

DESENVOLVIMENTO DE MODELO DIGITAL 3D PARA DOCUMENTAÇÃO E CONSERVAÇÃO DOS CAPITÉIS JESUÍTICOS DO MORRO DO CASTELO

3D DIGITAL MODEL DEVELOPMENT FOR DOCUMENTATION AND CONSERVATION OF THE CASTELO HILL'S JESUITIC CAPITALS

Thaís Rangel de Souza

Aluna de Graduação em Artes Visuais - Escultura, 8º período
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Período PIBITI/CETEM: abril a agosto de 2025
thaisrangel@ufrj.br

Nuria Fernández Castro

Orientadora, Engenheira de Minas, D.Sc.
ncastro@cetem.gov.br

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Coorientador, Engenheiro Químico, D.Sc.
rcarlos@cetem.gov.br

RESUMO

A pesquisa buscou criar um modelo de backup digital para a coleção de capitéis em Calcário Lioz, do século XVIII, localizados no Museu da Geodiversidade da UFRJ, mas originários da Igreja dos Jesuítas no Morro do Castelo, Rio de Janeiro. A modelização 3D com base em imagens de *scanners* ou câmeras fotográficas permite a reprodução precisa da forma e aparência de objetos no ambiente virtual. Na área do patrimônio cultural, essa virtualização serve como um registro fiel de monumentos, a maioria com elementos pétreos, sendo valiosa para o monitoramento da sua deterioração e para sua conservação e esse foi o objetivo desse trabalho. A metodologia incluiu estudo bibliográfico, treinamento em ensaios não destrutivos nos capiteis, levantamento fotográfico e elaboração do modelo digital 3D com a ferramenta *Polycam* combinando-se imagens fotográficas de diferentes ângulos do capitel. O modelo foi refinado no software *Nomad Sculpt*, removendo elementos desnecessários, ajustando as dimensões e simulando condições de iluminação. Obteve-se o modelo de um dos capiteis com resolução e qualidade suficientes para o registro do estado atual, permitindo a visualização de detalhes como fissuras, manchas e perdas de material no capitel, e a documentação dos locais exatos de análises diagnósticas sendo realizadas, para o futuro monitoramento. O modelo será aplicado aos outros capiteis expostos no MGEO, o que permitirá também a reconstrução virtual da forma original das peças, onde houve perdas e transcender barreiras geográficas, pela criação de experiências de realidade aumentada (AR) e realidade virtual (VR).

Palavras chave: Conservação, pedras do patrimônio, documentação.

ABSTRACT

The research sought to create a digital backup model for the eighteenth-century Lioz Limestone capitals, exhibited in the UFRJ Museum of Geodiversity, but originating from the Jesuit Church of the Castelo Hill, Rio de Janeiro. The 3D modeling, based on images from scanners or cameras, allows the accurate reproduction of the shape and appearance of objects in the virtual environment. In the area of cultural heritage, this virtualization serves as a faithful record of monuments, most of them with stone elements, being valuable for monitoring their deterioration and for their conservation. The methodology included bibliographic study, training in non-destructive testing on the capitals, photographic survey and elaboration of the 3D digital model with *Polycam's LiDAR* tool combining photographic images from different angles of the capital. The model was refined in the *Nomad Sculpt* software, removing unnecessary elements,

adjusting the dimensions and simulating lighting conditions. The model of one of the capitals was obtained with sufficient resolution and quality to record its current state, allowing the visualization of details such as cracks, stains and material losses in the capital, and the documentation of the exact locations of diagnostic analyses being carried out, for future monitoring. The model will be applied to the other capitals exhibited at MGEO, which will also allow the virtual reconstruction of the original shape of the pieces, where there were losses, and transcend geographical barriers by creating augmented reality (AR) and virtual reality (VR) experiences.

Keywords: Conservation, heritage stone, documentation.

