

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line) 1981-0997

v.7, n.4, p.641-647, out.-dez., 2012

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufpe.br

DOI:10.5039/agraria.v7i4a1860

Protocolo 1860 - 03/10/2011 • Aprovado em 10/04/2012

Everaldo M. Lima Neto^{1,3}

Daniela Biondi^{2,4}

Detecção de árvores de ruas da cidade de Curitiba, PR, utilizando fotografias aéreas

RESUMO

Os inventários florestais geram grande volume de dados que necessitam ser armazenados e atualizados para que não se tornem obsoletos. Neste sentido, o objetivo desta pesquisa foi detectar árvores de rua, através do SIG, para subsidiar o planejamento e o monitoramento por meio de cadastro espacial da arborização de ruas. A detecção de árvores de rua utilizando fotografias aéreas foi realizada em ambiente SIG e comparada com a quantidade de árvores existentes nas ruas fornecidas pelo método de inventário convencional. Os resultados acusaram diferenças no número de árvores entre os métodos de detecção com uso do SIG em relação ao inventário convencional; no entanto, essas diferenças não foram estatisticamente significativas. Conclui-se, portanto, que a detecção de árvores em ambiente SIG pode ser utilizada como uma ferramenta de quantificação de árvores de ruas, numa cidade. Sendo assim, poderá auxiliar o inventário convencional diminuindo o número de variáveis mensuradas no campo e, em consequência, do alto custo proporcionado principalmente pelo deslocamento da equipe de trabalho.

Palavras-chave: arborização urbana, fotointerpretação, inventário, sistemas de informações geográficas

Detection of streets trees using aerial photography of the city of Curitiba, Paraná

ABSTRACT

Inventories of trees generate large volumes of data that needs to be stored and updated so that they do not become obsolete. Thus, the objective was to detect street trees using GIS to support planning and tracking through spatial registration of shading the streets. The detection of street trees was conducted using aerial photographs in a GIS environment and compared with the amount of existing street trees provided by the conventional method of inventory. Results indicated differences in the number of trees between the detection methods with the use of GIS in relation to the conventional inventory. However, these differences were not statistically significant. It is concluded that the detection of trees in GIS can be used as a tool for quantification of trees in city streets. Thus, it may assist the conventional inventory by reducing the number of variables measured in the field and consequently the high cost provided mainly by the displacement of staff.

Key words: urban forestry, photointerpretation, inventory, geographical information systems

1 Universidade Estadual de Maringá,
Curso de Engenharia Florestal, Campus
de Maringá, Avenida Senador Hélio
Campos, s/n, Centro, CEP 86937-000,
Maringá-PR, Brasil.
Fone: (95) 3228-2012.

E-mail: everaldo.limaneto@gmail.com

2 Universidade Federal do Paraná, Setor
de Ciências Agrárias, Departamento de
Ciências Florestais, Lothario Meissner, 632,
Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba-
PR, Brasil. Fone: (41) 3360-4232.

Fax: (41) 3360-4211. E-mail: dbiondi@ufpr.br

3 Bolsista de Doutorado do CNPq

4 Bolsista de Produtividade em Pesquisa do
CNPq

INTRODUÇÃO

A realização de um inventário na arborização de ruas é o meio mais seguro de se conhecer o patrimônio arbóreo de uma cidade, fornecendo informações sobre prioridades de intervenções, seja com tratamentos fitossanitários, remoção de árvores e/ou plantios e replantios, bem como para indicar as necessidades de poda.

O inventário convencional da arborização exige um grande número de variáveis a serem mensuradas nas ruas, demandando altos custos aos cofres públicos e considerando, no deslocamento nas ruas, um número mínimo de pessoas para viabilizar a coleta de dados, além do tempo gasto para mensuração das variáveis.

Muitas técnicas têm sido difundidas visando propiciar a implantação, manutenção e monitoramento da arborização, entre elas a informatização dos dados, o que possibilita a análise, a atualização e o armazenamento de um grande volume de informações geradas por um inventário. Esta informatização dos dados oferece redução de custos fornecendo ao planejador um instrumento indispensável ao manejo das árvores urbanas (Silva et al., 2007).

