

Investigação fotogramétrica em imagens digitais para cálculos dendrométricos

Juliana Aparecida Mauloni¹
Attilio Antonio Disperati²
Álvaro Muriel Lima Machado³
Edson Aparecido Mitishita⁴

^{1,2} Universidade do Centro-Oeste – UNICENTRO
Caixa Postal 84.500-000 - Irati - PR, Brasil
juli.mauloni@hotmail.com
disperati@avalon.sul.com.br

^{3,4} Universidade Federal do Paraná – UFPR
Caixa Postal 81.531-990 - Curitiba - PR, Brasil
{alvaroml, mitishita}@ufpr.br

Abstract. With a digital camera of 12.1 MP, a field test was done in five araucarias (*Araucaria angustifolia*) in the city of São José dos Pinhais, the metropolitan region of Curitiba, to evaluate the use of terrestrial photogrammetry in dendrometry. A simple method was proposed for the determination of variable diameter and height of the trees on the digital images and compared the results obtained in the tree with a caliper. The technique is simple, the scale of the image is determined by a 4 m topographic target positioned at the side of the tree and only one photography was taken of each tree. The greater height diameter measured on araucária trees was at 15 m. The horizontal distance between the outlet chamber and the tree was at most 12 meters. The initial results showed the need for changes in the methodology used primarily in marking the locations on the tree to be measured the diameters and to correct for the variation of the scale on the image due the inclination of the camera during the acquisition of the photograph, beyond the extend of topographic target. One of the advantages presented by the method is how to efficiently collect a large amount of data to a single stem.

Palavras-chave: Digital camera, measuring tree, terrestrial photogrammetry, câmara digital, medição de árvores, fotogrametria terrestre.

1. Introdução

A mensuração florestal é um elemento indispensável de extrema importância no manejo florestal, pois fornece informações quantitativas precisas sobre a floresta facilitando assim a tomada de decisões quanto ao planejamento das atividades.

O gerenciamento dos recursos florestais, tanto no uso econômico como na conservação, requer informações dendrométricas confiáveis nos seus valores.

As duas variáveis dendrométricas mais utilizadas para a realização de inventários florestais são a altura e o diâmetro, que são usadas para o cálculo da área basal e do volume de madeira existentes em uma floresta. Freitas e Wichert (1998).

Dentre as alternativas para quantificar e expressar a forma do fuste de árvores pode ser considerado: o fator de forma, o quociente de forma, os modelos de afilamento ou *taper*, as funções spline etc. Scolforo et al. (1998).

Os modelos de afilamento são relações funcionais que permitem descrever o perfil longitudinal de um fuste. São funções consideradas dinâmicas que possibilitam a estimativa do diâmetro (*di*) de dada altura (*hi*) e altura a qualquer diâmetro especificado, como também servem para fazer o sortimento e estudar a evolução da forma da árvore ao longo de sua vida. Kozak et al. (1969)

O uso de equações de afilamento em inventário e planejamento florestal resulta em informações sobre o número de toras vinculadas às dimensões mínimas de cada produto a ser obtido do povoamento, permitindo o planejamento de produção e logística de transporte e comercialização de madeira. Soares (2002).

As medidas dos diâmetros, a diferentes alturas, efetuados na árvore exigem tempo e recursos. Um dos métodos alternativos, barato e eficiente, para se efetuar tais medidas vem a ser as técnicas de Fotogrametria Terrestre. Apesar da existência de razoável quantidade de artigos estrangeiros sobre o assunto, tais como: Ashley e Robert (1969), Gaffrey et al (2001), Clark et al (1998), a técnica fotogramétrica raramente tem sido usada no território nacional para tal finalidade.

