogado apresenta, ainda, o nome, uma descrição, o autor e sua localização. Além de se poder visualizar e conhecer os marcos da cidade, é possível baixar um arquivo STL para a reprodução da escultura em impressoras 3D.

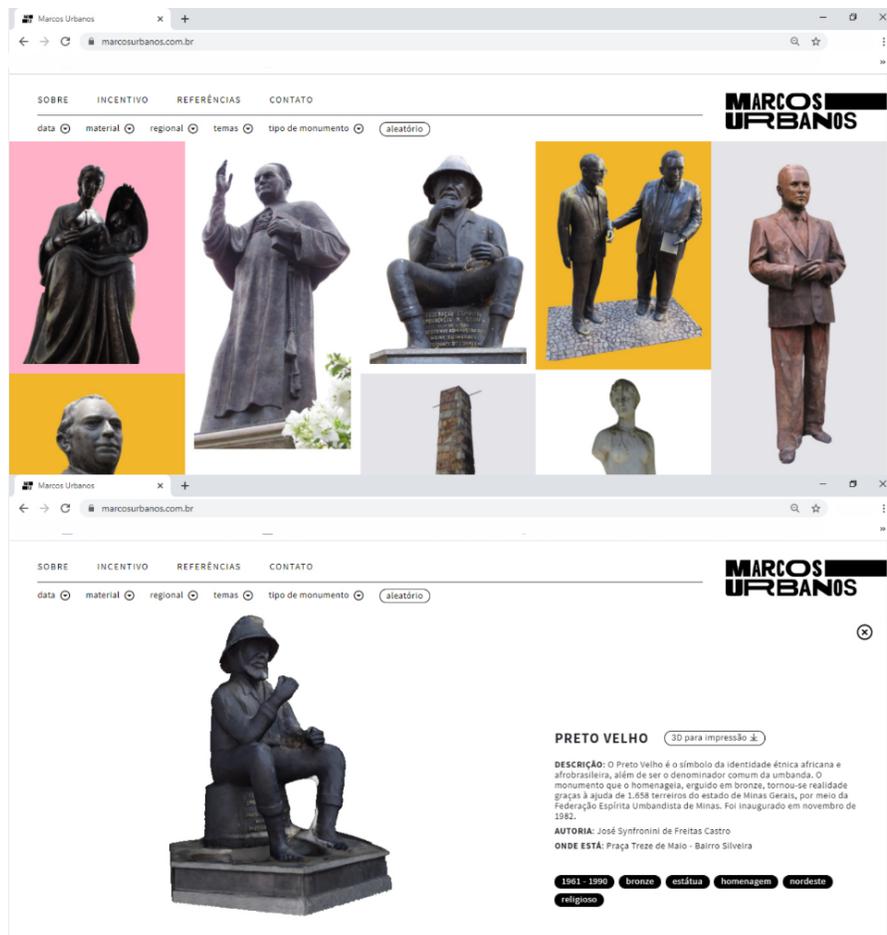


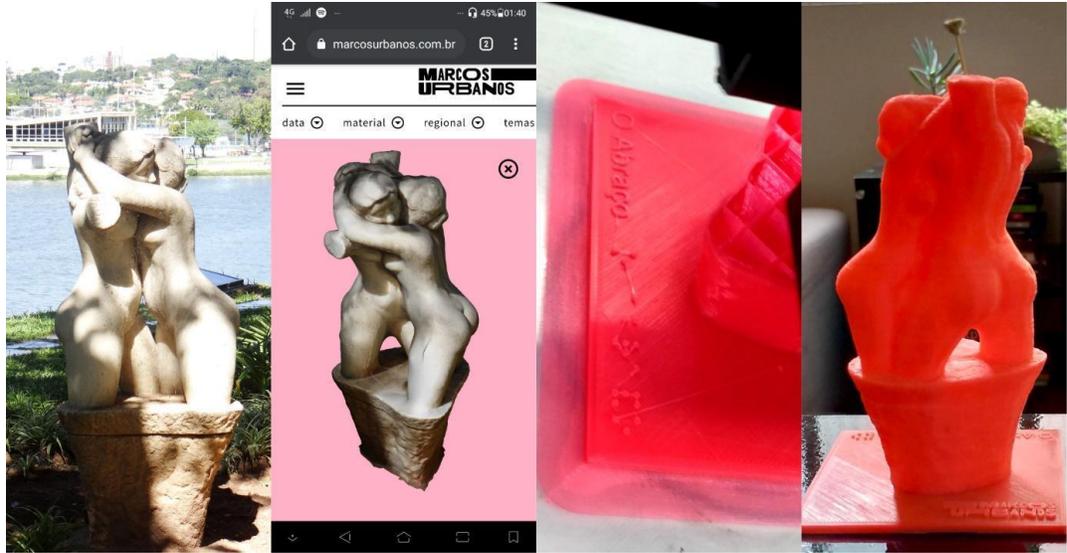
Figura 4. Montagem com sequência de telas do site marcosurbanos.com.br. Na primeira tela, a interface de entrada; na segunda, a tela específica da escultura 'Preto Velho'.

Fonte:  
Marcos Urbanos.

Tanto na elaboração do projeto como uma proposta para o edital quanto na sua execução, houve o engajamento de uma equipe multidisciplinar – fato preponderante para a qualidade do resultado. Se anteriormente apenas um arquiteto e uma estudante de arquitetura e design construíram a coleção do MD120, o MU contou com arquitetos, designers, historiador, museólogo, comunicóloga e programador. O trabalho conjunto permitiu a exploração qualificada de variáveis estabelecidas como objetivos do projeto, como o de se tornar uma referência enquanto instrumento de catalogação de elementos escultóricos. Também foi possível discutir e propor nuances no funcionamento do site – como transições animadas e suaves, ajuste automático a todo formato de tela (propriedade conhecida como design responsivo), entre outras características – a fim de proporcionar uma experiência fluida ao visitante. O acervo digital dos modelos geométricos foi interpretado como o acervo de um museu digital para ser visitado com fins especificamente educacionais, ou mesmo para o deleite em fruir bens culturais.

