



Aleijadinho 3D: tecnologia na difusão e preservação do patrimônio cultural

José Fernando Rodrigues Jr.¹
Mário Alexandre Gazziro²
Natália Martins de Oliveira Gonçalves³
Oscar Neto⁴
Yvan Fernandes⁵
Anayã Gimenes⁶
Caio Alegre⁷
Rômulo de Souza Assis⁸

Resumo

O projeto “Ajeijadinho 3D” é uma iniciativa apoiada pela Universidade de São Paulo (Museu de Ciências e Pró-reitoria de Cultura e Extensão) que envolve a digitalização 3D das obras do escultor Antônio Francisco Lisboa, mais conhecido como Aleijadinho. O projeto fez uso de técnicas avançadas de aquisição e tratamento de malhas 3D para difusão cultural e auxílio à preservação das obras. A difusão foi feita por meio de um portal na web de simples acesso, de maneira que a população leiga tenha a possibilidade de conhecer tais obras em detalhes usando visualização 3D. O endereço do portal é <http://www.aleijadinho3d.icmc.usp.br>. As aquisições 3D foram realizadas ao longo de uma semana, no final do mês de julho de 2013 nas cidades de Ouro Preto, MG e Congonhas, MG. A digitalização foi feita com um equipamento especial fornecido pela empresa Leica Geosystems, o qual permitiu que as obras fossem digitalizadas a distâncias entre 10 e 30 metros, definindo um procedimento não invasivo, e com logística simplificada, sem a necessidade de preparação nem de isolamento dos sítios das obras. Em Ouro Preto, foram digitalizadas as igrejas de Francisco de Assis, Nossa Senhora do Carmo, e Nossa Senhora das Mercês; em Congonhas, foi digitalizado todo o Santuário do Bom Jesus de Matosinhos e seus 12 profetas. Uma vez digitalizadas, as obras passaram por um longo processo de preparação que exigiu o tratamento minucioso das malhas realizado pelos especialistas da Universidade de São Paulo em parceria com a empresa Imprimite.

Palavras-chave: Aleijadinho, digitalização 3D, difusão, preservação do patrimônio cultural.

¹ Bacharelado (2001), Mestrado (2003), Doutorado (2007) e Pós-Doutorado (2009) em Ciências de Computação e Matemática Computacional (Universidade de São Paulo – USP); participou do programa de doutorado com estágio no exterior da CAPES, por um período de seis meses (2005-2006), na Universidade Carnegie Mellon em Pittsburgh, PA, EUA; Professor do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (ICMC – USP), junio@icmc.usp.br.

² Bacharelado em Informática (Universidade de São Paulo – USP), Especialista em Embedded Software Development (Toshiba Semiconductors – Japan), Mestre em Ciências da Computação (Universidade de São Paulo – USP), Doutorado em Física (Universidade de São Paulo – USP/ Instituto Superior de Engenharia de Lisboa), Professor do ICMC – USP, mariogazziro@usp.br.

³ História (Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP), Mestranda em Memória Social e Patrimônio Cultural (Universidade Federal de Pelotas – UFPel / CAPES), Historiadora do Núcleo de Estudos Oeste de Minas, da Associação Brasileira de Preservação Ferroviária (NEOM-ABPF), natalia@oestedeminas.org.

⁴ Ciências da Computação, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (ICMC-USP), oscarlnetoo@gmail.com

⁵ Física, IFSC-USP, yvan.fernandes@usp.br

⁶ Ciências da Computação, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (ICMC-USP), anayagimenes@gmail.com

⁷ Artes Plásticas FAAP, pós em produção digital Gnomon/Los Angeles-EUA, caio@imprimite.com.br

⁸ Eng. Agrimensor (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro), Leica Geosystems, romulo.assis@leica-geosystems.com.br

Antes mundo era pequeno
Porque Terra era grande
Hoje mundo é muito grande
Porque Terra é pequena
Do tamanho da antena
Parabolicamará

Ê, volta do mundo, camará!
Ê, ê, mundo dá volta, camará!

Gilberto Gil

Introdução

O tempo passa mais rápido. Com ele, milhares de informações à nossa volta: as distâncias parecem menores; e novos dispositivos nos conectam a um mundo cujo movimento é incessante, imediatista e convulso. As ferramentas disponíveis nos permitem conhecer tradições e realidades distintas; discutir ideias e formas de vivenciar o espaço com maior velocidade e facilidade que na geração de nossos pais.

