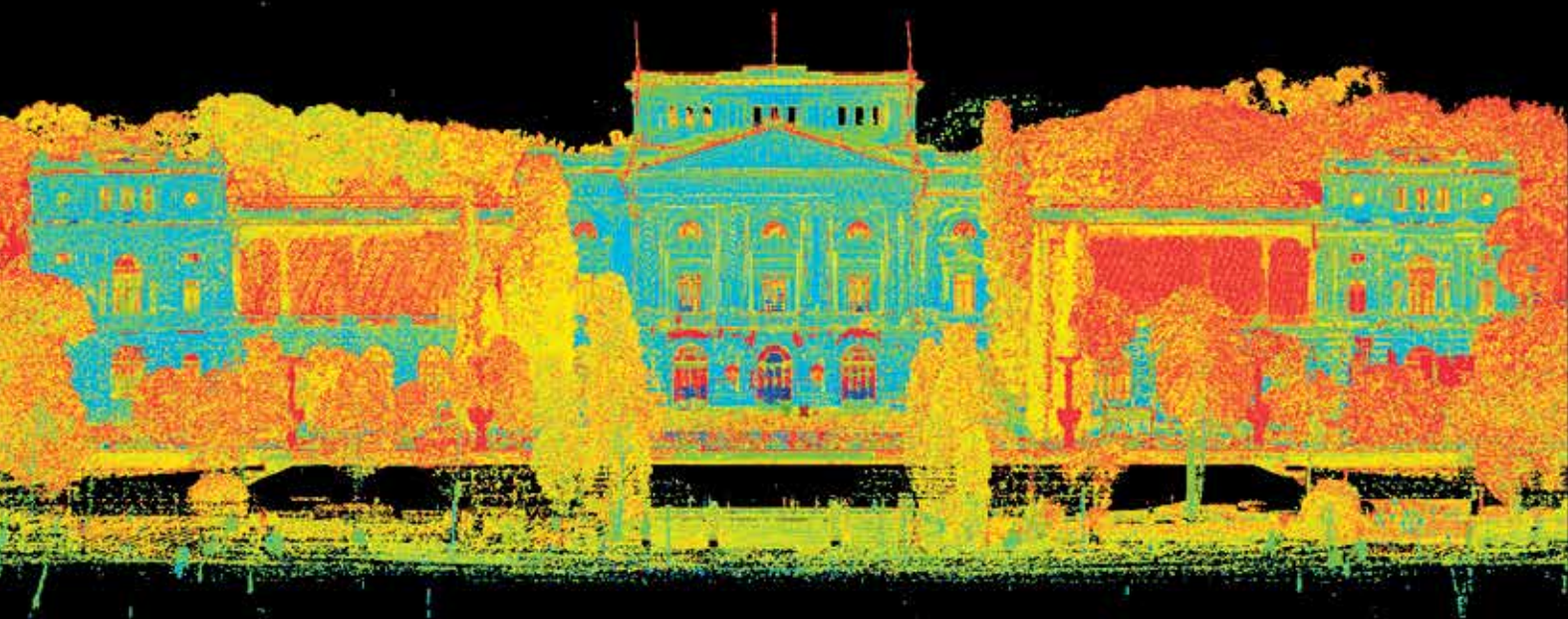


ARQUITETURA E URBANISMO

DIGITALIZAÇÕES DE MONUMENTOS



Apesar de cara, tecnologia de escaneamento a laser pode ser opção valiosa para a preservação do patrimônio histórico e cultural

Frances Jones

Em abril do ano passado, menos de uma semana depois de a catedral Notre-Dame de Paris arder em chamas e perder parte de seu telhado e sua torre central pontiaguda, uma equipe de especialistas em conservação e restauração de monumentos históricos entrou no edifício quase milenar para avaliar a extensão dos estragos. Em apenas um dia, fez-se um mapeamento detalhado do que havia sido destruído e do que ainda restava de pé na igreja, um ícone da arquitetura gótica. Entre os equipamentos utilizados pelo grupo, escâneres tridimensionais (3D) a laser tornaram possível a coleta rápida e precisa de dados essenciais à reconstrução. As informações obtidas naquele dia foram comparadas com mapeamentos digitais anteriores da catedral, realizados ao longo dos últimos 10 anos, em especial o minucioso trabalho do historiador da arte belga Andrew Tallon (1969-2018), professor da Vassar College, no estado de Nova York, nos Estados Unidos.

