

MONORESTITUIÇÃO DE FACHADAS ARQUITETÔNICAS

Simone da Silva Soria Medina ¹

¹ Universidade Federal do Paraná – UFPR – Departamento de Desenho – moni@ufpr.br

RESUMO

Este trabalho mostra os procedimentos e resultados obtidos na representação gráfica de fachadas arquitetônicas através do método fotogramétrico denominado Monorestituição Digital. Um monumento arquitetônico, localizado no centro histórico da cidade de Curitiba, conhecido por “Solar do Rosário”, foi utilizado para testar a metodologia empregada neste trabalho. Sua fachada principal foi fotografada com uma câmera *Rolleiflex 6006*, dotada de *reseau*. Após a revelação do filme fotográfico, os negativos foram digitalizados através de um *scanner* fotogramétrico. O método da Monorestituição Digital pressupõe a extração das feições de interesse com apenas uma fotografia. Os elementos que compõe as feições foram então retificados através de uma transformação entre sistemas de coordenadas: as coordenadas obtidas no espaço imagem são convertidas para coordenadas do espaço objeto. A retificação, principal procedimento do método se baseia nas equações de colinearidade em sua forma inversa, que requer o conhecimento das coordenadas dos pontos do espaço objeto, no referencial fotogramétrico; posição e atitude da câmera, no referencial do espaço objeto; e coordenadas referentes a profundidade dos pontos, no referencial do espaço objeto. Estas últimas são obtidas através do Modelo Digital da Superfície – MDS, constituindo-se o principal problema da monorestituição digital aplicada a representação de superfícies arquitetônicas devido a descontinuidade característica das superfícies arquitetônicas. A solução encontrada foi “fatiar” a superfície em diferentes planos, extraindo as feições de interesse separadamente. O produto resultante foi avaliado quanto a sua precisão, comparando com pontos de controle cujas coordenadas foram obtidas através de método topográfico.

Palavras-chave: Fotogrametria, Arquitetura, Monorestituição

MONODIFFERENTIAL RESTITUTION OF ARCHITECTURAL FAÇADES

ABSTRACT

The present paper shows the procedures and results obtained in the graphic representation of architectural façades through of the photogrammetric methods to be called Monodifferential Restitution. A architectural monument, located in the historical center of the Curitiba City - South of Brazil, known by “Solar do Rosário”, was utilised in this work. Theirs main façade was photographed with a Rolleiflex 6006 câmera and after the developing of the photographic film, the negative was converted for digital media. The monodifferential restitution method presuppose the extraction of interest elements in a only photograph. These elements are then rectified, through of a transformation of projections systems: them coordinates obtained in the space image are converted to coordinates of the space object. The rectification, main procedure from the monodifferential restitution is based on the equations collinearity (inverse form), that it requires the knowledge of point coordinates in the space image, in the photogrammetric referential; coordinates of the projection center camera attitude, in the referential of the space object; and the depth of the points, in the referential of the space object. This coordinates (depth in the space object) are obtained through of the Digital Surface Model – DSM, becoming the main problem from the monodifferential restitution applied the representation of architectural surfaces, due your singular discontinuity. The solution found was “ to slice” the surface in planes different, extracted separately the interest elements. The resultant product was evaluated concerning to its accuracy by comparing points which coordinates of the space object were obtained through topographic method.

Keywords: Photogrammetry, Architecture, Mono-Differential Restitution

1. INTRODUÇÃO

A representação gráfica de um monumento arquitetônico consiste de um trabalho minucioso, realizado a partir de medições, que podem ser efetuadas por métodos diretos e indiretos. Os métodos de medição direta são morosos e exaustivos, porém são os mais utilizados em levantamentos desta natureza. Desde meados do século XIX experiências de levantamentos fotogramétricos (medição indireta) aplicados à Arquitetura, estão sendo realizadas, mostrando que a Fotogrametria pode ser uma boa opção para documentar um monumento.

A utilização da Fotogrametria é muitas vezes considerada impraticável, devido ao instrumental necessário e à mão de obra altamente especializada. No entanto estes fatores estão sendo gradativamente minimizados com o avanço da computação gráfica, processamento de dados e em consequência da Fotogrametria Digital. Os equipamentos fotogramétricos estão sendo substituídos por programas computacionais, que proporcionam soluções nas formas vetorial e raster. A facilidade operacional de alguns métodos fotogramétricos tem permitido que o próprio usuário elabore a documentação gráfica de um monumento. Para que isto seja possível é fundamental o conhecimento de cada uma das etapas necessárias para o desenvolvimento do produto fotogramétrico, desde a tomada das fotografias e levantamento dos pontos de apoio até a elaboração do produto final.