A utilização da Fotogrametria Terrestre na Ciência Florestal, e em específico para a medição de diâmetros e altura na árvore, foi introduzida nos meados de 1902 pelo alemão Weber e foi aprimorada com os avanços tecnológicos no campo da microeletrônica verificados na década passada. A referida utilização serve também para adquirir informações sobre a forma do tronco das árvores em pé, com objetivo de obter modelos de afilamento (*taper*) locais e regionais que possibilitam a determinação do volume total e comercial de madeira para qualquer diâmetro ou altura especificada, de diferentes espécies. Gaffrey (1994).

Há uma série de benefícios citados na literatura, que comprovam a viabilidade da fotogrametria terrestre para o setor florestal. O sistema de coleta de dados utilizando fotografia monoscópica oferece. Clark et al. (1998).

- ✓ Uma precisão tão boa, ou melhor, do que qualquer dendrômetro óptico disponível;
- ✓ Com a imagem terrestre, é possível adquirir em menos tempo, centenas de vezes mais dados, ou seja, uma única imagem pode conter um grande número de diâmetros e alturas;
- ✓ As imagens da árvore são adquiridas em um determinado tempo, mas as medições podem ser feitas muitas vezes para fins múltiplos;
- ✓ Garantia de qualidade pode ser mais simples, porque poucas operações de campo são necessárias;
- ✓ Partindo desses benefícios, o uso de câmaras digitais como dendrômetro tornou-se uma ferramenta útil e econômica a qual oferece a precisão equivalente aos métodos tradicionais.

Em meados de 2010 iniciou-se uma pesquisa visando a aplicação de métodos fotogramétricos na determinação de variáveis dendrométricas, principalmente diâmetros a

diferentes alturas, de árvores em pé e isoladas. A concepção da pesquisa parte do geral para o particular, sendo inicialmente testados procedimentos simples utilizando apenas fotografia monoscópica da árvore. Posteriormente, planeja-se utilizar procedimentos fotogramétricos mais sofisticados, incluindo fotografias estereoscópicas e a determinação dos parâmetros interior e exterior da câmara fotográfica em relação à árvore fotografada. O presente artigo relata as experiências iniciais da pesquisa em andamento.

2. Objetivos

A pesquisa teve como objetivos, utilizando o conceito básico de escala fotográfica, determinar diâmetros em diferentes alturas em *Araucaria angustifolia* em pé e isolada utilizando fotografia monoscópica e uma mira de 4 metros colocada ao lado da árvore e comparar os valores medidos na árvore através do equipamento suta com os medidos na imagem digital.

3. Materiais e Métodos

A câmara utilizada foi uma CANON SX200 IS, de 12 Megapixel (3000 x 4000 pixel), com tamanho de sensor de 4,62 mm x 6,16 mm, e tamanho de pixel igual a 0,00154 mm. A lente da câmara possibilita uma distância focal de 5 a 35 mm.

Foram utilizadas também uma mira topográfica de 4m com marcação a cada centímetro e uma suta para medir diâmetros até 65 cm da árvore. A altura da árvore foi medida com um hipsômetro de Blume-Leiss.

Todas as fotografias da árvore foram tomadas com a câmara fotográfica na posição vertical, fixada no tripé e com a imagem da árvore, a ser medida, posicionada no centro da fotografia. A mira topográfica era colocada ao lado da árvore nivelada com o terreno. Nenhuma atenção foi dada para determinar a inclinação da câmara no instante da tomada da fotografia.

A distância horizontal da câmara até o objeto variou de 10, 15 e 20 metros dependendo da altura da árvore, mas foram estabelecidas para cada árvore pelo menos duas distâncias em função de sua altura.

Foram colocadas ao longo do tronco, a cada 1 (um) metro e no Dap (1,30 m), fitas coloridas, para que no momento da análise da imagem fosse possível identificar as coordenadas de pixel.

A imagem da mira na fotografia digital permitiu determinar o tamanho individual do pixel no terreno, em cada imagem. A diferença dos valores y lidos, na imagem, na base e no topo da mira dividido por 4 m, resultou na determinação do valor individual do pixel em cada imagem, assumido como constante nas direções x e y . A diferença de valores em x , medidos nos extremos de cada diâmetro da árvore na altura considerada, multiplicado pelo valor individual do pixel resultava na respectiva medida do diâmetro da árvore naquela altura,

O software utilizado na contagem dos pixels, entre pontos na imagem, foi o Corel Draw 10.