1. INTRODUÇÃO

Os Capitéis Jesuíticos que se encontram atualmente no Museu da Geodiversidade – MGEO, na Universidade Federal do Rio de Janeiro - Cidade Universitária, são oriundos da nova Igreja dos Jesuítas no Morro do Castelo, Rio de Janeiro, cuja construção foi iniciada em 1744. Em 1759, os Jesuítas foram expulsos do Brasil e a nova igreja ficou inconclusa até a demolição do morro do Castelo, iniciada em 1920 (SILVA et al., 2013). O estado de conservação das peças (nove capiteis e duas bases de colunas em Calcário Lioz) expostas no MGEO foi avaliado em 2015 (LUNARDI et al., 2016) e uma nova avaliação para monitoramento está sendo realizada pelo Laboratório de Conservação e Alterabilidade de Materiais e Construção – LACON/CETEM.

A digitalização 3D auxilia com a conservação de materiais históricos tornando o objeto eterno em meios digitais e com a modelagem 3D é possível agir na restauração da peça retornando sua forma original (ALENCASTRO, 2019; VILA, 2019). A modelização 3D é um método de análise de um objeto ou ambiente do mundo real para recolher dados sobre a sua forma, e a sua aparência utilizando tecnologias como o escaneamento e a fotogrametria. O scanner consiste em um equipamento para captura do objeto através de laser e o escaneamento com fotogrametria é realizado através do processamento de múltiplas de fotografias. Digitalização 3D é o nome dado a um conjunto de técnicas pelas quais é possível capturar a forma geométrica de um objeto físico, de modo a reproduzi-la digitalmente. Durante o processo, a função principal é criar um modelo tridimensional digital e isto é viável por meio de coordenadas (x, y e z) de uma nuvem de pontos de áreas geométricas na superfície do objeto. Para uma modelagem exata é necessário realizar diversas capturas de imagem de diferentes ângulos, rotando ao redor da estrutura. O escaneamento 3D iniciou-se com o desenvolvimento de dispositivos de medição óptica, nos anos 1960 e 1970. Em 1963, na Universidade de Stanford utilizava-se a digitalização de modelos 3D de maneira primária e, em 1992, foi lançado comercialmente o *Scanner Soisic*, que possibilitava capturar 100 pontos por segundo com alcance máximo de 10 metros de distância. Os equipamentos foram evoluindo até chegar aos dias de hoje, quando é possível capturar até dois milhões de pontos por segundo (ALENCASTRO et al., 2019). O primordial e a mais urgente aplicação da modelagem 3D é a criação de um *backup* digital de qualquer objeto capturando com precisão milimétrica sua geometria, sua textura e suas cores.

O modelo digital serve como registro fiel do estado do monumento no momento da aquisição das informações, sendo de grande utilidade para a documentação detalhada de diagnósticos e ações de conservação executadas, permitindo o monitoramento de alterações ao longo do tempo. Ainda, apresenta valor inestimável em caso de perdas de partes ou do todo devido a desastres naturais, conflitos armados ou à degradação natural causada pelo tempo (FEHÉR; TOROK, 2019). O modelo 3D de objetos do patrimônio cultural permite também a visitação virtual, tornando o bem mais acessível, para sua valorização pela sociedade. Os resultados das análises que estão sendo efetuadas nos Capitéis Jesuíticos do MGEO, podem ser mais bem documentados e arquivados com a digitalização 3D dessas peças históricas.

2. OBJETIVO

Desenvolver um modelo 3D para os Capiteis Jesuíticos do MGEU-UFRJ para a futura documentação e monitoramento do estado de deterioração para embasar ações de conservação.

3. METODOLOGIA

Foi realizado um estudo bibliográfico sobre temas relevantes para o desenvolvimento do trabalho, abordando os seguintes: história, urbanismo, tecnologias de digitalização 3D e suas aplicações na conservação do patrimônio cultural, e acessibilidade de modelos tridimensionais em museus. A seguir, foi acompanhado o trabalho de medições nos capiteis pela equipe do LACON/CETEM, para entendimento das necessidades de digitalização para a documentação dos ensaios sendo realizados, selecionando-se um dos capiteis (identificado como o código 288/24) para a elaboração do modelo 3D por fotogrametria. Para a fotografia, foram utilizados um smartphone Android Motorola G52 (câmera de 50 megapixels) e um iPad de 8^a geração (versão 2020). No software *Polycam*, as imagens foram superpostas e medidas as coordenadas de pontos da superfície, obtendo-se uma nuvem de pontos representativa da forma tridimensional do capitão. Após o registro em formato digital 3D, foram realizados o refinamento do modelo no software *Nomad Sculpt*, removendo elementos desnecessários, ajustando a iluminação e as dimensões (largura, altura e profundidade) em relação às da peça genuína, com acurácia de 5 mm, crucial para a interpretação e documentação dos resultados dos ensaios.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de digitalização 3D do capitão foi concluído com sucesso, resultando em um modelo digital. As Figuras 1A e B apresentam imagens do capitão real, que precede o escaneamento 3D.



