



# Heritage Within

1 | Inspeção das colunas do Museu Arqueológico do Carmo com o sistema automático para a realização de tomografia ultrassónica in situ (Novembro 2020).

## Novas técnicas para a inspeção e apresentação das facetas não visíveis do património construído

**Javier Ortega** Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información “Leonardo Torres Quevedo”, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), [javier.ortega@csic.es](mailto:javier.ortega@csic.es)

**Graça Vasconcelos** ISISE, Department of Civil Engineering, University of Minho, [graca@civil.uminho.pt](mailto:graca@civil.uminho.pt)

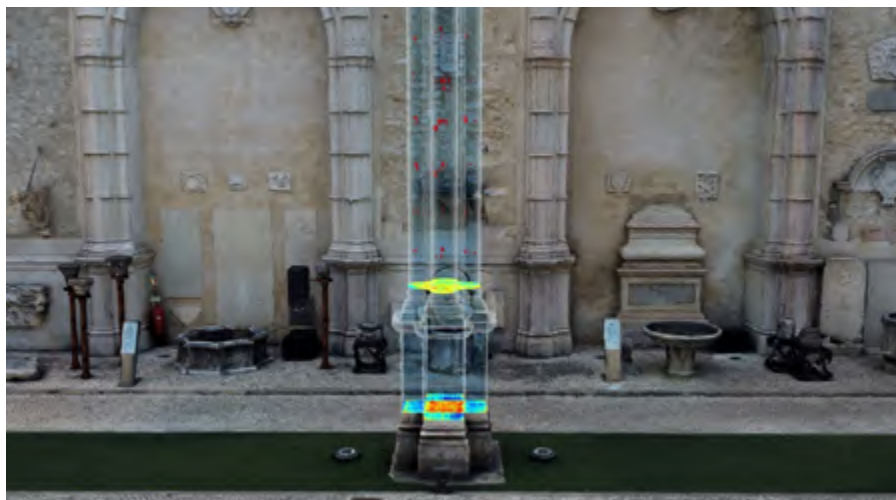
**Tiago Miguel Ferreira** College of Arts, Technology and Environment, University of the West of England, [tiago.ferreira@uwe.ac.uk](mailto:tiago.ferreira@uwe.ac.uk)

*A abordagem moderna à conservação de monumentos implica um trabalho multidisciplinar baseado na integração de grandes quantidades de dados obtidos a partir de, por exemplo, pesquisas históricas, levantamentos arquitetónicos ou ferramentas de inspeção e diagnóstico. Estas últimas incluem o uso de tecnologias de imagem que permitem obter informação detalhada acerca do interior dos elementos construtivos. No entanto, os desafios associados à correta interpretação dos resultados continuam a manter estas tecnologias longe das práticas correntes. O projeto de investigação Europeu Heritage Within (HWITHIN) teve como objetivo precisamente o desenvolvimento de novas tecnologias que permitam obter visualizações inovadoras do património cultural, tornando visualmente acessíveis características ocultas de edifícios e bens arqueológicos.*