4. Resultados e Discussão

Cinco araucárias foram fotografadas no município de São José dos Pinhais e seus diâmetros medidos a diferentes alturas. A figura 1 ilustra uma das araucárias fotografadas. As alturas das árvores variaram de 10 a 18 metros, a variação do Dap foi de 0,455 a 0,827 m, enquanto que as medições em diâmetro realizadas na fotografia atingiram a altura máxima de 15 m, pois acima desse valor há dificuldade de visualizar na imagem os limites do diâmetro identificado com a fita.



Figura 1. Mira topográfica ao lado da araucária e as fitas coloridas para referenciar os diâmetros medidos em diferentes alturas.

As seguintes considerações metodológicas podem ser extraídas dos resultados provenientes das medições em campo e nas imagens monoscópicas digitais das cinco árvores consideradas:

- a) A utilização da mira topográfica como meio de determinação da escala da imagem é um procedimento simples e uma das suas vantagens é a não necessidade da distância horizontal entre a câmara e a árvore. Na ausência da mira topográfica, poderá ser usada qualquer outra régua graduada. Além disso, o processo independe da distância focal usada na câmara no instante da tomada da fotografia. Mas, na Fotogrametria é fato sobejamente conhecido a variação da escala fotográfica em função da inclinação do eixo da câmara no momento da fotografia. A utilização da mira viabiliza um valor de escala média correta apenas na amplitude da mira utilizada e usada para o restante do tronco da árvore na imagem. Em princípio, quanto maior o comprimento da mira graduada, mais precisa será a determinação do valor da escala média. Em face desse erro geométrico, no futuro, correção deverá ser feita devido à inclinação da câmara,
- b) O referencial (x,y) da imagem digital foi usado para efetuar as medidas de altura e de diâmetro nas árvores, propiciando facilidade e rapidez nas medidas.
- c) Com a câmara fotográfica utilizada (Canon SX200 IS, de 12 MP), as imagens fotografadas a 20 m de distância da árvore não propiciaram leituras visíveis da mira topográfica. O uso da referida câmara limita a tomada de fotografias a distâncias inferiores a quinze metros da árvore.

Na necessidade de fotografar a árvore a uma distância horizontal similar a sua altura, dever-se-á utilizar outra câmara digital de melhor qualidade,

- d) O principal contratempo encontrado na fase inicial da pesquisa foi na forma de referenciar os diâmetros medidos na árvore, ou seja, mostrar, de forma nítida, na imagem os locais medidos e que seriam considerados também na imagem. As fitas coloridas, colocadas ao longo do tronco, foram utilizadas para essa finalidade. Foram tomados alguns cuidados em relação à aplicação dos procedimentos em campo, principalmente em como amarrar as fitas ao longo do tronco, de maneira uniforme para que não ocorresse equívoco na coleta de dados na imagem. Entretanto, verificou-se que a colocação de tais fitas, utilizando um bastão de um metro de comprimento,

acarretava erros acumulativos em altura. Por causa disso, novo procedimento está sendo considerado para marcar os locais a serem medidos na árvore e na imagem e que também facilite e agilize o trabalho do escalador da árvore. Na remedição de algumas árvores, poucas semanas após a medição inicial, diversas fitas já não estavam na posição original. Em média, demorava-se 30 minutos para a sinalização e as medições em cada árvore.