Figura 1: (A) Vista frontal do Capitel selecionado para a criação do modelo, no Museu da Geodiversidade, (B) Vista superior do capitão.

O procedimento de digitalização é ilustrado nas Figuras 2A e B, com a representação isométrica do capitão. A projeção isométrica, termo derivado do grego "isos" (igual) e "metron" (medida), é uma técnica de projeção paralela que representa objetos tridimensionais com três eixos (x, y, z) em uma única vista, mantendo as proporções e as medidas angulares reais. Pode ser visualizado em três dimensões no link: <https://scanner3d.my.canva.site/peocesso-modelo-digital>.

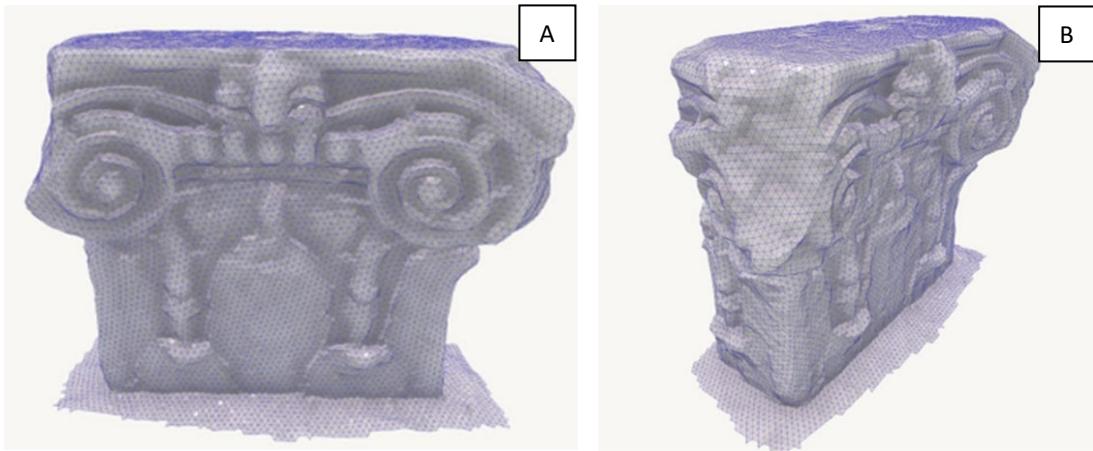


Figura 2: Projeção isométrica do capitelo 288/24 elaborada no software *Polycam* (2025) – (A) Vista fronta, (B) Vista lateral.

O produto final da digitalização 3D, após refinamento, é apresentado nas Figura 3 A e B. O modelo digital do capitelo pode-se visualizar também no link <https://scanner3d.my.canva.site/modelo-digital-finalizado>.



Figura 3: Modelo 3D do Capitel 288/24. Software: Nomad Sculpt (2025) – (A) vista frontal e (B) vista lateral.

Este modelo foi gerado a partir de 59 frames, totalizando 16.500 vértices e atingindo uma resolução de 8K. Para otimizar a qualidade e a fidelidade do modelo, foram aplicadas diversas ferramentas de pós-processamento, incluindo corte de superfície, enquadramento, ajustes de iluminação e sombreamento, e coloração. Além de servir como gêmeo digital do capitelo, no qual poderão ser registrados resultados de análises e ações de conservação realizados ao longo do tempo, o modelo desenvolvido poderá auxiliar com a realização de análises diagnósticas que precisam de distâncias precisas (Figura 4 A) como o ultrassom, por exemplo, e para a recomposição de partes faltantes por impressão 3D (BONFADA et al., 2020). A Figura 4 B também exemplifica a aplicação da ferramenta de Realidade Virtual (RV) no modelo, evidenciando o potencial de interação em ambientes imersivos.