A utilização de métodos fotogramétricos na Arquitetura tem sido recomendado pelo Conselho Internacional de Monumentos e Sítios Históricos (ICOMOS), devido a versatilidade e rapidez com que podemos representar um objeto, visto que a própria fotografia já é uma forma de representação. Existem diferentes métodos fotogramétricos que podem ser aplicados à representação de monumentos arquitetônicos, seja através de restituição ou retificação de imagens. A escolha do método fotogramétrico a ser utilizado deve levar em consideração a finalidade a que se destina o levantamento, assim como a precisão requerida.

Cabe ressaltar ainda que a representação gráfica de monumentos arquitetônicos através de métodos fotogramétricos tem se restringido ao uso de fotografias retificadas e estereorestituição. A retificação de fotografias é utilizada principalmente nos levantamentos que requerem baixa precisão e em superfícies planas (ou de baixo relevo). A estereorestituição contempla as exigências mais gerais dos arquitetos e historiadores da arte, apresentando precisão satisfatória na representação gráfica das feições.

2. LEVANTAMENTO GRÁFICO DE MONUMENTOS ARQUITETÔNICOS

Para realizar trabalhos de preservação ou restauração do patrimônio edificado, é imprescindível a execução de um levantamento gráfico, que se constitui em um inventário ou uma base documental. O levantamento gráfico de um monumento, também denominado de levantamento cadastral, tem por objetivo subsidiar a elaboração de propostas de intervenção arquitetônica capazes de interromper e reverter o processo de degradação física do edifício, garantindo sua correta adequação às funções culturais e de lazer (ALMEIDA & SANTANA, 2000).

O levantamento gráfico consiste de uma descrição gráfica minuciosa do edifício, obtido a partir da tomada de medidas de largura, comprimento e altura dos ambientes assim como do registro dos detalhes construtivos, com o objetivo de torná-lo um instrumento de documentação a ser utilizado nas análises e investigações. Este levantamento pode estabelecer vínculos que vão desde os estudos históricos até aqueles puramente tecnológicos, ratificando, portanto, as funções de registro, identificação e proposição que este instrumento assume (ALMEIDA & SANTANA, 2000).

O registro gráfico proporciona a leitura do espaço e de sua arquitetura assim como de suas tipologias, morfologia e estado de conservação, além de ganhar importância no processo de avaliação da integração da nova arquitetura projetada com seu entorno, como um ato de tecer o novo e o antigo juntos (SAMPAIO, 2000).

2.1. LEVANTAMENTO GRÁFICO TRADICIONAL

O levantamento gráfico de monumentos arquitetônicos é efetuado, tradicionalmente, com técnicas simples como o levantamento a trena, *in loco*, onde todos os elementos necessários para sua representação são cuidadosamente medidos. Esta técnica tradicional, utilizada na maioria dos trabalhos realizados no Brasil, baseia-se em medições diretas sobre o monumento, o que além de torná-lo mais moroso, dependendo do estado de conservação, pode ainda danificá-lo. O desenho é normalmente efetuado pela mesma pessoa que efetua o croqui do

levantamento, não sendo raro o retorno ao campo para complementar ou averiguar medidas imprescindíveis a fim de concluir a representação.

Algumas dificuldades são encontradas no levantamento a trena: representação dos elementos curvos, que requerem sua medição em vários pontos ao longo da superfície; tamanho do monumento, pois quanto maior sua extensão, mais demorado se torna o levantamento, chegando a inviabilizar a utilização de trenas; representação dos ângulos entre as arestas, que nem sempre são retos.

A Topografia é também utilizada para auxiliar a medição de algumas feições, através do uso de equipamentos que permitem medições indiretas tais como teodolitos ou estações totais, cuja representação se efetua através de coordenadas calculadas analiticamente.

2.2. O USO DA FOTOGRAFIA NA ARQUITETURA

Antes do advento da fotografia, a representação de objetos, monumentos arquitetônicos e até mesmo da superfície terrestre já era baseada nas propriedades das projeções cônicas, também conhecida por perspectiva central, através de registros obtidos por desenhos à mão livre. A fotografia é uma perspectiva central que registra “objetos” instantaneamente, sendo uma valiosa fonte de informações a respeito deles. A fotografia representa geometricamente um objeto, tendo ainda informações adicionais sobre sua cor e textura, podendo identificar os materiais que a compõem, como também seu estado de conservação.

O uso da fotografia na Arquitetura vem desde o seu surgimento, no início do século XIX. A Arquitetura é intensamente enfocada no período pioneiro da fotografia devido ao fato da Arquitetura ser uma das faces pelas quais se podia registrar o mundo em sua diversidade cultural, sendo hoje conhecida, divulgada e interpretada através de imagens fotográficas (CARVALHO & WOLF, 1998).

As preocupações e interesses da Arquitetura em relação ao passado propiciaram a abertura de um fértil campo de trabalho a ser explorado por fotógrafos. Os registros de arquitetura, feitos tradicionalmente através da representação em desenho, passaram assim a contar com os recursos da fotografia, quando se tratava de representar o existente. As potencialidades da fotografia como um registro fiel possibilitou também a revelação de detalhes das estruturas fornecendo documentos de estados sucessivos de obras em andamento.