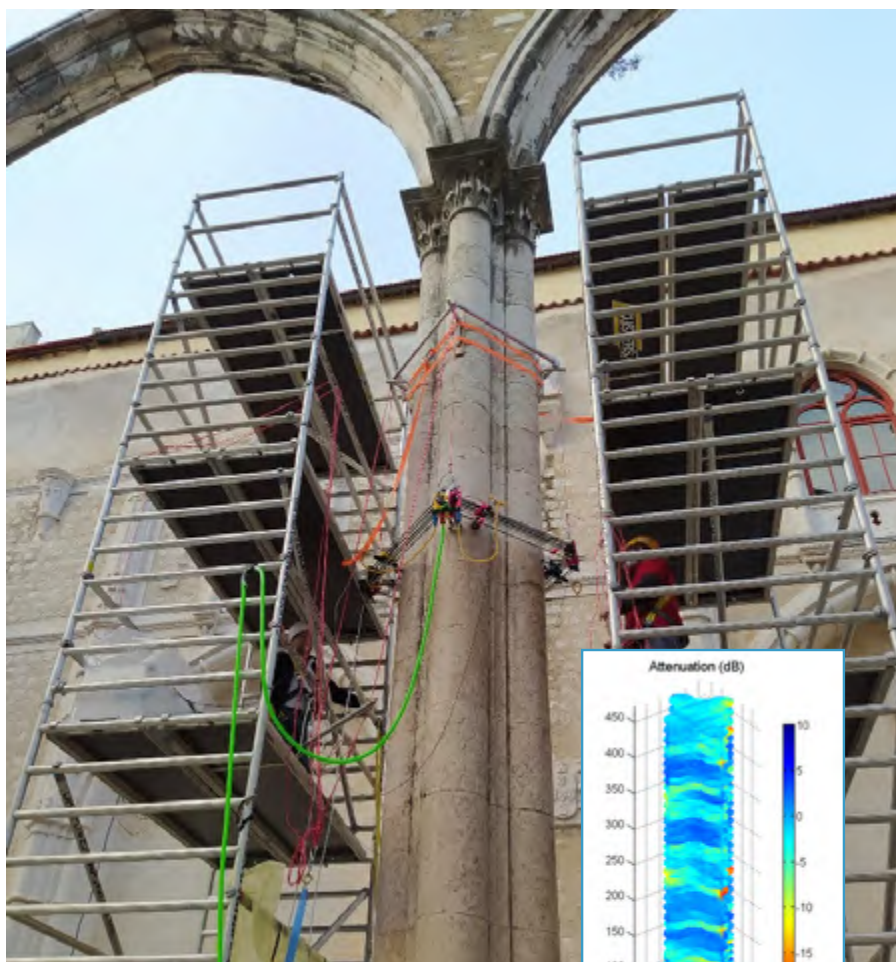
**E**mbora as técnicas de levantamento e representação 3D, tais como a fotogrametria e o *laser scanning*, tenham conhecido uma enorme evolução ao longo dos últimos anos, os seus resultados continuam limitados à reconstrução das superfícies externas dos elementos. O projeto HWITHIN teve como objetivo central ir além dessa barreira e obter imagens também do interior dos elementos construtivos (figura 1). O Museu Arqueológico do Carmo, nas ruínas da antiga igreja do Convento do Carmo (Lisboa), construída em 1389 e destruída durante o grande terramoto, em 1755, foi utilizado como caso de estudo do projeto.

O objetivo final do projeto visou definir e testar o processo para obter uma reconstrução tridimensional do monumento, incluindo não apenas as suas superfícies externas, mas também informação relevante do interior dos seus elementos construtivos, assim como outros dados não visíveis. De forma a obter imagens do interior dos elementos construtivos, o projeto exigiu a utilização de técnicas já existentes, nomeadamente o *Ground Penetrating Radar*, ou georradar, e o desenvolvimento de novas tecnologias, tais como um sistema automático para a realização de tomografia ultrassónica in situ (Aparício *et al*, 2022). O sistema permitiu executar levantamentos tomográficos das colunas do convento de forma automatizada (figura 2). Como resultado, a morfologia interna de várias colunas pôde ser reconstruída quase pedra a pedra, e o dano interno e o estado de conservação do material puderam ser avaliados.

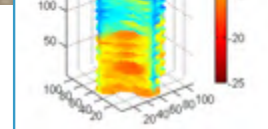
Todas as atividades do projeto HWITHIN contaram com a contribuição de uma equipa multidisciplinar composta por arquitetos, engenheiros civis, engenheiros de telecomunicações, arqueólogos, historiadores da arte e geofísicos. O projeto aproveitou a natureza altamente multidisciplinar da equipa para gerar estratos de informação altamente especializada, por exemplo, a reconstrução virtual do aspeto original da igreja, resultados de análises estruturais, estudos de termografia ou localização de peças de arte antigas. O modelo 3D do convento e as informações associadas foram implementados numa aplicação de Realidade Virtual (RV), acessível local e remotamente (<https://h-within.ispc.cnr.it/>), para oferecer uma visualização interativa do edifício (figura 3). A abordagem