A preservação do patrimônio parte da relação de pertencimento da comunidade (local, turística, etc.) com o bem cultural. Dessa maneira, é necessário *conhecer* para *preservar* (ORIÁ, s/r), garantindo o acesso em diversas instâncias. A conectividade e a tecnologia podem ser consideradas, portanto, fundamentais na divulgação do patrimônio cultural e, sobretudo, em sua preservação.

A partir de tais premissas, o projeto “Aleijadinho 3D”, realizado pela Universidade de São Paulo (USP) e demais parceiros, visa à divulgação, por meio de um portal, de obras atribuídas a Antônio Francisco Lisboa (1730-1814), mais conhecido como Aleijadinho. Considerado um dos maiores expoentes da arquitetura colonial brasileira, sua trajetória é repleta de lacunas e controvérsias. Próximo ao bicentenário de sua morte, o único consenso parece ser acerca da originalidade e importância de suas obras, esculpidas em sua maioria em madeira e pedra-sabão. Neste cenário, para o presente projeto, algumas de suas obras localizadas ao ar livre foram escolhidas para digitalização, justamente por estar em contato com as intempéries e, como consequência, sofrerem um processo de deterioração mais rápido. Especificamente, selecionou-se o Adro do Santuário do Bom Jesus de Matosinhos, em Congonhas do Campo; as igrejas em Ouro Preto: da Ordem Terceira de São Francisco de Assis; Nossa Senhora do Carmo; e Nossa Senhora das Mercês e Misericórdia (“Mercês de Cima”, como é chamada pelos moradores).

Digitalização 3D

Embora a digitalização de obras usando tecnologia de escaneamento 3D tenha sido aperfeiçoada e usada com maior frequência na última década, trata-se ainda de uma tecnologia nova que ainda demanda especialistas e procedimentos especiais para sua realização. Alguns exemplos de digitalização 3D de obras são o Davi de Michelangelo (LEVOY, 2000), e a própria digitalização no Santuário do Bom Jesus de Matosinhos em Congonhas, MG, realizado pela Universidade Federal do Paraná (UNESCO) que, em 2011, digitalizou os profetas do sítio para fins de preservação.

O processo de digitalização 3D é bastante complexo se comparado à aquisição de dados 2D (fotografias). Ele exige que as obras sejam escaneadas a partir de diferentes ângulos (frente, lados, costas, por cima e abaixo), um processo que demanda tempo e precisão eletrônica e mecânica. O escaneamento de uma única estátua, por exemplo, pode levar desde algumas horas até um dia inteiro, dependendo da tecnologia usada. Em termos computacionais, cada tomada a partir de cada ângulo produz um arquivo, sendo que uma única obra pode produzir mais de uma dezena de arquivos, cada um contendo uma parte da informação 3D. Estes arquivos, então, precisam ser combinados para que componham uma única informação tridimensional.

A informação tridimensional de cada obra é inicialmente produzida como um conjunto de pontos no espaço, o que é denominado malha tridimensional. Esta malha é a base de todo o trabalho que será realizado em seguida, cujo objetivo é reproduzir computacionalmente uma obra do mundo real. Uma vez que a malha está disponível em um único arquivo combinado, o passo seguinte é denominado triangulação. A triangulação é o processo de se colocar uma superfície em torno de uma malha de pontos; é este processo que torna o escaneamento 3D visualizável, pois não se terá mais apenas pontos, mas sim um objeto que reflete luz e que pode ser percebido da mesma maneira que percebemos as coisas do mundo físico.

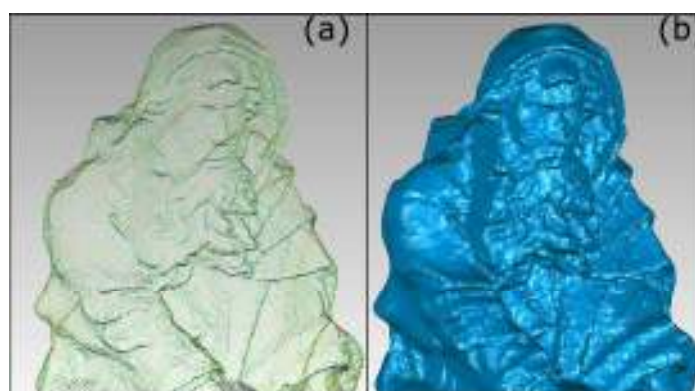


FIGURA 1 – (a) Malha de pontos 3D do profeta Isaias. (b) Malha de pontos triangulada.

