

LEVANTAMENTO FOTOGRAMÉTRICO DIGITAL DA CAPELA DE NOSSA SENHORA DA ESCADA

Natalie Johanna Groetelaars

Universidade Federal da Bahia
Faculdade de Arquitetura
Rua Caetano Moura, 121, Federação
Salvador-BA, Brasil
natgroet@ufba.br

Arivaldo Leão de Amorim

Universidade Federal da Bahia
Faculdade de Arquitetura
Rua Caetano Moura, 121, Federação
Salvador-BA, Brasil
alamorim@ufba.br

Abstract

This article describes the use of digital photogrammetric techniques for the survey of Chapel Nossa Senhora da Escada, declared heritage by IPHAN – Institute for National Artistic and Historical Heritage – in 1962. It is one of the firsts chapels built in Brazil, in the middle of sixteenth century. In this paper, we present and discuss the procedures used in this building surveying, since the planning of the measurements until the creation of the photorealistic model in PhotoModeler software. Finally, the accuracy of the 3D model is verified using control points measured by topographical methods.

Key words: heritage documentation, digital photogrammetry, surveying, 3D geometric modeling.

1. Capela de Nossa Senhora da Escada

A Capela de Nossa Senhora da Escada é um monumento tombado pelo IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, de grande relevância, por se tratar de uma das primeiras capelas construídas no Brasil em meados do século XVI. Localiza-se na Rua São Jorge, transversal à avenida Suburbana, no bairro da Escada, em um platô de uma colina, com vista para a Bahia de Todos os Santos. Não é possível precisar a data de construção da Capela de Nossa Senhora da Escada, apesar de constar em alguns documentos arquivados no IPHAN, que ela tenha sido erguida em 1536 pelo português Lázaro Arévalo, tendo sido doada por ele mesmo aos padres jesuítas em 1572 [3].

Esta capela é composta de alpendre, nave, capela-mor, sacristia, sanitário, coro, sineira e púlpito, estes três últimos com acesso por escadarias externas. Apresenta grande semelhança com outras capelas encontradas na Bahia, como a de Nossa Senhora da Ajuda (Cachoeira). Sofreu uma grande modificação no século XIX, principalmente a fachada principal (voltada para o mar) que foi transformada para o estilo barroco. A Capela de Nossa Senhora da Escada foi tombada pelo IPHAN em 1962 e no ano seguinte começaram as grandes restaurações que visaram à restauração do estilo original, na tentativa de recompor seu aspecto anterior [2].

Este trabalho aborda a utilização de técnicas fotogramétricas digitais para o levantamento da Capela de Nossa Senhora da Escada. Neste texto, são descritos os procedimentos utilizados para o levantamento dessa edificação, desde a fase de planejamento do trabalho em campo até a criação do modelo tridimensional no *software* PhotoModeler.

A Fotogrametria, desde sua invenção, sempre se mostrou uma técnica adequada no levantamento preciso de formas e dimensões [4]. Em 1858, o arquiteto alemão Meydenbauer utiliza pela primeira vez fotografias para o cadastramento de formas arquitetônicas, mostrando assim, o grande potencial desta técnica em aplicações voltadas para Arquitetura. No entanto, a Fotogrametria teve suas aplicações limitadas durante muito tempo, devido ao elevado custo para sua utilização, tanto com relação aos equipamentos necessários (como os estereoplottadores e as câmaras métricas), como à necessidade de técnicos altamente especializados para manipular tais equipamentos.

Os grandes desenvolvimentos da Fotogrametria Arquitetônica têm relação com as influências exercidas por organizações internacionais ligadas à conservação do patrimônio cultural, como o ICOMOS – International Council on Monuments and Sites – e a UNESCO [1].

A Fotogrametria aplicada à Arquitetura toma impulso somente a partir dos anos 60, quando vários países passam a se preocupar com a conservação de monumentos, levando em 1964 à criação da Carta de Veneza, que permitiu estabelecer novos conceitos para a preservação do patrimônio cultural.

Com as inovações tecnológicas propiciadas pela microeletrônica e pela ciência da computação, notadamente a partir dos anos 80 e 90, foi possível a criação e utilização de programas para a restituição fotogramétrica, o que tornou o processo mais simples, flexível e acessível, ficando mais viável para uma gama de aplicações. Esses avanços possibilitaram o desenvolvimento da Fotogrametria Digital, que utiliza equipamentos de uso geral, como microcomputadores, *scanners*, diversos tipos de câmaras, associados a programas específicos para Fotogrametria, os quais necessitam de treinamento para serem utilizados de forma correta e produzir resultados satisfatórios.

2. Procedimentos adotados

Os procedimentos realizados no levantamento fotogramétrico da Capela Nossa Senhora de Escada podem ser divididos em três fases principais: planejamento do levantamento, trabalho em campo, trabalho em escritório (o cálculo das coordenadas dos pontos de controle e a restituição fotogramétrica).