**Figura 5.** Montagem relatando a escultura 'O Abraço' em 4 momentos, respectivamente: em uma das fotografias da sequência fotogramétrica; na tela do site MU vista em um celular; durante a impressão 3D com foco nos relevos em braille que indicam o nome da peça; na impressão finalizada.

**Fonte:**  
Desenvolvido pelos autores



O projeto apresenta-se em uma interface visual na qual o visitante escolhe a escultura que deseja ver a partir de uma grade de imagens de esculturas destacadas de seus contextos urbanos, calçadas por uma cor. A cada acesso ou atualização de página são exibidas imagens diferentes, aleatórias, para a possibilidade de se encontrar algo não visto anteriormente, proporcionando uma experiência sempre exclusiva. Também é possível fazer filtros cruzando as categorias data, material, regional, temas e tipo de monumento. Ao se clicar em um item, são acessadas informações específicas da escultura, além da sua disponibilização em 3D para manipulação. Na janela de cada bem, há o link para o download de arquivo do tipo STL para impressão 3D. A visualização 3D no navegador é possível por meio do recurso Three.js<sup>iv</sup>, a partir do qual foram desenvolvidas as funções de navegação pelo modelo geométrico no browser. A opção pelo recurso foi construída pela intervenção da equipe multidisciplinar – originalmente, utilizaríamos uma janela de uma plataforma externa. O resultado é visualmente mais limpo, uma vez que a janela não possui limites ou ícones, integrando-se à proposta da identidade visual.