A triangulação é um processo que, como o próprio nome diz, se baseia em triângulos – veja a Figura 1, sendo que quanto maior o número de triângulos, melhor é a qualidade do objeto visualizado. No entanto, grandes quantidades de triângulos podem tornar a visualização dos objetos proibitiva, pois as necessidades computacionais de processamento são tão grandes quanto a quantidade de triângulos. Com efeito, no presente projeto, a quantidade de triângulos inicial era grande o suficiente para impedir o trabalho com os dados; mesmo com computadores potentes e com grande quantidade de memória, os dados coletados tornavam o processamento demasiadamente lento. Esta restrição é determinante também no que se refere à difusão de obras digitalizadas em 3D – uma quantidade grande de triângulos não pode ser usada para disponibilização web e, mesmo que fosse, seriam necessários computadores especiais para que os dados fossem visualizados. Estas limitações determinaram a necessidade de uma etapa de preparação dos dados, denominada amostragem. A amostragem analisa os dados originais descartando informações que, embora constituintes da obra, podem ser descartadas sem prejuízo. Como ilustração, menciona-se processo semelhante realizado com música digital que, para ser transformada no popular formato MP3, passa por um processo de descarte de sons sem prejuízo à qualidade da música. O mesmo processo é aplicado quando se trabalha com obras digitalizadas em 3D e foi realizado neste projeto.

Em se tratando da digitalização de obras expostas em ambientes abertos e de grandes proporções (como igrejas e estátuas), o processo apresenta outro desafio. Quando o escaneamento é realizado, os dados gerados carregam problemas decorrentes do formato e da posição das obras. Algumas regiões são menos expostas e acessíveis do que outras, além do que os objetos e suas partes se posicionam uns diante dos outros, gerando oclusão, verdadeiras regiões de “sombra” que o equipamento de escaneamento não consegue alcançar. Como resultado, as malhas de pontos, após combinadas, trianguladas, e amostradas, apresentam “buracos” – literalmente; partes da obra que são visualizadas como orifícios pretos que arruinam a aparência dos objetos. Desta maneira, diferente do que se tem com fotografias 2D, as obras não estão prontas após serem expostas ao equipamento. De fato, a maior parte do trabalho ocorre após, quando os buracos são corrigidos, e partes ausentes das obras são refeitas, tudo manualmente.

Outra questão é o fato de que as malhas 3D, como foram digitalizadas neste projeto, não são coloridas. Os pontos das malhas são apenas informações espaciais sem coloração que, quando trianguladas, criam objetos com aparência metálica, não fiéis à obra original. Desta maneira, a próxima etapa – após a combinação, triangulação, amostragem, e correção das malhas – é a coloração. Uma vez que as obras 3D estão consistentes e sem buracos é necessário atribuir a cada uma de suas partes a aparência, e não apenas a forma, da obra

original. Para esta etapa são necessárias fotos a partir de diferentes ângulos de cada uma das obras (frente e costas), as quais são usadas para definir a aparência em cada triângulo da visualização 3D – veja a Figura 2. Note-se que um processo parecido a este é denominado de texturização; diferentemente, neste projeto, usou-se o processo de coloração, o qual traz resultados mais realistas.



FIGURA 2 – (a) Estátua do profeta Ezequiel antes da coloração. (b) Resultado do processo de coloração.

No presente trabalho, cada parte das obras – estátuas, igrejas, ambiente, e adornos – foi tratada separadamente até a coloração; isto é feito para fins de simplificação do processo e para que diferentes partes possam ser trabalhadas em paralelo por diferentes profissionais. Após a coloração, as obras 3D estão em um formato visualizável bastante próximo do real restando um último passo para que as várias partes sejam unidas em um único ambiente. Esta é a última etapa, a qual prepara o resultado final levando a ajustes em todas as etapas anteriores, pois quando os dados são unidos, percebem-se imperfeições e necessidades de amostragem, correção, e coloração dos dados. Também nesta etapa as obras 3D são acopladas a um software capaz de promover interação 3D; no caso do presente projeto, as obras foram inseridas em um ambiente onde o usuário pode andar, pular, e olhar em todas as direções, uma funcionalidade que requer tecnologia especializada.