A difusão da fotografia, com a produção comercial em grande escala de equipamentos (câmeras) baratos, permite que pessoas comuns registrem, através de imagens, cenas do cotidiano, incluindo monumentos arquitetônicos de grande valor histórico como também simples edificações. Esses registros amadores são, às vezes, a única fonte de informações a respeito da edificação e podem servir como base de seu cadastramento.

2.3. FOTOGRAMETRIA ARQUITETÔNICA

Fotogrametria é a ciência e tecnologia usada para a obtenção de informações confiáveis através de processos de registro, interpretação e mensuração de imagens. Desde sua concepção, a Fotogrametria é principalmente aplicada na elaboração de mapas em colaboração de outras ciências como a Geodésia e a Cartografia (ANDRADE, 1998).

Para outras aplicações, além do mapeamento topográfico, tem sido utilizado os termos Fotogrametria não Topográfica, Fotogrametria a Curta Distância ou Fotogrametria Especial. As principais áreas de aplicação não topográfica da Fotogrametria são a Arquitetura, a Medicina e a Engenharia Industrial (KARARA, 1989).

A idéia de utilizar as propriedades geométricas de fotografias em levantamentos arquitetônicos surgiu por volta de 1840. As primeiras experiências baseadas na perspectiva fotográfica começaram a aparecer dez anos mais tarde, sendo o primeiro levantamento desenvolvido por Albrecht Meydenbauer no ano de 1867, quando foi introduzido o termo “Fotogrametria Arquitetônica” (CARBONELL, 1989).

O uso da Fotogrametria em levantamentos arquitetônicos ficou estagnado durante muitos anos. Somente após a 2ª. Guerra Mundial, com a finalidade de registro de monumentos históricos, como subsídio a trabalhos de conservação e restauração, é que a Fotogrametria Arquitetônica começou a ser motivada. Hoje, muitos levantamentos arquitetônicos baseiam-se em técnicas fotogramétricas.

O levantamento fotogramétrico arquitetônico pode ser classificado, de acordo com JAUREGUI & JAUREGUI (2000), em levantamento geral e levantamento detalhado. O levantamento geral é utilizado para representar a forma da construção de maneira geral, mostrando suas principais linhas arquitetônicas. Este tipo de levantamento é utilizado para trabalhos preliminares de restauração, bem como em inventários.

Levantamentos detalhados são completos e rigorosos, usados na documentação sistemática de construções a serem restauradas. Seu objetivo é produzir todas as informações necessárias para preparar o projeto de restauro. Estes levantamentos requerem alta precisão.

Para o ICOMOS (Conselho Internacional de Monumentos e Sítios), os levantamentos para representações de monumentos e sítios históricos são divididos em três grupos, de acordo com suas necessidades e exigências. O primeiro grupo, denominado de levantamentos rápidos e relativamente simples engloba os estudos preliminares, inventário e estudo da história da arte. O erro máximo permitido no posicionamento dos pontos é de 5 cm, sendo a representação gráfica efetuada na escala 1:100 ou 1:200. A representação envolve linhas arquitetônicas principais, em elevações e seções verticais.

O segundo grupo, denominado de levantamentos precisos, atende as exigências mais gerais dos arquitetos e historiadores da arte. Este grupo engloba os levantamentos de conservação do patrimônio, administrado por organizações oficiais. A variedade de aplicações dos levantamentos precisos é grande: análise de monumentos, conservação e restauração, levantamento de monumentos históricos, desenvolvimento de fachadas, decoração de monumentos e levantamentos arqueológicos.

A escala da representação gráfica dos levantamentos precisos é normalmente 1:50, sendo de 1 a 2 cm o erro máximo permitido no posicionamento dos pontos. Para edifícios grandes a escala preferida é 1:100, porém com detalhes em 1:20 ou 1:10. O levantamento envolve elevações de fachadas exteriores e de paredes interiores, seções verticais, plantas, desenho de abóbadas ou tetos. Para expressar a forma de superfícies curvas, abóbadas ou cúpulas são utilizadas curvas de nível. A escolha e a determinação dos planos de referência é muito importante para o levantamento.

O terceiro grupo de levantamentos corresponde ao de alta precisão. O erro máximo admissível nos levantamentos deste grupo é de 1 mm, chegando em alguns casos a 0,1 mm. A aplicação destes levantamentos está na representação de elementos esculpidos (estátuas ou decoração) ou ainda em objetos arqueológicos ou de arte. Um dos objetivos deste tipo de levantamento é o monitoramento periódico, devido a “doença da pedra”, que degrada progressivamente o monumento.

Independente do grupo e da precisão requerida, o levantamento fotogramétrico é um procedimento complexo que requer um bom planejamento das atividades envolvidas para se obter resultados satisfatórios. O esquema mostrado na figura 1 mostra as etapas a serem cumpridas e planejadas em um levantamento fotogramétrico.