Enquanto o acervo digital do primeiro projeto (MD120) formou-se do resultado de um autêntico flâneur, com câmeras fotográficas gerando registros de 70 bens espalhados pela cidade, a proposta de um catálogo digital tornou preponderante o estabelecimento de critérios para a seleção das esculturas que seriam apresentadas – um processo curatorial. A curadoria dispõe sobre a seleção e o arranjo do que deve ser visto e é, sobretudo, uma necessidade da atualidade, na qual convivemos com um volume absurdo de informações.

*Cada pessoa viva hoje tem 320 vezes mais informação à sua disposição do que em toda biblioteca de Alexandria, o que deixaria Sêneca realmente aflito. Se James Crichton Browne já se preocupava com a sobrecarga de informação em 1860, é difícil ter noção do que ele diria hoje. (BHASKAR, 2020)*

Afinal, apesar da agilidade do método, a execução de um grande volume de modelos geométricos requer uma série de atividades, resultando em uma grande quantidade de horas despendidas nas etapas de: fotografias em campo, organização dos arquivos, seleção, upload, verificação do modelo, tentativa de correção quando necessária, recorte, compilação para arquivo FBX e upload para o catálogo. Nesse sentido, a incorporação de paradigmas do campo da museologia fundamentou a definição dos seguintes parâmetros curatoriais:

**Abrangência territorial** - No primeiro projeto (MD120), o mapa contendo a localização dos bens aponta concentração de esculturas na região Centro-Sul de Belo Horizonte. O próprio edital ao qual o projeto MU foi submetido previa a valorização das ações capazes de demonstrar abrangência territorial dentro do município. Desta maneira, foram levantados monumentos e estabelecido um recorte buscando aumentar a quantidade de regiões representadas. Apenas em uma delas não foram identificados marcos passíveis de digitalização por meio da fotogrametria terrestre.

**Limites tecnológicos** - Conforme introduzido no tópico anterior e amplamente retratado em outro trabalho (MAGALHÃES; CARVALHO, 2017), a escolha da técnica de digitalização geométrica já estabelece um recorte. Adotada a fotogrametria digital, dificilmente são bem capturados objetos muito altos, reflexivos ou brilhantes, muito finos ou em contextos urbanos muito movimentados (KELLEY; WOOD, 2018). Assim, elementos icônicos ainda permanecem fora do catálogo, como é o caso do Pirulito (obelisco) da Praça Sete, envolto de movimento tão constante e com lados tão similares que dificultam o estabelecimento de correspondência entre pontos pelo algoritmo. A estátua de Tiradentes, na esquina entre as Avenidas Afonso Pena e Brasil, tem grandes proporções e também está em um contexto urbano intenso. Quando iniciamos as fotografias, as sombras estavam em uma posição completamente diferente da última foto tirada, dada a dificuldade em fotografar e atravessar as avenidas com agilidade. Artistas que marcam a paisagem da capital mineira, como Ricardo Carvão e Amilcar de Castro, possuem obras com características gerais que não favorecem a aplicação da fotogrametria digital.

**Disponibilidade de informações** - No primeiro projeto (MD120), ao nos aproximarmos da estátua Pampulha, no Museu de Arte, deparamo-nos com uma intervenção anônima em um poste de concreto: a representação de um peixe colorido e em relevo (<https://skfb.ly/6sxHB>). No caso do segundo projeto (MU), realizamos profunda pesquisa nos arquivos da Belotur<sup>v</sup> e em livros, a fim de identificar informações acerca dos monumentos. Assim, foram estabelecidos parâmetros comuns para a classificação dos elementos do catálogo. A falta de informações, como no caso do 'Peixe no Poste', impediu a catalogação do item.

**Diversidade** - Percebemos que grande parte dos marcos urbanos disponíveis na cidade são bustos de homens. Uma coleção de bustos masculinos seria um tanto monótona. Por isso, houve um esforço em identificar elementos de tipos diferentes, tanto quanto à temática como às formas e aos estilos.



**Figura 6.** Montagem contendo, à esquerda, fotografia de uma intervenção anônima sobre poste e, à direita, seu modelo geométrico com a sobreposição das visões texturizadas e wireframe disponível na galeria do projeto MD120 no Sketchfab.