- e) Os resultados das medições dos diversos diâmetros em algumas araucárias não apresentaram uma seqüência uniforme de valores numéricos, decrescente da base para o topo da árvore, conforme figura 2. Reflexão sobre o assunto e análise do perfil da araucária, feito em ambiente CAD na imagem, evidenciaram que algumas medidas, efetuadas no tronco, foram feitas em locais que ocorriam nós e/ou alargamento natural do tronco, como apresentado na figura 3. Esse aspecto evidenciou a necessidade de algumas re-medições em campo e a prevenção de que tal fato seja evitado durante as medições futuras. Com isso assume-se que o tronco da araucária seja um tronco de cone, com formas regulares que variam ao longo do tronco.
- f) Em quatro das cinco araucárias consideradas, os erros em diâmetro variaram de -3 a +7 cm e sendo as maiores em função da altura medida, ou seja, quanto mais alto maior o erro.

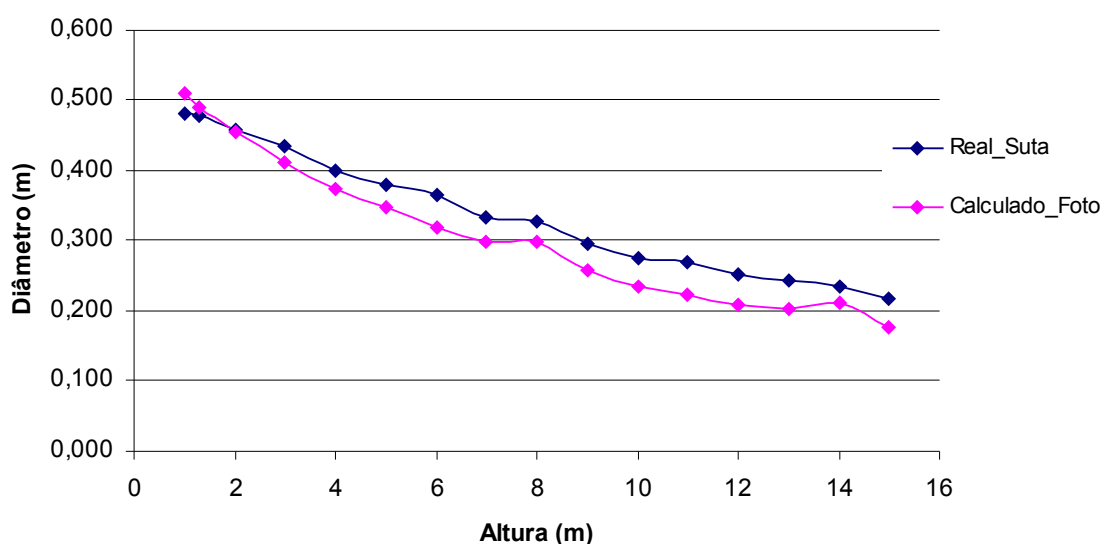


Figura 2 – Diâmetro medido com a suta x diâmetro calculado utilizando a mira.

A figura 3 apresenta um perfil de tronco comprovando a irregularidade ao longo do tronco, e mostrando os nós e/ou alargamentos naturais que podem ocorrer, como pode ser evidenciado na altura de 8 a 10 m.