Figura 1 – Esquema das Atividades de um Levantamento Fotogramétrico
Fonte: Adaptado de JAUREGUI & JAUREGUI (2000)

3. RESTITUIÇÃO FOTOGRAMÉTRICA

A restituição fotogramétrica é definida como o processo de reconstrução de uma superfície ou objeto a partir de mensurações em fotografias, com o objetivo de representá-lo gráfica ou numericamente. O processo é efetuado através de fotografias devidamente orientadas (orientação interior e exterior), das quais se extrai as feições desejadas.

O produto da restituição é denominado de original fotogramétrico, o qual é obtido através de estereorestituidores ou monorestituidores. A estereorestituição é baseada na utilização simultânea de duas fotografias de um mesmo objeto, porém, obtidas com centros de perspectiva diferentes e a monorestituição se baseia na utilização de apenas uma fotografia.

3.1. MONORESTITUIÇÃO

O método de monorestituição pressupõe a solução do problema em uma única fotografia, na qual são extraídas as feições desejadas para representar o objeto considerado. A fundamentação matemática básica do método foi concebida por Makarovik em 1973 e consiste em transformar coordenadas fotogramétricas em coordenadas tridimensionais do espaço objeto MITISHITA (1997) e FRAGASSI (1998).

O conceito reside na interseção da reta definida pelo centro de projeção, ponto objeto e ponto imagem, denominada de reta da colinearidade, com a superfície do objeto fotografado (MDT – Modelo Digital de Terreno ou MDS – Modelo Digital de Superfície), conforme mostrado na figura 2.

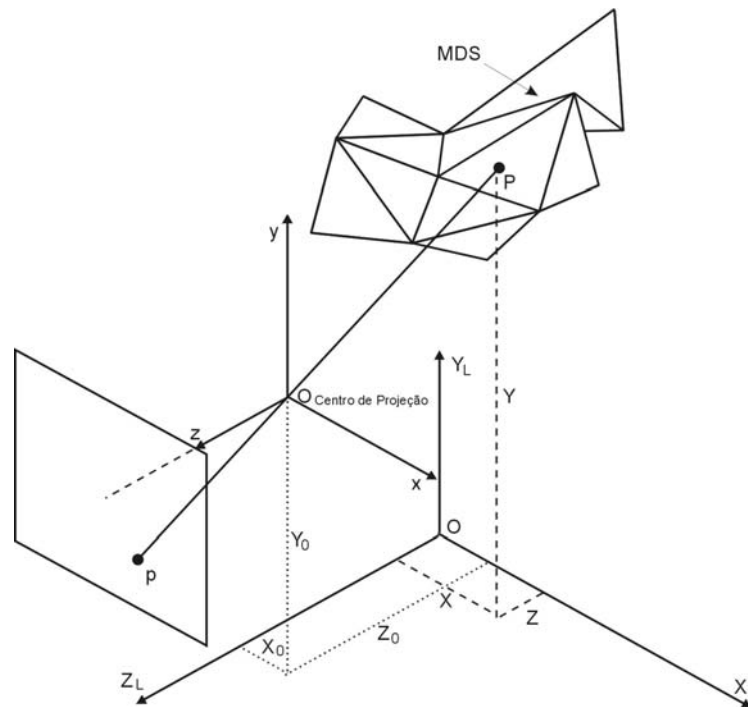


Figura 2 – Interseção da reta de colinearidade com o MDS
Fonte: MEDINA (2002)

A monorestituição consiste da aplicação de um conjunto de transformações matemáticas que possibilita a obtenção da representação gráfica de um objeto, a partir da digitalização vetorial de suas feições MITISHITA (1997). A principal transformação (retificação vetorial) do método baseia-se nas equações de colinearidade, na sua forma inversa:

$$\begin{aligned}
 X &= X_0 + (Z - Z_0) \frac{m_{11}x + m_{12}y + m_{13}c}{m_{13}x + m_{23}y + m_{33}c} \\
 Y &= Y_0 + (Z - Z_0) \frac{m_{12}x + m_{22}y + m_{23}c}{m_{13}x + m_{23}y + m_{33}c}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

sendo:

(x, y, c) = coordenadas do ponto p do espaço imagem no referencial fotogramétrico;

(X, Y, Z) = coordenadas do ponto P do espaço objeto no referencial local;

(X_0, Y_0, Z_0) = coordenadas do centro de projeção no referencial local;

$\begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix}$ = elementos da matriz de rotação M , necessária para deixar os referenciais (fotogramétrico e local) paralelos entre si.

Através da figura 2 e das equações 1, verifica-se a importância do conhecimento do MDS para representar graficamente um objeto através da monorestituição. A geração do MDS é o principal problema encontrado na monorestituição aplicada à Arquitetura, devido a detalhes não imageados e descontinuidades na superfície.

4. METODOLOGIA

Com o objetivo de especificar e avaliar a monorestituição digital em levantamentos gráficos de monumentos arquitetônicos foi escolhida uma edificação histórica (Solar do Rosário), localizada no centro da cidade de Curitiba, cadastrada pelo município como Unidade de Interesse de Preservação, denominada neste trabalho de Monumento Teste.