Passados alguns dias do desastre da Notre-Dame, o sertão baiano viveu algo semelhante, quase sem alarde, quando pegou fogo a Igreja Matriz do Sagrado Coração de Jesus de Monte Santo, município de 50 mil habitantes a 360 quilômetros (km) de Salvador. A cidade é conhecida por ter abrigado as tropas federais durante a Guerra de Canudos (1896-1897), em campanha contra Antônio Conselheiro, líder religioso que se instalara na região anos antes. Por sorte, a igreja construída em 1927 em Monte Santo passou por uma varredura similar à realizada no templo francês, antes do incêndio. Não se trata de algo trivial, já que o escaneamento tridimensional a laser (3DLS) é uma tecnologia cara, complexa e ainda pouco utilizada no Brasil para estudos do patrimônio histórico e cultural.

“Entre em contato com o Iphan [Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional] na Bahia, relatando que havíamos produzido na Unicamp [Universidade Estadual de Campinas] o escaneamento a laser da matriz, que poderia auxiliar no seu restauro. O órgão se interessou, mas com a pandemia o processo de recuperação da igreja foi interrompido”, conta o arquiteto Timóteo de Andrade Ferreira, que fez o trabalho como parte da pesquisa de seu mestrado no Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Tecnologia e Cidade da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e

Urbanismo da Unicamp, sob a orientação da arquiteta Regina Andrade Tirello.

A igreja não é um monumento histórico da Guerra de Canudos, por ter sido construída décadas depois. Mas interessa a Ferreira por ele ter nascido em uma comunidade quilombola no entorno de Monte Santo. O objeto do escaneamento não foi apenas a igreja, mas o conjunto arquitetônico, urbanístico e natural do sítio tombado pelo Iphan em 1983 no município, incluindo edifícios e os arruamentos nas proximidades da matriz, que não foram integrados ao tombamento na época. Para isso, o pesquisador contou com um equipamento cedido pela empresa paulista Kemp Projetos e Gerenciamento. A companhia, onde Ferreira trabalha há 10 anos, desenvolve projetos de engenharia e arquitetura usando alta tecnologia.

“Com esse equipamento, foi possível fazer a digitalização de áreas extensas em seis dias. Com métodos tradicionais, demoraria meses”, calcula Ferreira. Já o processamento de toda a informação reunida levou um mês. Para realizar o trabalho, o pesquisador fez 96 varreduras a laser. Ou seja, o tripé com o escâner foi posicionado em quase uma centena de pontos diferentes para a obtenção das imagens a partir do feixe de laser, que faz uma varredura de 360 graus ao redor de seu eixo (*ver infográfico na página 82*).

TRABALHO PIONEIRO

O objetivo de Ferreira era ampliar o inventário arquitetônico e urbanístico do sítio histórico local e avaliar a evolução e eventual degradação do conjunto tombado. Como ponto de partida, ele utilizou os levantamentos feitos em décadas passadas pelo Inventário de Proteção do Acervo Cultural da Bahia (Ipac-BA) e pelo Iphan. Recorreu também a imagens da década de 1940 captadas pelo fotógrafo francês naturalizado brasileiro Pierre Verger (1902-1996).

“Essa base documental foi imprescindível para nortear o reconhecimento das características de crescimento da cidade e a análise das condições atuais de integridade da arquitetura que compõe o sítio histórico. Consideramos o escaneamento 3D a laser, associado às metodologias tradicionais, uma importante ferramenta auxiliar no estudo do patrimônio construído”, ressalta Tirello. “Creio que esse seja um trabalho pioneiro na escala de

Nuvem de pontos da fachada do Museu do Ipiranga, em São Paulo, obtida pela técnica 3DLS

estudo ao qual se propôs, que inclui grandes áreas urbanas, e pelo processamento ter sido feito todo no Brasil, no âmbito de uma pesquisa acadêmica.”

Em sua pesquisa de campo, Ferreira integrou o 3DLS com a fotogrametria digital – a medição das distâncias e das dimensões reais dos objetos por meio da fotografia –, uma tecnologia mais acessível, comumente usada por engenheiros e arquitetos. A vantagem da digitalização a laser terrestre, sobre um tripé, em relação a essa técnica e a outra chamada DSM (Dense Stereo Matching) é que ele produz automaticamente a chamada nuvem de pontos, a representação mais básica de um objeto tridimensional a partir de coordenadas cartesianas (x, y, z), explica o engenheiro civil Arivaldo Leão de Amorim, pesquisador do Laboratório de Estudos Avançados em Cidade, Arquitetura e Tecnologias Digitais (LCAD) da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Há duas décadas, o LCAD documenta o patrimônio arquitetônico baiano empregando tecnologias digitais.

