

---

## CALIBRAÇÃO DE CÂMERAS DE BAIXO CUSTO UTILIZANDO DADOS LIDAR

GRAZIELLA VALENÇA DE SOUZA  
EDSON APARECIDO MITISHITA  
ALVARO MURIEL LIMA MACHADO

Universidade Federal do Paraná - UFPR  
Setor de Ciências da Terra  
Departamento de Geomática, Curitiba - PR  
regan.gra@gmail.com  
mitishit@ufpr.br  
alvaromlm@milenio.com.br

---

**RESUMO** – A calibração de câmeras de baixo custo através de dados laser scanner mostra-se uma técnica interessante atualmente, devido ao crescente manejo de tal instrumento. Isto deve-se à alta precisão das leituras realizadas através do laser scanner terrestre em campo. Realizou-se o método das câmeras convergentes utilizando como área de estudos a escadaria do bloco de Ciências da Terra, localizado no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, a qual encontra-se na capital deste estado. A comparação dos resultados obtidos na calibração da câmera com dados laser e dados de uma estação total mostra o grau de confiança que se obtém do método.

**ABSTRACT** – The low cost camera calibration through laser scanner data shows its an interesting technique today, because, due to the increasing management of such an instrument. This is due to the high precision of the reading taken by the laser scanner on the field. There was the method using cameras converging on the study field as the starway of the Earth Sciences block, located in the Polytechnic Center of the University of Paraná, which is in this state capital. The comparison of results in the calibration with laser scanner data and total station shows the degree of confidence one gets from the method.

---

### 1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento da Fotogrametria à curta distância, a utilização de câmeras digitais de baixo custo recebeu um grande destaque.

O principal problema no uso destas câmeras para tais aplicações, consiste no conhecimento prévio dos parâmetros de orientação interior, para recuperar aos parâmetros que permitem obter a geometria projetiva para o instante da tomada da fotografia. Estes parâmetros são determinados por processos de calibração de câmeras, o qual consiste na utilização de equações matemáticas que modelam os efeitos que afastam a geometria projetiva.

Este trabalho fará o uso do método convencional de câmeras convergentes, sendo que o sistema de aquisição de dados será variado. Em um primeiro momento a calibração será realizada na área de estudos com dados obtidos através de uma estação total, e posteriormente, com dados laser scanner.

#### 1.1 Objetivo

O objetivo do trabalho é desenvolver metodologia para calibrar uma câmera digital Sony DSC-F828 não métrica e de pequeno formato, através de dados gerados por uma varredura do sistema LIDAR (*Light Detection and Ranging*), comparando com a aquisição de dados via estação total da mesma área.

#### 1.2 Justificativa

Desenvolver metodologia para calibrar uma câmera de pequeno formato com dados LIDAR, que consiste em uma tecnologia de última geração, a qual tem sido utilizada com muito êxito no campo das Geociências.

Utilizar câmeras digitais de baixo custo na Fotogrametria.

### 2 CALIBRAÇÃO

Segundo Olivas (1980) a necessidade do aperfeiçoamento da construção de câmeras fotogramétricas fez com que surgisse a calibração.

Eisenhart (1963) afirma que a calibração de instrumentos e padrões envolve formas refinadas de mensuração.

Andrade (2003) define os seguintes princípios que as mensurações devem atender:

- O método de mensuração deve ser completamente definido;
- As mensurações devem ter um estado de controle estatístico;
- O método de calibração deve ser tão próximo das condições normais do uso do instrumento, ou seja, deve ser calibrado o sistema de mensuração.

Segundo Galo (1993) a calibração pode ser entendida como um procedimento para a determinação de um conjunto de parâmetros inerentes à câmera, os quais permitem a reconstituição do feixe perspectivo que deu origem a imagem. Fragassi e Silva (2000) complementam que a partir desta definição, pode-se observar que a calibração de câmeras ocupa um espaço fundamental na Fotogrametria, seja ela topográfica ou não topográfica.

Para Fryer (1989) o termo orientação interior é usado para descrever os parâmetros interiores à câmera que modelam a passagem do raio de luz ao plano da imagem. O conjunto de parâmetros que é usualmente determinado com a calibração de câmera constitui de: constante da câmera, o ponto principal de autocolimação e os parâmetros de distorção radial e descentrada.