**Fonte:**  
Desenvolvido pelos autores.

## DISCUSSÃO

Em 2012, discutindo a ideia de uma “cibercultura museal”, que aborda formas para a digitalização e a disponibilização de acervos em meios digitais, Mello (2013) discorre sobre elementos-chave do processo de construção do catálogo Marcos Urbanos, a ser lançado oito anos depois.

*Embora a pós-modernidade abra essa gama de possibilidades informativas, para que as mesmas sejam utilizadas de modo formativo na promoção de uma educação patrimonial, projetos de extensão tecnológica para o manuseio desses instrumentos devem ser elaborados e efetivados junto aos professores das várias disciplinas e segmentos em escolas e universidades públicas e privadas. Afinal, o ato de colocar um objeto em frente ao observador não garante uma adequada fruição de sua mensagem. É necessário um planejamento sobre a escolha do objeto, seu caráter simbólico, sua disposição no espaço e a forma como as informações a ele vinculadas podem ser transmitidas de modo inteligível. (MELLO, 2013)*

O trecho acima revela a necessidade de incorporação, nos projetos digitais e cibernéticos, de conceitos usualmente aplicados em recursos museográficos que não se limitam a dispor objetos no espaço, mas sim conectá-los por meio de uma narrativa e arranjá-los para a melhor comunicação, iluminando seus simbolismos e feições culturais. O ato de selecionar elementos de um acervo e arranjá-los para exibição pública é a curadoria (BHASKAR, 2020).

Os projetos abordados (MD120 e MU) são, sobretudo, ações a partir de produtos de ligações entre recursos alinhados a uma política de consumo. Estão disponíveis para uso câmeras, celulares, softwares, aplicativos e até mesmo recursos RA, já naturalizados. Destarte, cabe às disciplinas que exploram bens culturais materiais uma ação simultaneamente voraz e cautelosa. Voraz, pela necessidade de se adaptar à velocidade do surgimento das possibilidades tecnológicas. Cautelosa, por reconhecer que, da mesma maneira como surgem tantos recursos, muitos se tornam obsoletos (VERDANI, 2019).

Houve um momento em que o Google Earth fomentou a modelagem das cidades a partir de contribuições individuais, edificação por edificação, reconstruída digitalmente. Pouco tempo depois, tornou-se possível orbitar pelas cidades do mundo em modelos 3D oriundos de LIDAR, fotogrametria aérea. Nessa mudança tecnológica, toda a rotina de colecionismo digital de edifícios foi desfeita. Assim, não será diferente o destino deste ou de outro catálogo similar. É provável que em breve seja possível substituir modelos gerados por fotografias por outro que conte com a tecnologia LIDAR, já presente em modelos de celulares e tablets modernos. Ademais, é possível uma melhoria do algoritmo de fotogrametria digital, obtendo-se resultados mais completos com os mesmos dados utilizados atualmente.

Por isso, é importante que o campo do patrimônio seja permeado de forma permanente pelo campo da tecnologia, uma vez que digitalizar é também uma ação de preservação (DODEBEL, 2007). Devem ser construídas pontes transdisciplinares para que elementos culturais não percam sua relevância ou fiquem sub-representados em um contexto digital. A documentação é inerente ao processo de conhecimento e, inclusive, redundâncias são bem-vindas. As ações devem ser contínuas e atualizadas frequentemente. Certamente, elas podem fazer parte de aulas, jogos e filmes, para o deleite e para o conhecimento. Quando a Catedral de Notre Dame (Paris, França) incendiou-se em 2019, foi a franquía de jogos eletrônicos Assassin's Creed<sup>vi</sup> que doou um modelo 3D com detalhes suficientes para auxiliar nos reparos. Este exemplo é trazido para ilustrar mais uma vez a importância da multidisciplinaridade. O exercício de trabalhar

fora do campo principal do conhecimento, como do arquiteto que se envolve com recursos computacionais, não deve ser solitário.