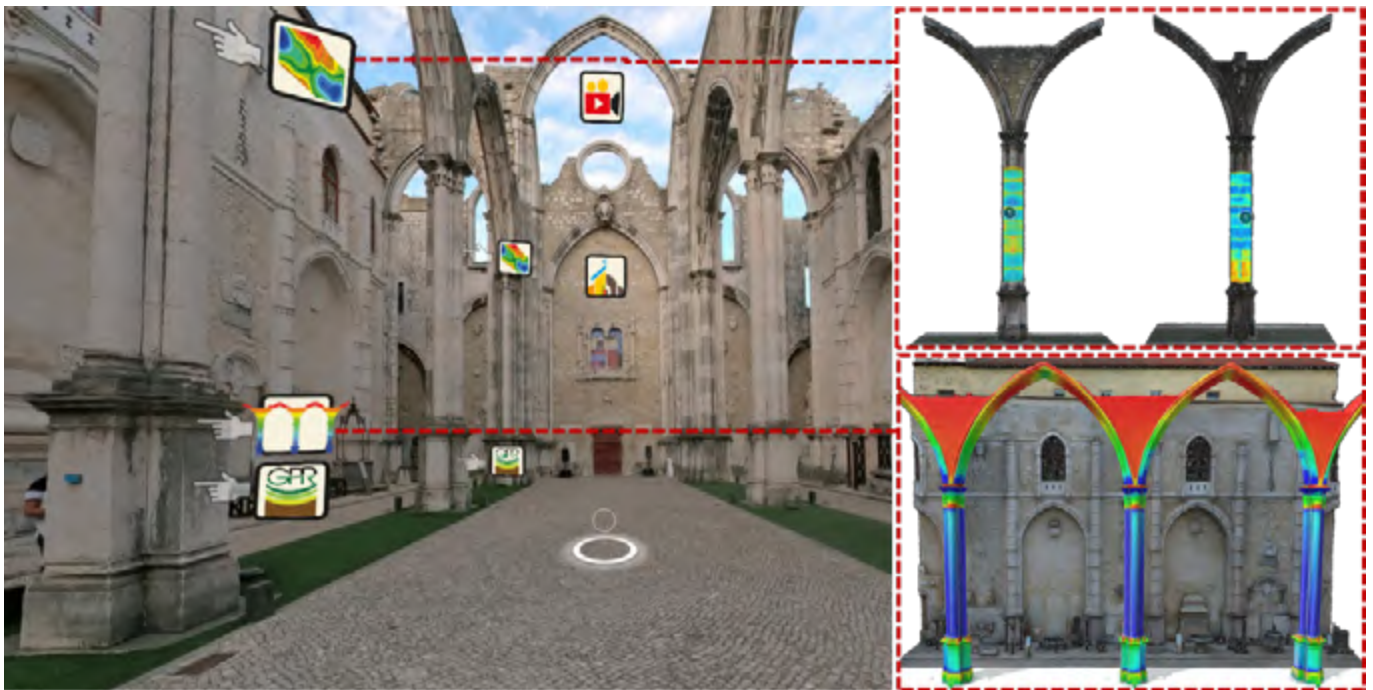
2 | Imagem em transparência do interior das colunas do Convento do Carmo, obtida com recurso ao georradar.



3a | Sistema desenvolvido para realizar tomografias ultrassónicas, e posteriormente implementado para a inspeção das colunas do Convento do Carmo.



3b | Imagem tomográfica em representação 3D do interior da coluna (Aparício *et al*, 2022).



4 | Visita virtual e estratos de informação sobrepostos à reconstrução 3D fotorrealista, por exemplo: (topo) resultados da tomografia ultrassônica; e (abaixo) resultados das análises numéricas com base no método de elementos finitos.

propõe relacionar o visível com o não-visível, olhando além da superfície do objeto, o que facilita a identificação da morfologia interna, vazios, objetos ocultos, ou danos.