A elevação (fachada) principal do Monumento Teste, foi fotografada com uma câmera *Rolleiflex 6006*, obtendo 4 fotografias cuja configuração das estações de exposição das fotografias em relação à fachada é mostrada na figura 3. A posição das estações de exposição e número de fotografias foram determinados levando em consideração a configuração mínima exigida pelo método de câmeras convergentes para calibração de câmeras (ver OLIVAS, 1980), sendo este utilizado na determinação dos parâmetros inerentes à câmera. As fotografias foram convertidas para meio digital utilizando um *scanner* fotogramétrico da marca *WERHLI*, com resolução ótica de 2500 dpi (*dots per inch*).

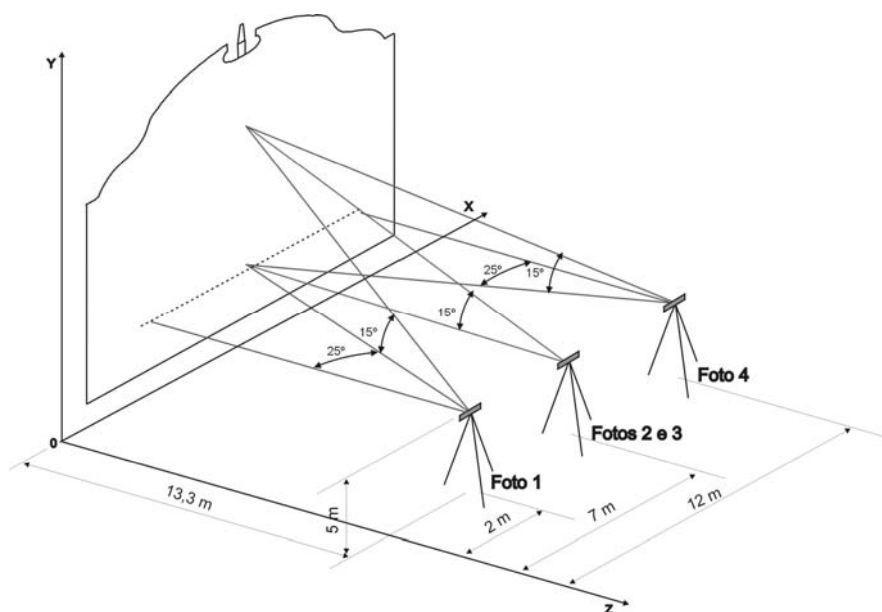


Figura 3 – Estações de Exposição das Fotografias

Foram determinados pontos de apoio com a finalidade de materializar o sistema de coordenadas do espaço objeto, assim como permitir a determinação dos parâmetros de calibração da câmera. Determinou-se também pontos de comparação que foram utilizados na avaliação do produto fotogramétrico obtido. Estes pontos foram obtidos topograficamente, através de uma estação total (TC 2002 – *Leica*). As coordenadas foram calculadas através de programas desenvolvidos nos *softwares Microsoft Excel e MATLAB*. A figura 4 mostra a distribuição dos pontos de apoio na fachada principal do monumento teste.

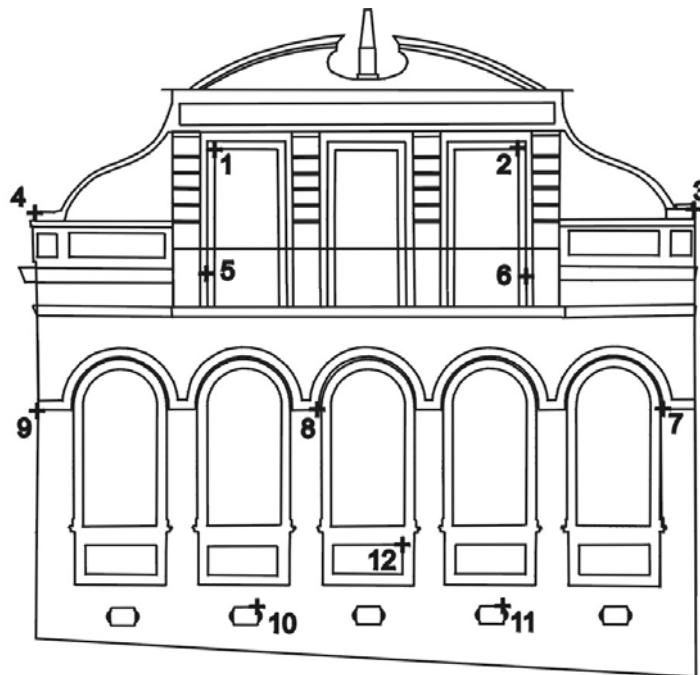


Figura 4 – Distribuição dos Pontos de Apoio

As coordenadas dos pontos de controle e fotogramétricos, no referencial instrumental, foram medidas manualmente nas imagens digitais através de um programa *MDL* do *Sistema Monorestituídor Digital*, integrado ao sistema de computação gráfica *MicroStation PC*. As coordenadas foram então transformadas para o sistema fiducial utilizando programas elaborados no *software MATLAB*.