Este artigo não busca explorar os aspectos específicos e as rotinas dentro dos programas de digitalização geométrica ou do próprio site desenvolvido. Parte-se do princípio de que, em ambos os casos, vale-se do benefício da farta disponibilidade de ferramentas similares. São recorrentes projetos que tecem comparações entre elas (CANUTO; DE MOURA; SALGADO, 2016); igualmente, são recorrentes as conclusões de que, em geral, os programas para digitalização geométrica a partir de fotogrametria terrestre entregam resultados de qualidade semelhante.

É inerente a este pensamento considerar que, ao mesmo tempo em que há o benefício da oferta abundante do recurso computacional, seus produtos não são igualmente perenes, uma vez que estão sujeitos a atualizações e obsolescências. Entre a apresentação do projeto Monumento Digital 120 e sua efetiva execução, o software colocado na proposta para a geração dos modelos geométricos fora descontinuado e substituído por outro. Assim, não devemos construir relações de conhecimento em software específico, mas sim sermos capazes de adequar e atualizar continuamente processos de interpretação digital do patrimônio (VERDIANI, 2019).

Recursos desse tipo atendem objetivos específicos de pesquisadores do campo, mas são principalmente alternativas para o deleite do indivíduo comum em um mundo cada vez mais digital. Se anteriormente já tivemos fotografias de baixa resolução, elas certamente já foram atualizadas para versões melhores, com alta definição. O museu digital deve ser capaz de discutir como proporcionar tal prazer ao fruir um conteúdo cultural fomentando e saciando curiosidades, pela surpresa e pela emoção, tal como o faz um museu em um espaço físico. Simultaneamente, deve ser ele próprio mais um agente na exploração contínua dos recursos digitais, engajando equipes multidisciplinares e instituições.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a construção dos argumentos a seguir, importa destacar as seguintes etapas dos processos abordados neste artigo para a construção dos catálogos digitais apresentados:

1. Obtenção de uma sequência de fotografias em torno do objeto, cobrindo todos os seus pontos (SfM). Pode ser feita com celular ou câmera comum.
2. Organização dos arquivos. Rotinas ordinárias de uso do computador.
3. Submissão dos arquivos em software de fotogrametria (SfM). Há vários, inclusive gratuitos, com resultados similares. Para muitos modelos de celular, há aplicativos.
4. Ajustes nos modelos geométricos (3D).
5. Inclusão no site com recursos do Wordpress<sup>vii</sup>.
6. Navegação em modelo 3D diretamente do navegador por meio de recursos do Threejs.
7. Disponibilização de biblioteca de arquivos STL para impressão 3D ou outros usos.
8. É possível, ainda, compilar um aplicativo de Realidade Aumentada - RA sem escrever uma linha de código ou, da mesma maneira, criar um filtro de RA para interação em uma rede social.

Os elementos destacados acima para a construção de acervos e catálogos digitais fazem parte de um cenário em que estão alinhados a uma política de consumo, tornando o momento oportuno para ações de exploração do campo.

Dada a natureza multidisciplinar dentro do campo da cibercultura museal, a observação das ações mostra que a cooperação entre agentes de diferentes disciplinas e formações no mesmo

projeto impacta positivamente na qualidade do mecanismo proposto para a fruição do patrimônio cultural.

A fotogrametria via SfM atualmente apresenta limites que não a permitem ser o método exclusivo no caso da criação de um catálogo total. Ao mesmo tempo, o fato de demandar recursos e equipamentos de bom alcance entre as pessoas viabiliza propostas de colecionismo digital coletivo e requer capacitação mínima por parte dos interessados.

Os modelos geométricos podem ser derivados para catálogos digitais, impressão 3D, recursos imersivos RA ou RV (realidade virtual), entre outros ainda a serem explorados. A constituição de bibliotecas para amplo acesso a acervos de modelos geométricos pode suscitar experimentos e empregos inéditos no sentido da fruição do patrimônio. As ações mostram potencial para o estabelecimento de museus inteiramente digitais.