Andrade (2003) ainda coloca que a condição de colinearidade fornece a mais útil ferramenta para estabelecer o vínculo geométrico entre o espaço objeto e o espaço imagem. Entretanto influências físicas tais como: distorção de lentes, trabalho do filme, refração atmosférica, excentricidade do ponto principal,; requerem métodos mais refinados para minorar os erros introduzidos por estas causas.

Para Fryer (1989) a calibração é comumente executada em três modos: em laboratório, em campo ou autocalibração. Aqui será tratado apenas o método de campo das câmeras convergentes, como a seguir.

## 2.2 Método das câmeras convergentes

Neste método Brown (1966) afirma que devem-se tirar fotos da área de estudos, convergentes, e uma rotacionada em torno do eixo Z, a fim de quebrar a correlação entre os parâmetros.

Geralmente são tomadas fotos com ângulos aproximados de 0°, 45° e -45° em relação ao eixo y da área de estudos, e uma foto rotacionada em 90° em torno do eixo z, a qual permite determinar a distorção descentrada.

## 3 MATERIAL

### 3.1 Câmera Fotográfica

Para este trabalho, foi utilizada a câmera Sony Cybershot DSC-F828 não métrica, de pequeno formato. O tamanho do CCD é de 11mm (diagonal), possuindo 1920

linhas por 2560 colunas. O tamanho do pixel é de 3,4375 micras.

### 3.2 Laser Scanner

O laser scanner utilizado nesta pesquisa é o Cyrax HDS 3000 fabricado pela Cyra Tecnologias – (Oakland, E.U.A.), subsidiária da Leica Geosystems.

O sistema consiste do aparelho para a varredura laaser, o software Cyclone que é executado em um laptop, o sistema de força (bateria) e acessórios (tripé e 13 alvos).

### 3.3 Estação total

A estação utilizada como referência para a acurácia nesta pesquisa é a estação total Topcon GPT 3007 W, com a precisão linear de 1mm e angular de 7".

## 4 MÉTODOS

### 4.1 Área de Estudos

A área de estudos localiza-se na escadaria do bloco de Ciências da Terra, localizada no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná.

Este local foi escolhido pois apresenta uma boa visibilidade de ambos lados da escada, para a tomada de fotos convergentes, bem como várias profundidades para uma ampla avaliação dos resultados.

### 4.2 Calibração na área de estudos

Na área de estudos foram colocados 13 alvos refletores, dispostos conforme ilustra a figura 1. Estes são contados da esquerda para a direita, de cima para baixo, sendo o mais central em relação aos alvos na escada a origem do sistema local (ponto 07).

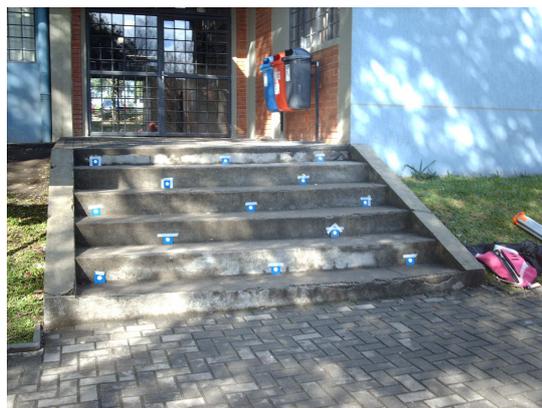


Figura 1 – Localização dos alvos na área de estudos

Foram tomadas 12 fotografias obedecendo, sendo 4 com 0° (frontal), rotacionadas de 0°, 90°, 180° e 270°, e 4 com 45° e 4 com -45°, todas rotacionadas em 0°, 90°, 180° e 270°.

Das fotografias obtidas foram obtidas as coordenadas linha e coluna e transformadas para o sistema milimétrico, utilizando as fórmulas a seguir:

$$x' = [(x'' - ((Nc + 1)/2)] * Px \quad (1)$$

$$y' = [((Nl + 1)/2)x'' - y''] * Py \quad (2)$$

onde:

$x'$  é a coordenada de x no sistema milimétrico;

$y'$  é a coordenada de y no sistema milimétrico;

$x''$  é a coordenada de x no sistema de linha e coluna;

$y''$  é a coordenada de y no sistema de linha e coluna;

$Nc$  é o número de colunas da imagem;

$Nl$  é o número de linhas da imagem;

$Px$  é o tamanho do pixel em x;

$Py$  é o tamanho do pixel em y.