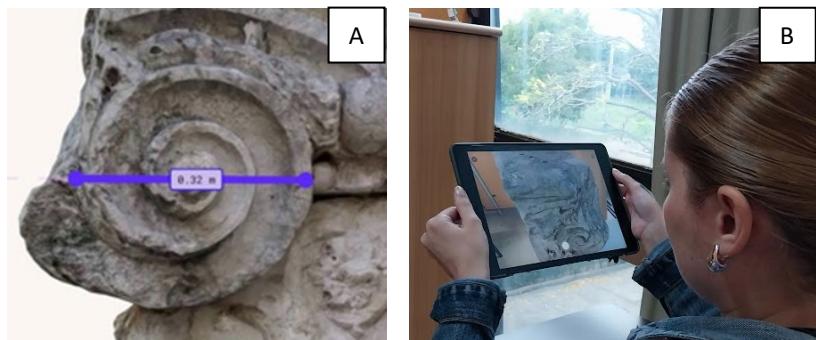


Figura 4: (A) Medição de distâncias no modelo e (B) Realidade Virtual.

5. CONCLUSÕES

Foi elaborada uma réplica digital detalhada de um capitel jesuítico para embasar ações de conservação, e *backup* robusto que garante a longevidade desse patrimônio cultural, mesmo de forma virtual. Utilizou-se e a fotogrametria para capturar dados precisos de geometria, textura e cor e as ferramentas *Polycam*, para digitalização e medição, e *Nomad Sculpt* para o refinamento, resultando em um gêmeo digital do capitel selecionado com detalhamento e qualidade para o uso durante os diagnósticos e para a conservação desse bem. O modelo não apenas documenta o estado atual do objeto, mas também permite simular impactos ambientais e até mesmo reconstruir virtualmente suas formas originais. O modelo criado poderá ser utilizado para a digitalização dos outros capiteis da coleção jesuítica do MGEO, o que deverá ser realizado na continuação do projeto. O trabalho desenvolvido mostra como a tecnologia de modelo digital 3D transcende a representação visual, tornando-se uma ferramenta estratégica na gestão e proteção do patrimônio cultural, tornando a história mais acessível, compreensível e inspiradora para todos tornando essas peças históricas acessíveis para estudo e visitação virtual.

6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, a equipe do LACON, ao CETEM e ao Museu de Geodiversidade MGEO.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCASTRO, Y.; DANTAS, P.; SILVA, F.; JACQUES, J. Ferramentas de digitalização 3D faça-você mesmo na preservação do patrimônio cultural. **Interações**, Campo Grande, 20 (2), Apr-Jun 2019. <https://doi.org/10.20435/inter.v0i0.174>
- BONFADA, C.; KAUFFMMAN, A.; SILVA, F. Desenvolvimento e Analises de Replicas em Resinas de Bens do Patrimônio Cultural com Uso de Digitalização 3D e Fabricação Digital, **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 42–53, 2020. <https://doi.org/10.11606/gtp.v15i1.152672>.
- FEHÉR, K.; TÖRÖK, A. Detecting short-term weathering of stone monuments by 3D laser scanning: lithology, wall orientation, material loss. **Journal of Cultural Heritage**, v. 58, nov-dec 2022, pp. 245-255. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2022.10.012>
- LUNARDI, B.; GALLOIS, C.J.S.; MANSUR, K.; RIBEIRO, R.; HASS, Y. Conservação Preventiva de Monumentos Pétreos: O Caso dos Capitéis da Nova Igreja dos Jesuítas do Morro do Castelo, Rio de Janeiro. **Geonomos**, V. 24, n. 2, 2016. <https://doi.org/10.18285/geonomos.v24i2.885>
- SILVA, C.A.T. **A igreja de Santo Inácio: cem anos de história, 1912-2012**. Rio de Janeiro: Colégio Santo Inácio, 2013. 36 p.
- VILA, A.B.I. **Relatório Técnico sobre a Virtualização de Esculturas Modernistas para Repositório**. Baukunst Arquitetura e Virtualização, Rio de Janeiro, 2019. 15 p.