2.1. Planejamento do levantamento

Esta etapa foi realizada a partir de uma visita à capela para avaliação da edificação (geometria, dimensões) e das condições específicas do local (campo de visão, presença de obstáculos ou de pontos altos para levantamento fotográfico da cobertura). Foram determinados os equipamentos a serem utilizados e estudados os posicionamentos das estações nos diversos locais, tanto da câmara, para uma cobertura adequada da edificação e ângulos próximos a 90° entre as tomadas fotográficas, como da estação total, de forma a permitir o levantamento topográfico de pontos sobre a edificação, os quais servirão como pontos de controle da restituição. Verificou-se que seria possível circundar a edificação com uma poligonal para a amarração das estações usadas na determinação das coordenadas dos pontos de controle, no método de interseção de visadas de pelo menos duas estações.

Posteriormente no escritório, foram criadas algumas marcas de referência para serem coladas nas paredes da edificação e materializarem os pontos de controle. Desenhou-se os croquis das quatro fachadas da capela, com base nas fotografias tiradas na primeira visita ao local, para serem utilizados no trabalho em campo.

2.2. Trabalho em campo

O trabalho em campo foi iniciado com a colocação das marcas de referência sobre as superfícies das paredes, nas partes baixas e elevadas da edificação. Depois foram realizadas duas atividades em paralelo: a tomada fotográfica e o levantamento topográfico dos pontos de controle.

Para a tomada fotográfica foi utilizada a câmara digital Nikon Coolpix 5400, 5.1 *megapixels*, distância focal 28 mm – 116

mm, F2.8 – 8, com a resolução de 2592 x 1944 *pixels* (máxima da câmara). Procurou-se tirar fotografias à 45° e perpendiculares ao plano de cada uma das fachadas (Figura 1). A tomada fotográfica das partes elevadas da edificação foi feita a partir de um “caminhão concha”. Foram tiradas também fotos de detalhes (esquadrias, pisos, gradil) para permitir a representação em uma escala maior, com maior nível de detalhe e melhor precisão.



Figura 1: Algumas fotografias da capela.

Para o levantamento das coordenadas dos pontos de controle foi utilizada a estação total Elta S20 com resolução de 0,5" para as grandezas angulares e de 0,1 mm para as grandezas lineares. As estações foram posicionadas em cinco pontos ao redor da edificação, constituindo uma poligonal fechada. Cada ponto de controle foi determinado pela interseção das visadas de duas estações vizinhas, a partir da medição dos ângulos horizontal e vertical de cada estação. Foram anotados nos croquis das fachadas, as localizações aproximadas dos pontos de controle juntamente com suas numerações. Utilizou-se como pontos de controle tanto os pontos sinalizados, como os pontos naturais da edificação, sendo que estes últimos foram usados principalmente nas partes mais elevadas da capela, onde era difícil o acesso para colocação das marcas.

2.3. Trabalho em escritório

O trabalho realizado em escritório consistiu de duas etapas: o cálculo das coordenadas dos pontos através do *software* TopoGRAPH e a restituição fotogramétrica realizada pelo PhotoModeler, programa para Fotogrametria Digital.

Cálculo das coordenadas

Os dados obtidos em campo foram introduzidos no TopoGRAPH para o cálculo e o ajustamento da poligonal, e posteriormente, para o cálculo das coordenadas dos pontos de controle. O sistema de coordenadas foi definido de forma arbitrária,

onde x e y definem um plano horizontal e z , a cota ortogonal ao plano horizontal.

Os pontos de controle foram levantados a partir da interseção de duas visadas, onde em cada uma foram medidos um ângulo horizontal e um vertical, constituindo quatro grandezas para cada ponto. Como a condição mínima para calcular as coordenadas tridimensionais de um ponto são três observações, dois ângulos horizontais e um vertical, ou dois verticais e um horizontal, foi possível obter neste levantamento um parâmetro de verificação da precisão. O método adotado foi fixar a posição planimétrica e verificar a posição altimétrica (coordenada z).

Verificou-se diferenças que variavam de 0 a 10 mm para pontos sinalizados e de 5 a 17 mm para os pontos não sinalizados (pontos naturais da edificação). Pode-se perceber que a sinalização foi um fator que permitiu melhorar a qualidade da medição.

Restituição fotogramétrica

A restituição fotogramétrica no PhotoModeler consistiu basicamente em duas fases: determinação dos parâmetros de orientação das fotografias (internos e externos) e obtenção dos produtos (coordenadas, ortofotos, modelos 2D e 3D).