A plataforma de RV tem dois objetivos principais. Primeiramente, pretende comunicar ao público geral o papel essencial dos profissionais da área da conservação (historiadores de arte, engenheiros, arquitetos, etc.), mostrando a importância das atividades de levantamento, diagnóstico e análise para a conservação do património edificado. Espera-se que o uso da RV para a apresentação e comunicação de resultados complexos aumente a acessibilidade ao património cultural e enriqueça a experiência do visitante. Em segundo lugar, a integração de resultados provenientes de diferentes tipos de diagnóstico numa única plataforma de RV pretende ajudar os especialistas na interpretação dos seus próprios resultados por via de formatos de visualização inovadores e não convencionais. A título de exemplo, refere-se a possibilidade de visualizar os resultados no local em contraponto com a tradicional análise em gabinete e a visualização simultânea de vários resultados, permitindo desta forma uma melhor perceção das possíveis inter-relações entre diferentes tipos de informação (dados multi-paramétricos) e um melhor entendimento dos mecanismos de

causa e efeito entre características construtivas, danos, e comportamento estrutural.

O projeto também estabeleceu como objetivo prioritário uma melhoria do envolvimento dos visitantes com o edifício, por exemplo, através da reconstrução virtual do aspeto original da igreja, já mencionado anteriormente. Assim, além de informações técnicas, foram ainda incluídos na plataforma virtual estratos de informação histórica, sendo possível realizar uma visita virtual à igreja, no seu estado original, antes do seu colapso na sequência do terramoto de 1755 (figura 4).

O uso da RV como ambiente de trabalho para facilitar a interpretação de resultados de tecnologias não invasivas aumenta as possibilidades de transmissão do conhecimento das características físicas e do estado de conservação do património arquitetónico (Gabellone *et al*, 2013). A abordagem proposta constitui, assim, um sistema eficaz para armazenar e analisar dados heterogéneos, obtidos através de diversas técnicas de inspeção e diagnóstico das condições estruturais do edifício.

Além disso, documentar a condição do bem patrimonial e a sua relação com o seu ambiente é um pilar fundamental da gestão da conservação. A abordagem desenvolvida

no âmbito deste projeto encontra-se alinhada com estratégias recomendadas por instituições internacionais envolvidas na preservação do património, tal como o Conselho Internacional de Monumentos e Sítios (ISCARSAH 2003), que privilegiam a conservação preventiva enquanto estratégia mais eficiente do ponto de vista técnico e económico (Lourenço *et al*, 2022).

Pretende-se que no futuro este modelo possa vir a integrar cenários virtuais propostos com um sistema de Internet das Coisas (IoT) com vista à sua utilização numa perspetiva *digital twin*. O Convento do Carmo, por exemplo, pode ser equipado com sensores de monitorização que meçam em tempo real diferentes parâmetros da saúde estrutural do edifício. Os resultados podem ser avaliados no seu “gémeo digital” de forma a avaliar remotamente a necessidade de diferentes tipos de intervenção. A associação entre o objeto físico e a realidade virtual permite ativar a análise de dados e a monitorização dos monumentos de forma a operar em modo preditivo, identificando problemas da sua ocorrência. Um modelo digital continuamente conectado com sua contraparte física, capaz de ser gerido de forma interativa, pode ser um aliado valioso na gestão das atividades de conservação, tornando-as mais cirúrgicas e eficientes.



51 Estado atual (topo) e reconstrução histórica da igreja (abaixo).

Os resultados descritos no presente artigo são parte do projeto *Heritage Within (HWITHIN)*, cofinanciado pelo programa europeu *Creative Europe, Cross-setorial, Bridging culture and audiovisual content through digital* (ref. 614719-CREA-1-2019-1-PT-CROSS-SECT-INNOVLAB) ■

#### BIBLIOGRAFIA

Aparicio Secanellas S., Liébana Gallego J. C., Anaya Catalán G., Martín Navarro R., Ortega Heras J., García Izquierdo M. A., González Hernández M. & Anaya Velayos J. J. (2022). An ultrasonic tomography system for the inspection of columns in architectural heritage. *Sensors*, 22(17), 6646.