Paralelamente aos benefícios da digitalização de bens, é importante lembrar que o recurso faz surgir, simultaneamente, necessidades de manutenção análogas ao que ocorre com o bem original que fora digitalizado: manutenção de sites, backups de arquivos, atualização de formatos, entre outras rotinas para conservação de acervos digitais, conforme conclui Giorgio Verdiani (2019).

Considerando que o projeto MD120 foi desenvolvido apenas por uma dupla formada de um arquiteto e uma estudante de arquitetura, ao passo que o projeto MU foi desenvolvido em um contexto multidisciplinar, fica evidente o quanto é possível avançar não apenas em um, mas em diversos aspectos do projeto somando visões e habilidades complementares.

No entanto, a diferença entre as ações reside na raiz de seus objetivos. A primeira (MD120) foi importante para a constituição de um acervo geométrico digital e sua disponibilização. A segunda (MU) traz um aspecto crucial que lhe confere contornos museais: ao invés de simplesmente exibir o acervo constituído, a ação é direcionada para a experiência do usuário e, por isso, o conteúdo foi primeiramente curado. Em um contexto com abundância de informação, a curadoria (o ato de escolher e arranjar) faz-se cada vez mais presente, inclusive fora dos museus (BHASKAR, 2020). As peças digitais exibidas pelo MU possuem representatividade regional (no contexto da cidade em que estão), variedade tipológica, temática e de gênero. A experiência e a navegabilidade no site são pensadas para o deleite, para que sejam agradáveis. Da mesma maneira que um museu tem em suas estratégias de comunicação a criação de recursos disruptivos para apresentar suas narrativas e acervos no campo digital, também há estratégias para fazê-lo superando a mera constituição de bibliotecas de bens digitais com navegação difícil e pouco investimento em aspectos visuais, a fim de proporcionar uma boa experiência ao usuário.

## ***Referências Bibliográficas***

3D-ICONS. D Digitisation of Icons of European Architectural and Archaeological Heritage [Internet]. c2021. Disponível em: <<http://3dicons-project.eu/>>. Acesso em: 8 jan. 2021.

ABRANTES, Andreza Rigo. **Tecnologias digitais como instrumentos de preservação do patrimônio urbano edificado**. Dissertação de Mestrado. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: < <http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Andreza%20Rigo%20Abrantes.pdf> >. Acesso em: 8 jan. 2021.

ADAMOPOULOS, Efstathios; RINAUDO, Fulvio; ARDISSONO, Liliana. A Critical Comparison of 3D Digitization Techniques for Heritage Objects. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 10,

n. 1, p. 10, 2021. DOI: 10.3390/ijgi10010010. Disponível em: < [https:// www.mdpi.com/2220-9964/10/1/10](https://www.mdpi.com/2220-9964/10/1/10) >. Acesso em: 8 jan. 2021.

AGOSTO, Eros; BORNAZ, Leandro. 3D models in cultural heritage: approaches for their creation and use. **International Journal of Computational Methods in Heritage Science (IJCMHS)**, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2017. DOI: 10.4018/IJCMHS.201701010. Disponível em: <<https://www.igi-global.com/article/3d-models-in-cultural-heritage/178590> >. Acesso em: 8 jan. 2021.

AMORIM, Arivaldo Leão. Patrimônio Virtual e História Digital: essência e representação. A Documentação Digital do Patrimônio Construído: possibilidades e desafios. **Encontro Nacional da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo**, v. 1, p. 1-25, Rio de Janeiro: ANPARQ, 2010. Disponível em: < [http://www .anparq.org.br/dvd-enparq/simposios/170/170-760-2-SP.pdf](http://www.anparq.org.br/dvd-enparq/simposios/170/170-760-2-SP.pdf) >. Acesso em: 8 jan. 2021.