A monorestituição foi realizada no *Sistema Monorestituídor Digital* (ver MITISHITA, 1997), associado ao sistema de computação gráfica *MicroStation PC* e seu módulo de tratamento de imagens *Descartes*. As feições de interesse foram extraídas em um arquivo gráfico vetorial.

O *Sistema Monorestituídor Digital* aplica técnicas da Fotogrametria Analítica e através de observações monoscópicas em imagens digitais, são realizados todos os procedimentos fotogramétricos necessários à monorestituição. O principal procedimento consiste em retificar o arquivo gráfico oriundo da extração de entidades, transformando-o para o sistema de coordenadas do espaço objeto.

A retificação é baseada nas equações de colinearidade (em sua forma inversa), que requerem o conhecimento de: coordenadas dos pontos do espaço imagem, no sistema fotogramétrico; coordenadas do centro de projeção e ângulos eulerianos da câmera, no referencial do espaço objeto; e coordenadas referentes à profundidade dos pontos (Z), no referencial do espaço objeto.

As coordenadas dos pontos no referencial fotogramétrico são obtidas a partir da orientação interna da fotografia, que tem por finalidade recuperar seu feixe perspectivo. A orientação interna é realizada através da leitura das marcas fiduciais, no referencial instrumental, cujas coordenadas no referencial fiducial precisam ser conhecidas (obtidas da calibração da câmera). Para transformar coordenadas do sistema instrumental para o fiducial, o *Sistema Monorestituídor Digital*, permite a utilização de diferentes transformações matemáticas: transformação afim geral no plano; transformação projetiva; ou polinômio de segundo grau. Neste trabalho, aplicou-se a transformação afim geral empregando as quatro marcas principais do *reseau*.

A posição (coordenadas do centro de projeção no espaço imagem) e a orientação (ângulos de Euler) da câmera, em relação ao sistema de coordenadas do espaço objeto, são obtidas a partir da orientação espacial exata (orientação exterior) da fotografia. O processamento desta orientação requer coordenadas dos pontos de apoio, nos referenciais instrumental e local (espaço objeto).

O valor da profundidade de cada ponto do espaço objeto, no *Sistema Monorestituídor Digital*, é obtido através de um procedimento de interpolação altimétrica, a partir de um modelo digital da superfície – MDS, gerado a partir de pontos de referência tridimensionais. A qualidade do produto resultante da monorestituição depende da qualidade do MDS: se o modelo não representar a superfície com fidelidade, o produto não corresponderá à realidade.

Superfícies arquitetônicas são caracterizadas por descontinuidades, fator este que gera imperfeições na produção de MDS. Estas imperfeições inviabilizaram a aplicação da monorestituição na representação gráfica de obras arquitetônicas. A solução encontrada para obter um produto através da extração monoscópica das feições de interesse do monumento teste foi “fatiar” a superfície por diferentes planos, paralelos ao plano principal da fachada.

Foram produzidos quatro arquivos vetoriais distintos, cada um correspondendo às feições arquitetônicas de mesma profundidade. Primeiramente extraiu-se as linhas arquitetônicas de interesse do plano principal da fachada, cujos pontos possuem profundidade média de 3 metros, sendo utilizados na retificação destas linhas, apenas pontos de apoio correspondentes a este plano. Após processadas todas as etapas da monorestituição obteve-se um arquivo gráfico vetorial com as feições referenciadas ao sistema de coordenadas do espaço objeto.

Em uma segunda etapa extraiu-se as feições de um segundo plano, paralelo ao plano principal da fachada, sendo a distância entre eles conhecida (6 cm). A partir de pontos de apoio referentes a este novo plano, realizou-se novamente a orientação exterior da fotografia e as feições foram transformadas para o sistema de coordenadas do espaço objeto.

Extraíu-se então, feições de um terceiro plano (distante 10 cm do principal) obtendo um novo arquivo gráfico vetorial, destas feições retificadas. Com as feições mais distantes do plano principal da fachada (72 cm) obteve-se um quarto arquivo vetorial cujas feições também foram retificadas. Ao final foram agrupados os quatro arquivos gráficos vetoriais em apenas um, o qual passou por um processo final de edição das feições. A figura 5 mostra o resultado obtido da monorestituição digital após a edição final.