Lourenço P.B., Barontini A., Oliveira D. V. & Ortega J. (2022). Rethinking preventive conservation: Recent examples. In R. Lancelotta, C. Viggiani, A. Flora, F. de Silva & L. Mele (eds.), *Geotechnical Engineering for the Preservation of Monuments and Historic Sites III*. CRC Press.

Gabellone F., Leucci G., Masini N., Persico R., Quarta G. & Grasso F. (2013). Non-destructive prospecting and virtual reconstruction of the chapel of the Holy Spirit in Lecce, Italy. *Near Surface Geophysics*, 11(2), 231-238.

ISCARSAH (2003). *Recommendations for the Analysis of Historical Structures*. International Committee on Analysis and Restoration of Structures of Architectural Heritage (ISCARSAH). ICOMOS.

Ortega Heras J., Gonzalez Hernández M., García Izquierdo M. A. & Masini N. (2021). *Heritage Within*. European Research Project. University of Minho.



# Ferramentas digitais para a construção de um “Atlas” das paisagens franciscanas

Um projeto em curso entre Itália, Portugal e Espanha

**Rolando Volzone** DINÂMIA'CET-Iscte, Departamento de Arquitetura e Urbanismo (DAU), ISCTE-Instituto Universitário de Lisboa; CHAIA, Universidade de Évora, [rveoo@iscte-iul.pt](mailto:rveoo@iscte-iul.pt)

**Soraya Genin** ISTAR-Iscte, Departamento de Arquitetura e Urbanismo (DAU), ISCTE-Instituto Universitário de Lisboa, [soraya.genin@iscte-iul.pt](mailto:soraya.genin@iscte-iul.pt)

*O legado espiritual de São Francisco de Assis marcou fortemente a cultura e identidade europeias através das suas regras e dos textos espirituais, a partir do século XII. A ordem franciscana, em todas as suas ramificações, teve um papel essencial na transformação das paisagens urbanas e rurais, moldando os terrenos através da introdução de novas técnicas agrícolas, com a construção de conventos e definindo, muitas vezes, novos vetores de expansão territorial. Contudo, com o processo de extinção das ordens religiosas, a secularização e a venda dos próprios bens, assistimos ao abandono de muitas implantações conventuais. Desta forma, muitos complexos arquitetónico-paisagísticos perderam a sua função e valores originais.*

O projeto “F-Atlas. Franciscan Landscapes: the Observance between Italy, Portugal and Spain” ([www.f-atlas.eu](http://www.f-atlas.eu)) investiga a rede ítalo-hispano-portuguesa da observância franciscana, com vista à definição de um “atlas” de documentação e conhecimento direcionado para a conservação, proteção e promoção desse património cultural disperso. A investigação de três anos (julho 2020 – junho 2023), com financiamento de cerca de meio milhão de euros do Horizonte 2020 (n.º 6995237), foi selecionada no âmbito do concurso “*Conservation, protection and use Joint Call*” promovido pelo “*Joint Programming Initiative on Cultural Heritage and Global Change*”.

Uma abordagem integrada e interdisciplinar entre História, Arquitetura, Ciência da Computação e Humanidades Digitais é garantida através da configuração de um consórcio internacional entre quatro instituições académicas: Università degli Studi di Firenze, o

ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa, a Universidade Católica Portuguesa, e a Universitat de Barcelona. Juntam-se cinco entidades parceiras associadas: o ICOMOS Portugal, a Direção Regional da Cultura do Centro, a Região da Umbria (Itália), a Ordem dos Frades Menores da Umbria, e a Sizma Srls, empresa especializada em monitorização do património cultural. O consórcio, assim delineado, para além da interdisciplinaridade, garante uma abordagem intersectorial dos territórios em análise.