A principal limitação para a massificação da tecnologia 3DLS, segundo Amorim, é o custo, mais elevado do que o de tecnologias normalmente usadas para a mesma finalidade. “Um escâner a laser para uso em arquitetura custa a partir de US\$ 40 mil no exterior. Já uma boa câmera fotográfica pro-



fissional pode ser comprada no país por R\$ 10 mil e um drone, onde ela pode ser acoplada para fazer imagens aéreas, também sai nessa faixa”, afirma Amorim. Além disso, os aparelhos de digitalização 3D a laser ainda são pesados para serem transportados por drones. O uso do laser, contudo, é uma tecnologia mais completa por permitir a realização das medições à noite e a grandes distâncias. É possível posicionar o aparelho a até 800 m do objeto a ser escaneado, segundo o pesquisador.

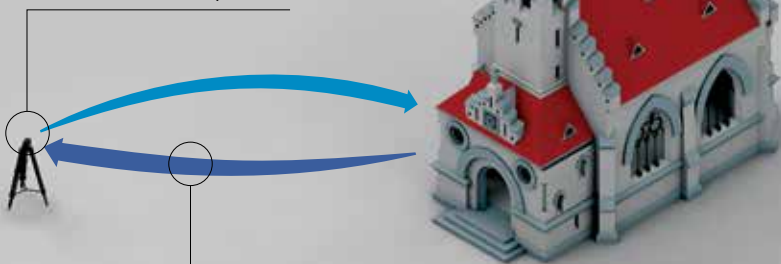
Amorim destaca que, após o processamento com o uso de softwares específicos, a nuvem de pontos capturada pelo equipamento 3DLS pode

Registro da Igreja Matriz do Sagrado Coração de Jesus, em Monte Santo (BA)

COMO A TECNOLOGIA 3DLS FUNCIONA

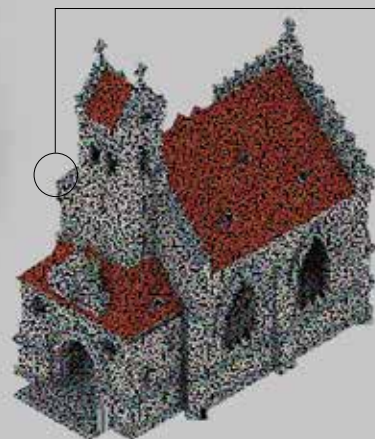
Depois da captação dos pontos no espaço por meio da varredura a laser, a nuvem de pontos é processada por um software, gerando um modelo tridimensional do objeto-alvo

1 Apoiado em um tripé, o escâner a laser faz uma varredura do monumento, da escultura ou do edifício situado em seu campo de visão



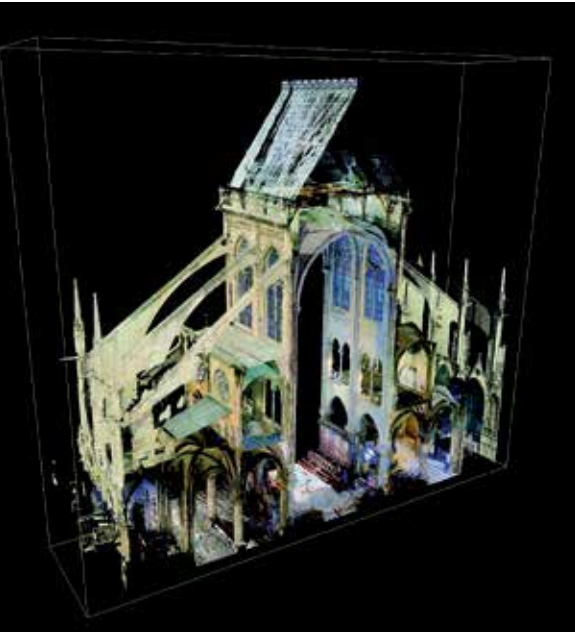
2 O aparelho gira e emite pulsos de laser que atingem a superfície do objeto em diversos pontos. A luz laser é refletida de volta ao equipamento

3 De acordo com a direção e o tempo que o pulso leva para voltar, o aparelho obtém coordenadas polares (ângulo tridimensional e distância a partir do ponto de medição) de cada um desses pontos. O conjunto dessas coordenadas forma uma nuvem de pontos



FONTES: [HTTPS://WWW.SANTIAGOECINTRA.COM.BR/BLOG/Geo-TECNOLOGIAS/COMO-FUNCIONA-O-ESCANEO-3D-A-LASER-3D](https://www.santiagoocintra.com.br/blog/geo-tecnologias/como-funciona-o-escaneamento-a-laser-3d); ARTIGO “PRÁTICAS DE DOCUMENTAÇÃO E REGISTRO EM 3D LASER SCANNING EM MONTE SANTO-BA, A CIDADE QUE ABRIGA O ‘ALTAR DO SERTÃO’”; ARTIGO “APLICAÇÕES DAS TECNOLOGIAS LASER SCAN E AEROFOTOGAMETRIA POR DRONE PARA MUSEUS”