### 4.3 Calibração com dados da estação total

Os ângulos e distâncias foram obtidos em coordenadas polares e convertidos em coordenadas cartesianas com origem no ponto 07.

Estes dados foram inseridos no arquivo estacao.dat, o qual foi lido e interpretado pelo programa Footer 6, gerando o certificado de calibração.

### 4.4 Calibração com dados laser scanner

Na área de estudos foi realizada uma verredura laser, com o espaçamento da nuvem de pontos de 1mm, conforme ilustra a figura a seguir:

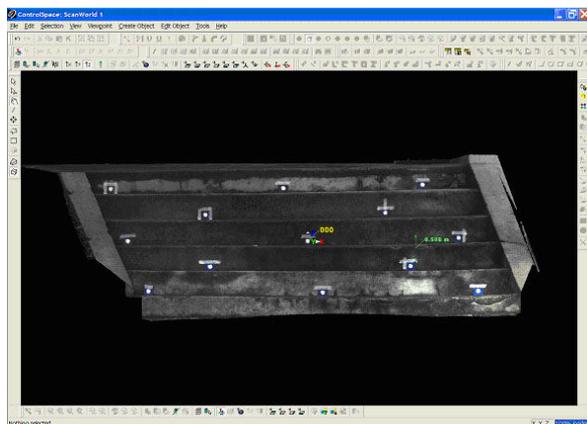


Figura 2 – Imagem de intensidade

As coordenadas foram obtidas através da leitura da imagem de intensidade laser.

Estes dados foram inseridos no arquivo laser.txt, o qual foi lido e interpretado pelo programa Footer 6, gerando o certificado de calibração.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Calibração através de dados da estação total

Nas tabelas a seguir, os seguintes valores de orientação interior serão apresentados:

$f$  = distância focal calibrada em mm;

$cx$  = valor da coordenada x do ponto principal em micras;

$cy$  = valor da coordenada y do ponto principal em micras;

$k1$  = coeficiente polinomial da distorção radial simétrica.

Valores obtidos na área de estudos com dados da estação total	
<b>f</b>	9.916 mm
<b>cx</b>	1.203 $\mu$ m
<b>cy</b>	-0.888 $\mu$ m
<b>k1</b>	-2.626E-0003

Quadro 1 – Valores obtidos através de dados da estação total

O valor da variância a posteriori obtido foi de 1,17.

### 5.2 Calibração através de dados laser scanner

Valores obtidos na área de estudos com dados laser scanner	
<b>f</b>	9.927 mm
<b>cx</b>	1.208 $\mu$ m
<b>cy</b>	-8.866 $\mu$ m
<b>k1</b>	-7.395E-0004

Quadro 2 – Valores obtidos através de dados laser scanner

O valor da variância a posteriori obtido foi de 1,33.

## 6 DISCUSSÕES

### 6.1 Resíduos das fotocoordenadas utilizando dados da estação total

Na calibração realizada com dados da estação total, os resíduos apresentam-se da seguinte forma:

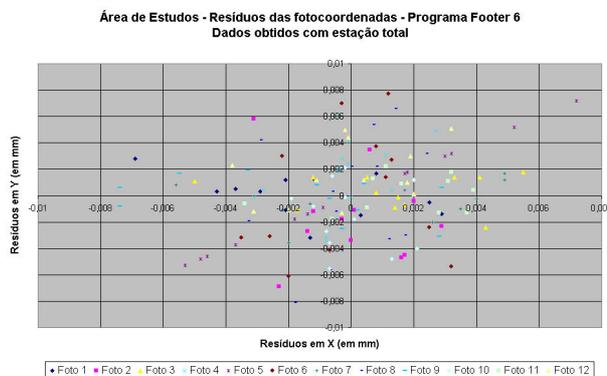


Gráfico 1 – Resíduo das fotocoordenadas. Dados obtidos através da estação total.

Os valores concentram-se na região onde o resíduo equivale a 1 pixel.

A variância a posteriori no valor de 1,17 nos mostra que os valores das fotocoordenadas comportam-se como o esperado. O valor da variância a priori foi de 1. A pequena diferença entre ambas mostra que houve uma irrelevante superestimação da qualidade dos dados.