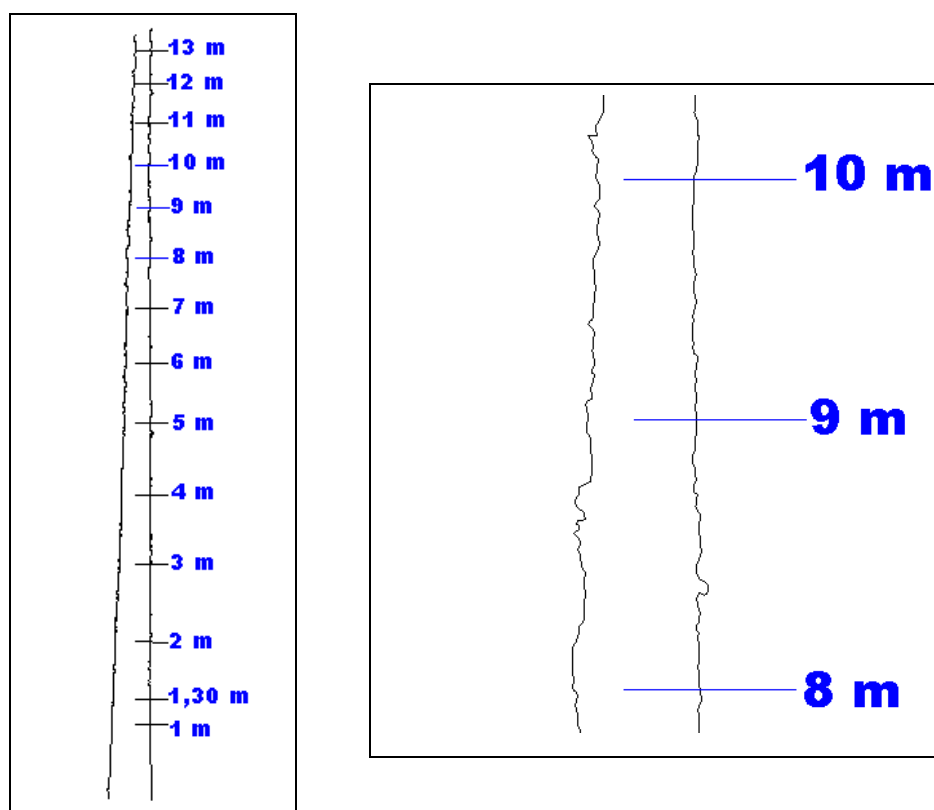


Figura 3 – Perfil do tronco em diferentes alturas

Na consideração da variável altura da árvore nas imagens digitais foi constatada uma diminuição na escala em alturas maiores do tronco, sendo que quanto mais alto menor era a quantidade de pixels. Os resultados estão em fase de análise e aprimoramento quanto à exatidão.

5. Conclusões

A pesquisa em andamento evidencia a potencialidade de câmaras digitais para a medição de diâmetros a diferentes alturas em araucária utilizando fotografia monoscópica. Os resultados iniciais comprovaram a necessidade de alterações na metodologia utilizada, principalmente na marcação dos locais, na árvore, onde seriam medidos os diâmetros e a inclusão explícita da variável inclinação da câmara no instante da tomada das fotos para uma melhor determinação da escala fotográfica além da extensão da mira topográfica.

Referências Bibliográficas

Ashley, M. D.; Robert, E. R. Tree heights and upper stem diameters. Purdue University. **Photogrammetric Engineering**, 35(2): p. 136-146, 1969.

Clark, N.A.; Wynnr, R.H.; Schmoltdt, D.L., Araman, P. A. Use of a non-metric digital camera for tree stem evaluation. Proc. Of the 64th Annual Meeting of the American Soc. For Photogrammetry and Remote Sensing , 1998, Tampa, Florida. P. 58 – 70. Disponível em: <http://srs4702.forprod.vt.edu/pubsubj/monitor.htm>. Acesso em: 10 de março de 2010.

Freitas, A. G.; Wichert, M. C. P. **Comparação entre instrumentos tradicionais de medição de diâmetro e altura com o criterion 400**. Piracicaba: INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS, 1998. 7 p. (ISSN 0100-3453).

Gaffrey, D.; Sloboda, B.; Fabrika M.; Smelko S. Terrestrial single-image photogrammetry for measuring standing trees, as applied in the Dobroc virgin forest. **Journal of Forest Science**, v. 47, p. 75 -87, 2001.

Kozak, A.; Munro, D. D.; Smith, J. H. G. Taper functions and their application in Forest inventory. **Forestry Chronicle**, v. 45, n. 4, p. 278-283, 1969.

Scolforo, J. R. S.; Rios, M. S.; Oliveira, A. D.; Mello, J. M.; Maestri, R. Acuracidade de equações de afilamento para representar o perfil do fuste de *Pinus elliotti*. **Cerne**, v. 4, n. 1, p. 100-122, 1998.

Soares, T. S. Otimização do uso da madeira em povoamentos de eucalipto. 2002. 49 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2002.