Detalhe do escaneamento da catedral Notre-Dame de Paris, parcialmente destruída por um incêndio em 2019



ser usada para a construção de modelos geométricos ou físicos de edificações, monumentos e objetos. Alternativas à documentação tradicional de prédios históricos, tais modelos são úteis para divulgar o patrimônio artístico ou arquitetônico e conscientizar a população e gestores sobre sua relevância. Também servem como fonte de informações turísticas e para preservar a memória de construções que eventualmente venham a ser demolidas, assim como para a reconstrução das que forem danificadas.

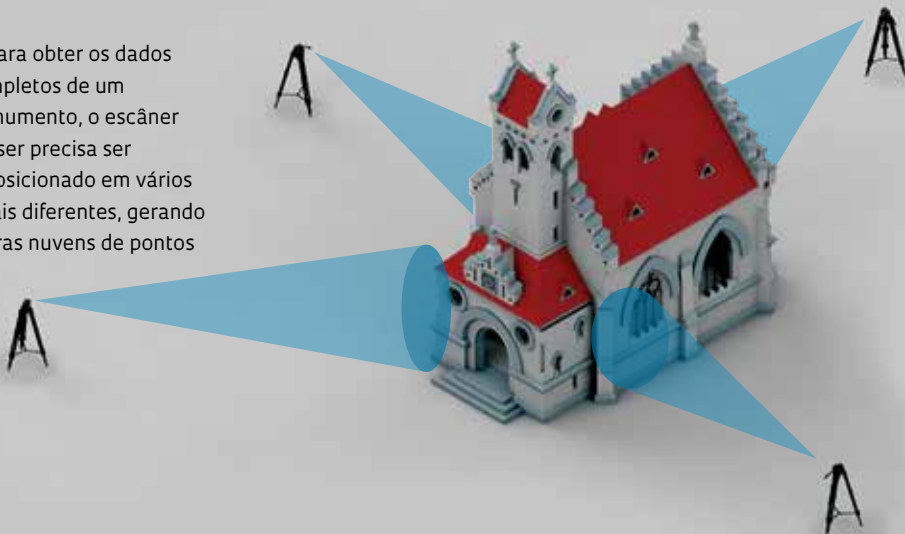
No Brasil, o uso mais comum da tecnologia 3DLS se dá pela indústria do petróleo, construção civil e áreas afins, mas vem ganhando espaço sua aplicação no estudo e na preservação do patrimônio histórico e cultural. Em 2015 e 2016, foram escaneadas com uso da técnica partes das fachadas do prédio da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU-USP), den-

tro de um projeto financiado pela Fundação Getty para a preservação de edifícios modernistas. O trabalho foi feito a partir de uma colaboração entre a universidade paulista e um centro da Universidade de Ferrara, na Itália, chamado DIAPReM, especializado no diagnóstico para a restauração de monumentos com métodos avançados. “O escaneamento oferece uma leitura muito mais precisa de um objeto construído do que o levantamento feito por métodos tradicionais”, destaca a arquiteta Beatriz Mugayar Kühl, da FAU-USP.

Ela explica que, em uma medição convencional, normalmente utilizam-se os ângulos e elementos intermediários de uma sala e mede-se a distância entre um ponto e outro a um intervalo de metros. No escaneamento a laser, essa distância de um ponto a outro cai para milímetros, o que torna possível captar todos os detalhes da superfície que está sendo medida, como pequenas ondulações em uma parede. “No levantamento de uma sala retangular, em geral você presume que entre os ângulos do ambiente exista uma linha reta. Mas, com a tecnologia laser, essa reta ganha um detalhe muito maior do que no método tradicional, por deixar de ser uma única linha e passar a ser composta por numerosos segmentos.”

De acordo com Kühl, as informações, quando analisadas criticamente em conjunto com outros

4 Para obter os dados completos de um monumento, o escâner a laser precisa ser repositado em vários locais diferentes, gerando outras nuvens de pontos



5 Depois da obtenção dos dados, as informações são processadas em laboratório com a ajuda de um ou mais softwares. As diferentes nuvens são sobrepostas e unificadas em um modelo geométrico digital único



6 Muitas vezes, fotos e outras informações, como posicionamento GPS, são acrescentados aos dados, resultando, por fim, em um modelo tridimensional do monumento





dados, podem ser úteis para a preservação do patrimônio, porque permitem fazer diagnósticos de problemas invisíveis a olho nu, como verificar zonas de umidade e presença de microrganismos. “No entanto, ele não é como um raio X da estrutura. Trata-se de um dado da superfície que, quando é distinto do ponto vizinho, que está saudável, indica que algo está acontecendo ali.”