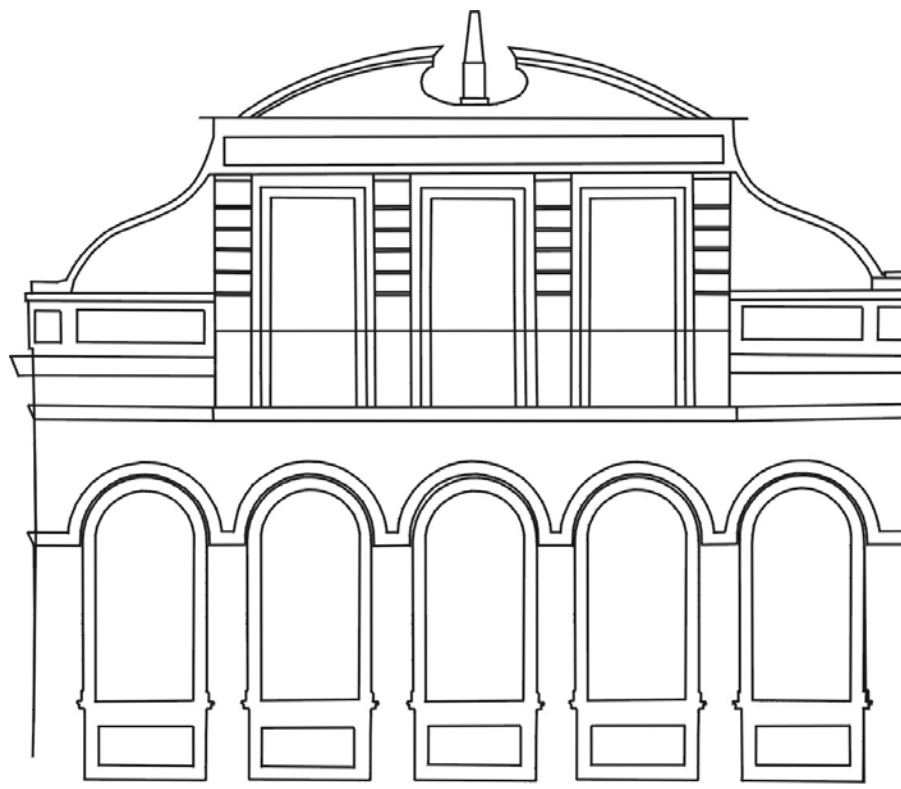


Figura 5 – Representação Gráfica do Monumento Teste obtida por Monorestituição

5. RESULTADOS

Após a obtenção do produto final, analisou-se a sua precisão através das diferenças encontradas nas coordenadas dos pontos de comparação, referentes ao espaço objeto. Foram escolhidos 28 pontos de comparação, distribuídos nos quatro planos utilizados na elaboração do produto fotogramétrico por monorestituição, cujas coordenadas foram determinadas topograficamente. A tabela 1 mostra as diferenças entre as coordenadas dos pontos de comparação, obtidas por monorestituição e as obtidas topograficamente e os respectivos desvios.

Tabela 1 – Diferenças entre as Coordenadas dos Pontos de Comparação

Ponto/Plano	X (m)	Y (m)	Desvio (cm)
1-1	-0,001	-0,004	0,4
2-1	-0,007	-0,010	1,2
3-1	0,000	-0,013	1,3
4-1	-0,012	0,003	1,2
5-1	-0,004	-0,003	0,5
6-1	0,004	0,000	0,4
7-1	0,003	-0,004	0,5
8-1	-0,001	-0,012	1,2
1-2	-0,006	0,004	0,7
2-2	-0,007	-0,024	2,5
3-2	-0,002	0,008	0,8
4-2	-0,001	-0,001	0,1
5-2	-0,009	0,002	0,9
6-2	0,003	0,005	0,6
7-2	-0,002	0,001	0,2
8-2	-0,007	-0,005	0,9
1-3	-0,004	0,007	0,8
2-3	0,005	-0,010	1,1
3-3	-0,008	0,009	1,2
4-3	-0,002	0,007	0,7
5-3	-0,001	-0,004	0,4
6-3	0,001	-0,001	0,1
7-3	-0,002	-0,005	0,5
8-3	-0,002	-0,002	0,3
1-4	-0,003	-0,004	0,5
2-4	0,004	0,004	0,6
3-4	-0,006	0,000	0,6
4-4	-0,002	0,002	0,3

Os desvios encontrados entre as coordenadas dos pontos de comparação obtidas topograficamente, com as obtidas da monorestituição foram representados graficamente, conforme mostrado na figura 6. Todos os pontos analisados pertencem ao círculo externo, apresentando desvio inferior a 5 cm (grupo de levantamentos rápidos ou relativamente simples). Apenas um ponto (ponto 2-2, com desvio de 2,5 cm) não pertence ao círculo correspondente ao grupo de levantamentos precisos (desvio inferior a 2 cm).