Execução

Inicialmente, o projeto previa o uso de escâneres 3D manuais de baixo custo, os quais digitalizam as obras a uma distância entre 1 e 3 metros. Esta necessidade exigia que as obras fossem interditadas para o trabalho, de maneira que fosse possível trabalhar sobre elas de maneira controlada e sob supervisão, evitando possíveis danos. No entanto, devido à burocracia dos órgãos competentes, não se conseguiu autorização nem apoio para que o trabalho fosse feito desta maneira. A alternativa foi o uso de um equipamento especial, de alto custo, capaz de escanear as obras à distância (entre 10 e 30 metros) e que funcionasse mesmo com o trânsito de turistas e curiosos – veja a Figura 3. Este equipamento foi fornecido pela empresa Leica Geosystems (leica-geosystems.com.br), colaboradora no presente projeto.

Com o equipamento adequado, as obras de Congonhas foram escaneadas em um dia de trabalho, incluindo não apenas os 12 profetas, como também a fachada da igreja do santuário e seu adorno. Apesar da adequação do equipamento, o processo foi bastante dificultado devido à presença constante de pessoas entre o equipamento e as obras; este fato tornou a etapa de correção das malhas 3D muito mais trabalhoso, o que levou aproximadamente 3 meses para ser concluído. Além disso, alguns detalhes da obra não foram coletados. O mesmo trabalho foi executado na cidade de Ouro Preto, nas igrejas de Francisco de Assis, Nossa Senhora do Carmo, e Nossa Senhora das Mercês, em um total de 4 dias de trabalho.

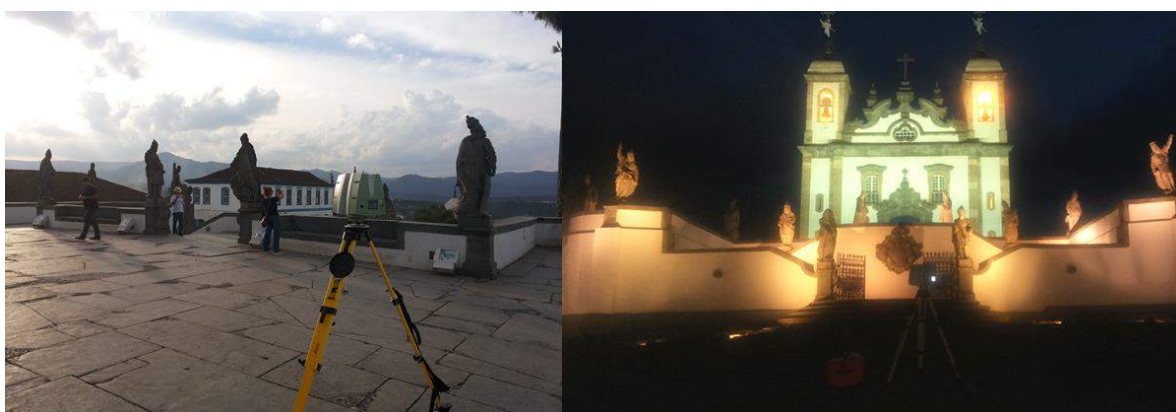


FIGURA 3 – Atividades de digitalização em Congonhas, MG.

Com as malhas 3D brutas, iniciou-se o processo de preparação dos dados. Assim, para as etapas de combinação, triangulação, amostragem, e correção das malhas foram usados softwares de código livre. O software MeshLab (<http://meshlab.sourceforge.net/>) foi usado para manipulação dos dados: visualização, cortes, preenchimento de buracos, particionamento das obras, e suavização das malhas, entre outras tarefas. Já o software Blender

(<http://www.blender.org/>) foi usado para modelagem, amostragem, reposicionamento, e união das obras, dentre outras tarefas. A preparação das malhas 3D, como já mencionado, foi a etapa mais custosa do processo, não apenas por se tratar de atividade bastante laboriosa, mas também porque trata-se de uma atividade complexa. Ela exigiu que a equipe de trabalho absorvesse novos conhecimentos, e que passasse por várias etapas de tentativa e erro. O trabalho foi bem maior do que o esperado inicialmente.

A etapa seguinte foi a coloração das obras 3D. Esta etapa inicialmente exigiu que fotos de cada uma das obras fossem reunidas, frente e costas. Em seguida foi necessária a parceria com uma segunda empresa – a Imprimite (<http://www.imprimite.com.br/>). Esta parceria foi necessária, pois o processo de coloração de malhas 3D a partir de fotos é bastante complexo, exigindo não apenas larga experiência como também softwares especiais de altíssimo custo. Assim, o processo de coloração foi usado no lugar do processo de texturização inicialmente previsto no projeto. Os resultados foram bem mais realistas, como se propunha alcançar no trabalho.