A orientação interna foi obtida a partir do processo de calibração completa da câmara, que permitiu o conhecimento de suas características geométricas, como a distância principal, a localização do ponto principal e os valores de distorção da objetiva. Depois disso, determinou-se os parâmetros de orientação externa, que permitiram reconstituir o posicionamento da câmara na tomada fotográfica de cada uma das fotos com relação ao sistema de coordenadas do objeto. Esta operação foi dividida em duas fases: na primeira, orientação relativa, determinou-se a posição relativa entre as fotografias, a partir da identificação dos pontos homólogos nas fotografias. Na segunda operação, chamada orientação absoluta, estabeleceram-se os eixos x , y e z e a escala do modelo, a partir da correspondência entre as coordenadas de alguns pontos de controle na edificação e as coordenadas dos mesmos sobre o modelo tridimensional gerado pelo PhotoModeler.

Depois das fotografias devidamente orientadas, pôde-se visualizar o modelo 3D em estrutura de arame gerado pelo programa. A partir da determinação das superfícies que formam o modelo e a aplicação das texturas obtidas através das fotos, foi possível obter o modelo fotorealístico da edificação (Figura 2).

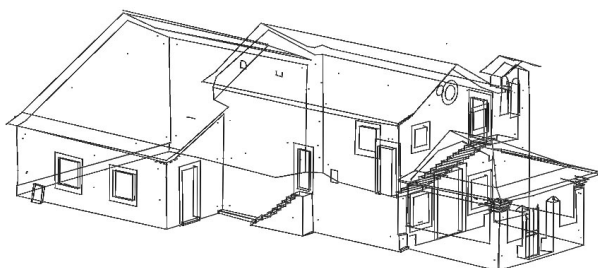


Figura 2a



Figura 2b

Figura 2: a: Modelo em estrutura de arame. b: Modelo com textura extraída das fotografias.

3. Análise dos resultados

A avaliação da precisão do modelo tridimensional gerado pelo PhotoModeler foi feita com base nos 57 pontos obtidos no levantamento topográfico, comparando-se com os pontos correspondentes no modelo. Foram realizados alguns testes a partir da determinação de pontos de controle no modelo 3D. No primeiro momento, foram utilizados apenas três pontos de controle para determinação da escala e orientação do modelo, resultado que apresentou erros muito acima do esperado (de até 15 cm). Em um segundo momento, foram usados oito pontos de controle, o que permitiu melhorar significativamente os resultados. Os erros passaram a variar de 1 mm a 19 mm para a maioria das coordenadas (x , y e z) e somente em cinco pontos variou de 50 a 65 mm. Os pontos que apresentaram maiores erros coincidiram com os pontos que não foram identificados previamente (sinalizados), o que tornou mais difícil sua identificação tanto para o levantamento topográfico como para a marcação na fotografia. Talvez aí resida a razão da diferença encontrada.

4. Conclusão

Neste trabalho, descrevemos os procedimentos adotados para o levantamento fotogramétrico da Capela Nossa Senhora da Escada. A partir dos experimentos realizados, percebe-se a importância dos pontos de controle para a obtenção de resultados precisos. A clara identificação do ponto é um fator que permite aumentar a precisão, pois facilita a leitura tanto no levantamento topográfico, como nas fotos, durante o pré-processamento dos dados.

A Fotogrametria digital apresenta muitas vantagens em relação às formas tradicionais de levantamento, principalmente por permitir a simplificação do processo de obtenção de formas e medidas, a utilização de equipamentos de baixo custo e de uso geral, a redução do tempo de levantamento em campo e a possibilidade de obtenção de uma variedade de produtos com precisão. No

entanto, a aplicação da Fotogrametria não exclui a utilização dos métodos de levantamento diretos ou topográficos, uma vez que ela não resolve todos os problemas de um cadastro. Por outro lado, alguns elementos não podem ser levantados pela fotogrametria, simplesmente devido ao fato de eles não poderem ser fotografados convenientemente.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do professor Artur Caldas Brandão que realizou o levantamento topográfico dos pontos de controle e à Fundação de Amparo à Pesquisa do estado da Bahia (FAPESB) que subsidiou na forma de bolsa de mestrado o desenvolvimento desta pesquisa.

Referências

1. CARBONNELL, Maurice. Photogrammetrie appliquée aux relevés des monuments et des centres historiques (bilíngüe). Roma: ICCROM, 1989. 165p.
2. LIMA, V. J.; AULBACH, F.; BETREUERIN, M. F. Capela de Nossa Senhora da Escada – Abschlussarbeit Aufbaustudium Denkmalpflege. 2004. Monografia (Especialização em Conservação de Monumentos) – Technische Universität Berlin.
3. MELLO, Márcia M. Couto. Capela Nossa Senhora da Escada. Estudo desenvolvido para a disciplina Técnica de Conservação e do Restauro I, do Programa de Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura da UFBA, 2001.
4. MIKHAIL, E.; BETHEL, J; MCGLONE, J. Introduction to Modern Photogrammetry. New York: John Wiley & Sons, 2001. 479p.