O grande objetivo do projeto é o desenvolvimento de modelos e ferramentas para a gestão e valorização do Património Cultural na era digital, através da definição de uma metodologia que integre técnicas tradicionais e digitais de documentação para o conhecimento, a conservação, proteção, reutilização e promoção do património material e imaterial.

O projeto integra oito diferentes tarefas, articuladas em torno de três fases principais:

- i) Criar, organizar e partilhar o conhecimento;
- ii) Salvar os recursos patrimoniais;
- iii) Conectar a comunidade com o Património Cultural.

A primeira fase consiste no censo dos casos de estudo e na realização de um mapa preliminar dos conventos franciscanos. Três casos em cada país são analisados por meio de um estudo aprofundado de fontes primárias e secundárias com investigação em arquivos distritais, nacionais e de entidades privadas. No caso português têm sido consultadas fontes desde a idade média (entre outros, na Torre do Tombo) ao século XX (documentos disponíveis no arquivo do Forte de Sacavém, da DGPC).



2 | Projeto F-Atlas: consórcio internacional e articulação das fases. © F-Atlas, 2020

31 Levantamento 3D com varrimento laser (esquerda), fotogrametria aérea e terrestre (direita), e alçado, resultado da integração das técnicas. © Rolando Volzone, Roberta Ferretti e Pietro Becherini, F-Atlas, 2022



Com a finalidade de documentar os complexos patrimoniais, na segunda fase foram executadas campanhas de levantamento digital 3D, com metodologias adaptadas às diferentes escalas dos casos de estudo, através de *Terrestrial Laser Scanning* (TLS) e da fotogrametria por *Structure from Motion* (SfM). O primeiro método permite maior precisão geométrica; o segundo acrescenta informações colorimétricas relacionadas com a materialidade das superfícies arquitetónico-paisagísticas. A integração das duas técnicas compensa as respetivas fragilidades. No caso específico, a exclusiva utilização do laser scanner não teria permitido o levantamento das coberturas, normalmente inacessíveis, mas facilmente alcançáveis a partir de um drone.

Ainda no âmbito da segunda fase, toda a informação heterogénea é sistematizada numa base de dados que será, até ao final do ano, migrada para um sistema georreferenciado (GIS).

“

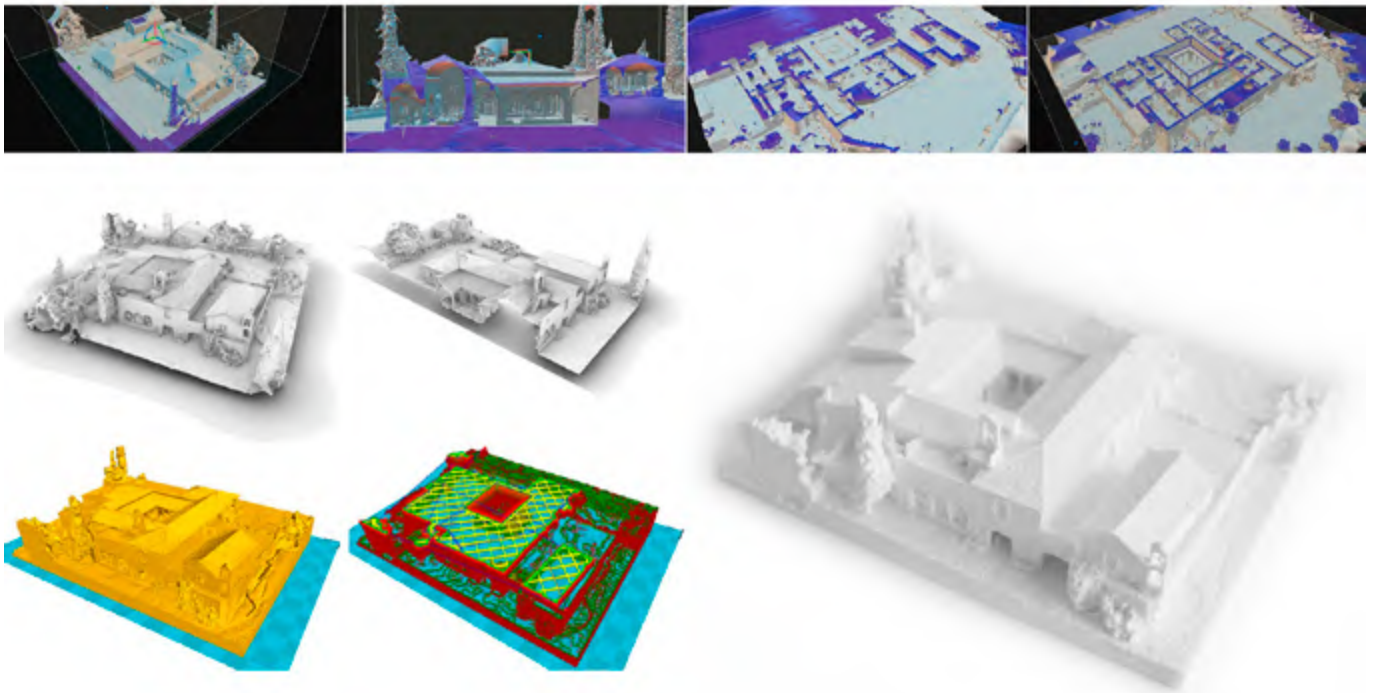
**O grande objetivo do projeto é o desenvolvimento de modelos e ferramentas para a gestão e valorização do património cultural na era digital, através da definição de uma metodologia que integre técnicas tradicionais e digitais de documentação para o conhecimento, a conservação, proteção, reutilização e promoção, do património material e imaterial.**