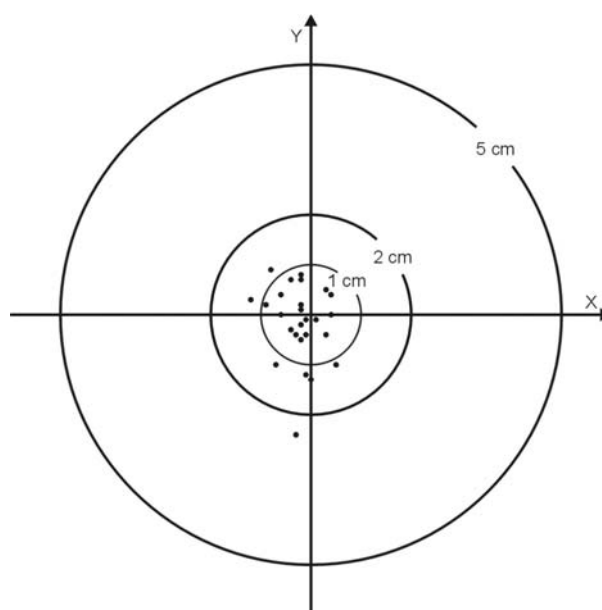


Figura 6 - Desvios dos Pontos de Comparação obtidos na Monorestituição

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados nas coordenadas obtidas a partir da monorestituição ofereceram precisão melhor que 1 cm, atendendo portanto às precisões estabelecidas pelo ICOMOS tanto para levantamentos rápidos como para levantamentos precisos.

O produto da monorestituição com a citada precisão só foi possível “fatiando” a superfície em diferentes planos, paralelos entre si, cada um correspondendo a feições de diferentes profundidades. Para cada plano foi gerado um arquivo gráfico, sendo ao final agrupados e efetuadas edições complementares. A grande vantagem do método está na facilidade operacional, o qual não necessita de profissionais especializados e visão estereoscópica.

A recomendação do método fotogramétrico a ser escolhido para representar um monumento arquitetônico deve entretanto considerar o grau de precisão exigido no levantamento, assim como as características inerentes à superfície.

Se a superfície do monumento for praticamente plana, com detalhes em baixo relevo (até 10 cm) e o levantamento requerer precisão de até 5 cm (levantamentos rápidos) a fotografia retificada pode ser a escolhida, pois além de sua simplicidade, as feições são representadas sem as “abstrações” existentes na restituição fotogramétrica. Para levantamentos precisos, a recomendação é pela utilização da restituição fotogramétrica e no caso da superfície permitir o “fatiamento”, a monorestituição deverá ser preferida pela sua simplicidade e rapidez, enquanto que, se a superfície apresentar detalhamentos excessivos, como no caso da arquitetura barroca, a estereorestituição deverá ser a escolhida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, Maria do Carmo Baltar Esnaty de; SANTANA, Mariely Cabral de. Levantamento gráfico das ruínas da casa da Torre de Garcia D'Ávila. In **Graphica 2000**. Ouro Preto: IV International Congress on Engineering Graphics for Arts and Technical Drawing & 14º Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico, CD-Rom, 2000.
- ANDRADE, José Bittencourt de. **Fotogrametria**. Curitiba: SBEE, 1998. 242p.
- CARBONELL, Maurice. Architectural Photogrammetry. In: KARARA, H. M. **Non-topographic photogrammetry**. Falls Church, Virginia: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 1989. p.321-347.
- CARVALHO, Cristina Wolff de; WOLFF, Sílvia Ferreira Santos. Arquitetura e fotografia no século XIX. In: **Fotografia: usos e funções no século XIX**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1998. p. 131-172.
- FRAGASSI, Antonio de Padua Mendonça. **Desenvolvimento e implementação de um aplicativo para extração de feições arquitetônicas sobre imagens digitais**. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. Curitiba: UFPR, 1998. 223p.
- JAUREGUI Luis M.; JAUREGUI, Manuel. Terrestrial photogrammetry applied to architectural restoration and archaeological surveys. In **International archives of photogrammetry and remote sensing**. Amsterdam: International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, vol. XXXIII (B5), 2000. p. 401-405.
- KARARA, H. M. (Ed.) **Non-topographic photogrammetry**. 2. Ed. Virginia: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Falls Church, 1989. 445p.
- MEDINA, Simone da Silva Soria. **Análise de produtos fotogramétricos para cadastramento de monumentos arquitetônicos**. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas). Curitiba: UFPR, 2002. 131p.
- MITISHITA, Edson Aparecido. **Monorestituição digital de aerofotos, associada com sistema de computação gráfica C.A.D., para fins de mapeamento na área florestal**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Curitiba: UFPR, 1997. 253p.
- OLIVAS, Mary Angélica de Azevedo. **Calibração de câmaras fotogramétricas**. Dissertação (mestrado em Ciências Geodésicas). Curitiba: UFPR, 1980.
- SAMPAIO, Suzanna. Aspectos urbanos, históricos e legais da preservação do Brasil. In: **Revista do ICOMOS-Brasil**. São Paulo: ICOMOS/BR, 1998. p. 8-17.

AGRADECIMENTOS

Ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná por proporcionar a execução do projeto de pesquisa, cujo trabalho apresentado corresponde a análise de um dos produtos elaborados, e em especial ao professor Quintino Dalmolin por incentivar e colaborar na conclusão do projeto.