O centro italiano DIAPReM também executou o escaneamento a laser em três dimensões de todo o edifício do Museu Paulista da USP, conhecido como Museu do Ipiranga, na zona sul de São Paulo. O trabalho de campo, ou seja, a digitalização 3DLS, ocorreu em agosto de 2017 e a entrega final para a USP da nuvem de pontos tratada se deu no ano seguinte. Além de obter uma geometria precisa da construção e a morfologia da degradação das superfícies, o projeto serviu para a formação de alunos, informa Kühl. “A ferramenta foi muito importante, mas não resolve tudo sozinha. Se o escaneamento for malfeito, leva a graves erros de interpretação.”

Os conceitos e as várias possibilidades de aplicação da tecnologia 3DLS para museus foram detalhados em um artigo escrito por dois pesquisadores da USP na revista *Anais do Museu Paulista*. “O 3DLS pode ser muito útil, por exemplo, quando se quer documentar ou reproduzir uma peça que não pode ser tocada”, afirma o engenheiro civil Jorge Pimentel Cintra, professor do Museu Paulista e coautor do artigo. Outros usos possíveis são a produção de réplicas de objetos valiosos, frágeis ou pesados, com a finalidade de empréstimo a outros museus e a elaboração de modelos, maquetes e exposições virtuais. Pode, ainda, proporcionar acessibilidade a visitantes portadores de deficiências visuais, que têm a chance de tocar nas réplicas de obras de arte.

A digitalização tridimensional é uma das linhas de pesquisa do Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LDSM) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Após apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do

Rio Grande do Sul (Fapergs) ao longo de três anos, o grupo segue com um projeto de digitalização de elementos do patrimônio cultural, como monumentos de rua, peças e acervos de museu. “Trabalhamos com o escaneamento a laser, mas também com outros processos”, diz o engenheiro mecânico Fábio Pinto da Silva, do Departamento de Design e Expressão Gráfica da UFRGS e líder do grupo LDSM. Como a equipe trabalha na área desde 2002, Silva acompanha de perto os avanços tecnológicos dos equipamentos.

Em 2011, foram necessárias 12 horas para escanear uma única estátua, o *Monumento ao laçador*, símbolo oficial da cidade de Porto Alegre, com 4,4 m de altura e fixada sobre um pedestal de 2,2 m. As autoridades municipais apoiaram o trabalho, para o qual foi preciso usar um caminhão-cesto com braço telescópico de 25 m para posicionar o escâner 3D a aproximadamente 1 m da estátua, em diferentes ângulos. “Hoje os equipamentos são muito mais modernos e precisos”, comenta Silva. O símbolo da cidade é um dos destaques da página do LDSM na internet (www.ufrgs.br/ldsm/3d/monumentos-poa/lacador). Graças à tecnologia 3DLS, parte da memória gaúcha vem sendo preservada. ■

Processo de digitalização tridimensional a laser do *Monumento ao laçador*, símbolo oficial da cidade de Porto Alegre

Projeto

Técnicas de documentação, levantamento e diagnóstico do patrimônio edificado: O caso do Museu Paulista (nº 19/10406-0); Modalidade Bolsa no país – Regular – Doutorado; Pesquisadora responsável Beatriz Mugayar Kühl (USP); Beneficiária Renata Cima Campiotto; Investimento R\$127.653,24.

Artigos científicos

FERREIRA, T. A. et al. Práticas de documentação e registro em 3D laser scanning em Monte Santo-BA, a cidade que abriga o “Altar do Sertão”. *Anais do 3º Simpósio Científico do Icomos Brasil*. Belo Horizonte. 5 jun. 2019.

CINTRA, J. P. et al. Aplicações das tecnologias laser scan e aerofotogrametria por drone para museus. *Anais do Museu Paulista*. v. 27. 2019.

KÜHL, B. M. et al. Nuvem de pontos do Museu Paulista da USP: Workshop entre o Diaprem (Universidade de Ferrara) e a FAU-USP. *Rev. CPC*. n. 27, p. 310-23. jan-jul 2019.

FLORES, A. B. H. et al. Digitalização tridimensional na preservação de monumentos públicos. *Tecnologia do ambiente construído e interdisciplinaridade*. p.123-41. 2012.