BHASKAR, Michael. **Curadoria: o poder da seleção no mundo do excesso**. São Paulo: Edições Sesc São Paulo, 2020. Acesso em: 8 jan. 2021.

CANUTO, Cristiane Lopes; DE MOURA, Larissa Ribeiro; SALGADO, Mônica Santos. Tecnologias digitais e preservação do patrimônio arquitetônico: explorando alternativas. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 7, n. 4, p. 252-264, 2016. DOI: 10.20396/parc.v7i4.8647456. Disponível em: < [https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/ index.php/parc/article/view/8647456](https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8647456) >. Acesso em: 8 jan. 2021.

CYARK. **Monumental Ideas**: Virtual STEAM Learning on the National Mall [Internet]. Oakland, CyArk & Partners, c2020. Disponível em: < <https://www.cyark.org/> >. Acesso em: 8 jan. 2021.

DODEBEI, Vera Lucia Doyle Louzada de Mattos. Digitalização do patrimônio e organização do conhecimento. **VIII ENANCIB – Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação**. Salvador, 2007. Disponível em: < <http://repositorios.questoesemrede.uff.br/repositorios/handle/123456789/155>>. Acesso em: 8 jan. 2021.

ENGLAND, Historic. Photogrammetric applications for cultural heritage. Guidance for Good Practice. **Swindon. Historic England**, 2017. Disponível em: < [https://historicengland.org .uk/images-books/publications/photogrammetric-applications-for-cultural-heritage/](https://historicengland.org.uk/images-books/publications/photogrammetric-applications-for-cultural-heritage/)>. Acesso em: 8 jan. 2021.

GROETELAARS, Natalie Johanna. **Um estudo da fotogrametria digital na documentação de formas arquitetônicas e urbanas**. Universidade Federal da Bahia. Dissertação de Mestrado. Salvador, 2004. Disponível em: < <https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/12139>>. Acesso em: 8 jan. 2021.

GUIDI, Gabriele et al. Massive 3D digitization of museum contents. In: **Built heritage: Monitoring conservation management**. Springer, Cham, 2015. p. 335-346,. DOI:10.1007/978-3-319-08533-3\_28 ISBN: 978-3-319-08532-6. Disponível em: < [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-08533-3\\_28](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-08533-3_28)>. Acesso em: 8 jan. 2021.

HISTORIC ENGLAND. **Photogrammetric applications for cultural heritage. Guidance for Good Practice**. Swindon. Historic England, 2017. Disponível em: <<https://historicengland.org.uk/images-books/publications/photogrammetric-applications-for-cultural-heritage/>>. Acesso em: 8 jan. 2021.

IPPOLITI, Elena; MESCHINI, Alessandra; SICURANZA, Filippo. Digital photogrammetry and structure from motion for architectural heritage: comparison and integration between procedures. In: **Handbook of Research on Emerging Digital Tools for Architectural Surveying, Modeling, and Representation**. IGI Global, 2015. p. 124-181. DOI:10.4018/978-1-5225-8054-6.ch041. Disponível em: < <https://www.igi-global.com/chapter/digital-photogrammetry-and-structure-from-motion-for-architectural-heritage/133412>>. Acesso em: 8 jan. 2021.

KELLEY, Kate; WOOD, Rachel KL (Ed.). **Digital Imaging of Artefacts: Developments in Methods and Aims**. Archaeopress Publishing Ltd, 2018. Acesso em: 8 jan. 2021.

KOUTSOUDIS, A. et al. A versatile workflow for 3D reconstructions and modelling of cultural heritage sites based on open-source software. **procs of VSMM**, p. 20-25, 2008. Disponível em: <

<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.710.1744&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 8 jan. 2021.

MAGALHÃES, L., CARVALHO, J. Digitalização Tridimensional de Elementos Escultóricos de Espaços Públicos de Belo Horizonte. **Anais Do Encontro Internacional Arquimemória 5 sobre Preservação do Patrimônio Edificado**, Salvador, 2017. Acesso em: 8 jan. 2021.