FIGURA 4 – Sítio de Congonhas (versão preliminar) já com todos os seus elementos em comparação com uma foto real.

A última etapa foi a união das diferentes partes das obras, especialmente das obras de Congonhas – Figura 4. O sítio da cidade de Congonhas foi dividido em 17 partes: 12 profetas, ádrio, brasão, porta, adorno da porta, e fachada da igreja. Estas partes foram trabalhadas em paralelo para depois serem reunidas para constituir o ambiente original. A união foi realizada usando o software Unity (<http://unity3d.com/>) que além de permitir a edição de obras 3D, também fornece um dispositivo de interação munido de diversos recursos. Neste projeto, o Unity é usado de maneira que o usuário possa se locomover no ambiente 3D dentro do qual ele pode olhar em todas as direções, explorando a obra virtualmente. A Figura 5 ilustra esta possibilidade em um ambiente de caverna digital, muito embora este tipo de recurso não é necessário, basta um monitor de computador convencional.



FIGURA 5 – Resultado interativo do projeto visualizado em uma caverna digital.

Difusão via sítio web

Como parte do projeto, foi construído o sítio web <http://aleijadinho3d.icmc.usp.br>, ilustrado na Figura 6. O sítio contém informações sobre as obras do artista Aleijadinho, disponibilizadas junto com fotos, vídeos, esclarecimentos sobre o projeto, e com os resultados da digitalização 3D. O objeto do sítio é a divulgação tanto do trabalho realizado, demonstrando o empreendimento de reproduzir um patrimônio artístico usando tecnologia computacional; quanto da obra do artista, um dos mais proeminentes artistas brasileiros. A difusão é uma iniciativa cultural da Universidade de São Paulo, apoiada por suas instituições Museu de Ciências, e Pró-reitoria de Cultura e Extensão.



FIGURA 6 – Sítio do projeto Aleijadinho 3D (<http://aleijadinho3d.icmc.usp.br>).

Conclusões

Este trabalho descreveu o projeto de digitalização 3D e difusão das obras do artista Aleijadinho das cidades de Congonhas, MG e Ouro Preto, MG. Foram descritos os processos técnicos envolvidos e também as etapas da execução do projeto, incluindo as dificuldades e soluções. O resultado foi a criação de uma versão computacional das obras do artista Aleijadinho usando tecnologia de visualização 3D; as obras foram disponibilizadas em um sítio web (aleijadinho3d.icmc.usp.br) onde usuários podem visitar virtualmente as obras e interagir com ambientes computacionais imersivos, simulando a visita aos sítios das obras. Espera-se que os resultados levem à ampla difusão da obra do artista Aleijadinho, enriquecendo a experiência cultural de pessoas de todo o Brasil e também do exterior. É esperado também que os resultados sirvam de subsídio para a preservação das obras.

REFERÊNCIAS

BURY, J.; OLIVEIRA, M. A. R. (org.). *Arquitetura e Arte no Brasil Colonial*. **IPHAN / Monumenta**, 2006.

LEVOY, Marc e outros. The Digital Michelangelo Project: 3D Scanning of Large Statues. **Proceedings of the 27th annual conference on Computer graphics and interactive techniques**, New York, NY, EUA, p. 131-144, 2000.

LIPOVETSKY, G.; CHARLES, S. **Os tempos hipermodernos**. São Paulo: Barcarolla, 2004.

LOPES, Flávio. O programa de incremento do turismo cultural. Dos novos conceitos e motivações sobre o património cultural à criação de produtos turísticos de qualidade. **Antropológicas**, n. 4, 2000, pp.243-250.

MOREIRA, M. C.; ROCHA, J. A. O.; MARTINS, J. História e tecnologia: preservação do Património estatuário como identidade cultural Lusobrasileira. **Revista Projeto História**. São Paulo, n.34, p. 69-84, jun. 2007.

ORÍÁ, R. Educação Patrimonial: conhecer para preservar. **Portal Aprende Brasil**. s/d. Disponível em: <http://www.aprendebrasil.com.br/articulistas/articulista0003.asp>. Acesso em out/2013.

UNESCO. **Profetas de Aleijadinho são digitalizados em Congonhas (MG)**. Disponível em <http://www.onu.org.br/profetas-de-aleijadinho-sao-digitalizados-em-congonhas-mg/>. Acesso em Nov/2013.