”



4 | Georreferenciação dos conventos franciscanos na península ibérica. © Marc Ferrer, F-Atlas, 2022





5 | Metodologia para a impressão de protótipos à escala: nuvem de pontos, criação de superfícies, impressão 3D com filamento. ©Rolando Volzone, 2020

Este *corpus* representa um instrumento essencial, por um lado, para investigadores e profissionais que trabalham neste domínio; por outro, para alcançar um público mais alargado, não especializado. Deste modo, são criadas as bases para a última fase, onde são desenvolvidas ferramentas para a divulgação e promoção deste património cultural. Será usada uma aplicação para museus virtuais, com navegação em tempo real através de Realidade Virtual, Aumentada e Mista. Adicionalmente, estão a ser desenvolvidos protótipos 3D. Os modelos digitais são convertidos em superfícies através da triangulação dos pontos, com vista à impressão em diferentes escalas – geral e de pormenor. A disseminação do conhecimento será alargada a um público mais vasto, aumentando o “acesso” ao património cultural através de uma exposição que decorrerá em 2023. Os modelos físicos podem ser utilizados para exposições tácteis, para fins de investigação, ou de *reverse design*, uma vez integrados os dados da investigação histórica. A impressão 3D desempenha um papel importante enquanto recurso a adotar nas áreas da educação e formação, promovendo o envolvimento de várias faixas etárias. Finalmente, a criação de uma rede de rotas culturais – itinerários para caminhadas e ciclismo – e virtuais – remotamente acessíveis – estimulam o desenvolvimento de um turismo cultural sustentável, bem como a participação das comunidades locais.

“

**A disseminação do conhecimento será alargada a um público mais vasto, aumentando o “acesso” ao património cultural através de uma exposição que decorrerá em 2023. Os modelos físicos podem ser utilizados para exposições tácteis, para fins de investigação, ou de *reverse design*, uma vez integrados os dados de investigação histórica.**

”

O projeto pretende, desta forma, desenvolver novas estratégias para experiências diversificadas através das Tecnologias da Informação e Comunicação, e métodos inovadores para a reutilização interativa do património cultural. A utilização de ferramentas digitais contribui para

o conhecimento e valorização do património cultural – maioritariamente desconhecido e por vezes abandonado –, e promove a regeneração de comunidades e territórios remotos, caracterizados pela estreita relação entre os edifícios monumentais e a paisagem envolvente ■