MARCOS URBANOS. **Marcosurbanos** [Internet]. c2017. Disponível em: <[www.marcosurbanos.com.br](http://www.marcosurbanos.com.br)>. Acesso em: 8 jan. 2021.

MEDINA, Simone da Silva Soria. **Análise de produtos fotogramétricos para cadastramento de monumentos arquitetônicos**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2002. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/40693/T%20-%20SIMONE%20DA%20SILVA%20SORIA%20MEDINA.pdf?sequence=2&isAllowed=y>>. Acesso em: 8 jan. 2021.

MELLO, Janaina Cardoso. Museus e ciberespaço: novas linguagens da comunicação na era digital. **Cultura Histórica & Patrimônio**, v. 1, n. 2, p. 6-29, 2013. Disponível em: <[http://publicacoes.unifal-mg.edu.br/revistas/index.php/cultura\\_historica\\_patrimonio/article/view/01\\_art\\_v1n2](http://publicacoes.unifal-mg.edu.br/revistas/index.php/cultura_historica_patrimonio/article/view/01_art_v1n2)>. Acesso em: 8 jan. 2021.

MONUMENTO DIGITAL 120. **Sketchfab**: Monumento Digital 120 [Internet]. c2020. Página Inicial. Disponível em: <[www.sketchfab.com/monumentodigital120](http://www.sketchfab.com/monumentodigital120)>. Acesso em: 8 jan. 2021.

OLIVEIRA, Péricles, A. M. Monumentos de Belo Horizonte – Minas Gerais. 2008. Disponível em: <[https://issuu.com/domaninet/docs/monumentos\\_de\\_belo\\_horizonte](https://issuu.com/domaninet/docs/monumentos_de_belo_horizonte)>. Acesso em: 8 jan. 2021.

SMITHSONIAN. Smithsonian 3D Digitalization [Internet]. c2021. Disponível em: <<https://3d.si.edu/>>. Acesso em: 8 jan. 2021.

UNDERHILL, Justin. In conversation with CyArk: digital heritage in the 21st century. **International Journal for Digital Art History**, n. 3, 2018. DOI:10.11588/dah.2018.3.49914. Disponível em: <<https://journals.ub.uniheidelberg.de/index.php/dah/article/view/49914>>. Acesso em: 8 jan. 2021.

VERDIANI, Giorgio. Digital survey: from new technology to everyday use, a knowledge path and challenge for scholars. **EGE Revista de Expresión Gráfica en la Edificación**, n. 11, p. 94-105, 2019. DOI: 10.4995/ege.2019.12873. Disponível em: <<https://polipapers.upv.es/index.php/ege/article/view/12873>>. Acesso em: 8 jan. 2021.

## Notas

i LIDAR - “Light Detection and Ranging”. Método capaz de detectar e medir a distância de objetos em um ambiente.

ii SfM - Técnica fotogramétrica para geração de modelo geométrico 3D a partir de uma sequência de imagens bidimensionais – 2D obtidas ao redor do objeto. O observador move-se e o objeto está parado.

iii A Smithsonian Institution (“Instituição Smithsonian”) é uma instituição educacional e de pesquisa associada a um complexo de museus, fundada e administrada pelo governo dos Estados Unidos.

iv Biblioteca JavaScript/API cross-browser usada para criar e mostrar gráficos 3D animados em um navegador web.

v A Empresa Municipal de Turismo de Belo Horizonte S/A.

vi Ubisoft, Ubisoft Montreal, Ubisoft Quebec, Gameloft, MORE.

vii Plataforma de publicação de blogs e sites da internet.

Leandro dos Santos Magalhães  
[leandro@equipeb.com](mailto:leandro@equipeb.com)

Renato Cesar Ferreira de Souza  
[rcesarfs@gmail.com](mailto:rcesarfs@gmail.com)