## 6.2 Resíduos das fotocoordenadas utilizando dados laser scanner

Na calibração realizada com dados da estação total, os resíduos apresentam-se da seguinte forma:

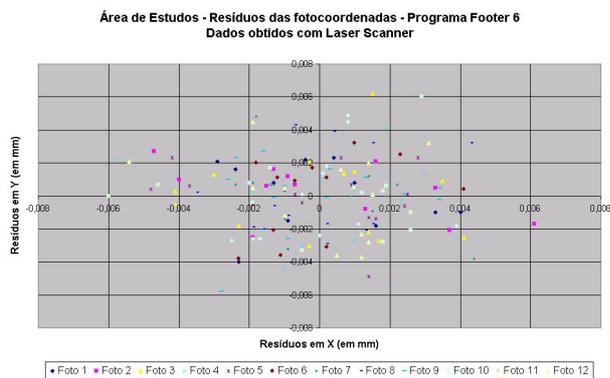


Gráfico 1 - Resíduo das fotocoordenadas. Dados obtidos através do laser scanner.

Os valores concentram-se na região onde o resíduo equivale a 1 pixel.

A variância a posteriori no valor de 1,33 nos mostra que os valores das fotocoordenadas são como esperado. O valor da variância a priori foi de 1. A diferença entre ambos é maior que a obtida através dos dados da estação total, mas encontra-se dentro de um valor aceitável.

## 6.3 Considerações

O valor da variância a posteriori na realização da calibração com dados laser scanner é maior que a obtida com a estação total, pois a segunda é uma técnica mais precisa que a primeira.

A análise dos resíduos feita foto a foto, tanto na calibração realizada através de dados adquiridos através da estação total quanto através do laser scanner mostra que ambos sistemas de aquisição fornecem dados confiáveis de orientação interior.

## 7 CONCLUSÕES

Neste trabalho uma calibração realizada utilizando coordenadas dos pontos de apoio obtidas com o sistema de varredura laser scanner foi realizada.

Para a verificação da qualidade dos dados obtidos, um outro sistema de aquisição de dados, mais preciso, foi utilizado na mesma área.

Os dados mostraram que a associação dos dados laser com imagens digitais na calibração é possível e apresenta resultados satisfatórios. Para tal, usou-se uma varredura com nuvem de pontos de 1mm, para a obtenção das coordenadas dos pontos de apoio.

Os coeficientes de distorção radia simétrica  $k_2$  e  $k_3$ , bem como o de distorção descentrada  $P_1$  e  $P_2$ , além dos parâmetros de não ortogonalidade  $A$  e  $B$  não foram apresentados por não serem significativos.

## AGRADECIMENTOS

Aos professores Álvaro Machado e Edson Mitishita, pela orientação, apoio, confiança e incentivo.

Ao Departamento de Geologia, que cedeu o Laser Scanner terrestre para a obtenção de dados de campo, pois sem ele, este trabalho não poderia ser realizado.

Aos colegas, João Batista Tavares Junior e o doutorando João Cortes, bem como os companheiros de graduação Marcos Basso, Camilla Fernanda da Costa, Marco Aurélio Paula pelo companheirismo e pela colaboração na realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. B. **Fotogrametria**. 3ª edição. Curitiba: SBEE, 2003.

EISENHART, C. Realistic evaluation of the precision and accuracy of instrument calibration systems. **Journal of Research of the National Bureau of Standards** – C. Engineering and Instrumentation. 67C. (2): 161-187. Apr. –Jun. 1963.

FRAGASSI, A. P. M., SILVA A. S. Calibração de câmaras fotográficas não métricas. Departamento de Engenharia Civil. Setor de Agrimensura, Universidade Federal de Viçosa, 2000.

FRYER, J. G. Camera Calibration in Non-Topographic Photogrammetry. In: Karara, H. M. Non-Topographic Photogrammetry. **American Society for Photogrammetry and Remote Sensing**. Cap. V, 59-69, 1989.

GALO, M. **Calibração de Aplicação de Câmaras Digitais**. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

OLIVAS, M. A. A. **Calibração de câmaras fotogramétricas. Aplicação de métodos: Câmaras convergentes e Campos mistos**. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.