Para Lima Neto et al. (2010) o Sistema de Informações Geográficas (SIG) integra a quantidade de árvores com grande capacidade de armazenamento e representação espacial de dados em vários níveis de detalhamento. Para isto, é importante ter disponíveis imagens de satélites e/ou fotografias aéreas de alta resolução espacial e qualidade para apoiar a obtenção de variáveis dendrométricas nos inventários da arborização de ruas.

Segundo Disperati & Oliveira Filho (2005) a imagem de alta resolução com definição espacial acentuada, permite observar a parte superior da árvore em detalhes, incluindo suas copas, galhos, partes sombreadas entre os galhos, etc. Muitas dessas informações, referentes a variáveis das árvores e dos povoadamentos (composição de espécies, contagem, diâmetro médio e densidade das copas) podem ser obtidas em fotografias aéreas de escalas grandes (maiores que 1:5.000) (Disperati et al., 2007a).

A mensuração dessas variáveis através de fotografias aéreas ainda é uma atividade inexplorada na arborização viária e, de acordo com Jensen (2009), tem-se mostrado de grande potencialidade em medições realizadas no ambiente urbano.

Neste sentido, a presente pesquisa teve como objetivo detectar árvores de rua em fotografias aéreas utilizando SIG, a fim de subsidiar o planejamento e o monitoramento da arborização.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A área de estudo é constituída das ruas da cidade de Curitiba, capital do estado do Paraná. Segundo a classificação de Köppen, a cidade possui clima do tipo Cfb, definido como clima temperado (ou subtropical) úmido, mesotérmico, sem estação seca, com verões frescos e invernos com geadas frequentes (Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba, 2010). A vegetação de ocorrência natural é a Floresta

Ombrófila Mista e Estepe Gramíneo-Lenhosa (Roderjan et al., 2002).

A detecção das árvores de rua foi conduzida em três unidades amostrais (u. a.) do município. Essas unidades amostrais foram extraídas como base na análise qualitativa e quantitativa da arborização de Curitiba realizada por Milano (1984). As unidades amostrais têm a dimensão de 500 x 500 m e estão localizadas nos bairros Bigorriño, Água Verde e Jardim Social (Figura 1).

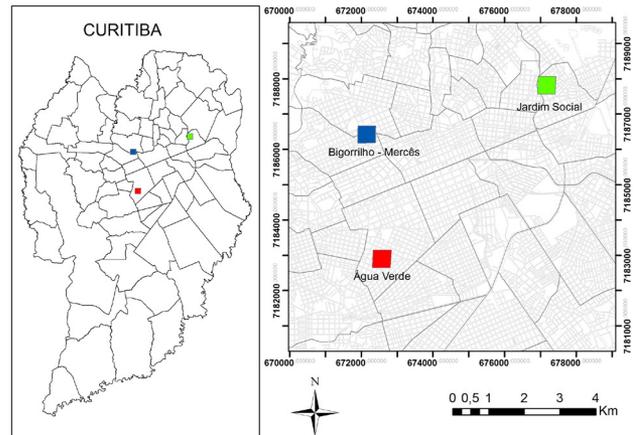


Figura 1. Localização das unidades amostrais para detecção das árvores de rua

Figure 1. Location of sampling units for detection of street trees

Procedimentos metodológicos

A pesquisa foi subdividida em duas fases: a primeira, para detectar árvores através de fotografias aéreas em ambiente SIG e a segunda foi comparar a quantidade de árvores detectadas em ambiente SIG com as árvores inventariadas pelo método convencional.

Com as u.a. definidas, iniciou-se a detecção manual das árvores nas ruas no programa ArcGIS 9.2. Para detectar as árvores foram criados vetores do tipo polígono que correspondiam aos geo-objetos (árvores) em cada rua.

Para Oliveira Filho et al. (2006) um geo-objeto é uma entidade geográfica singular e indivisível, caracterizada por sua identidade, suas fronteiras e seus atributos. Dependendo da entidade considerada esse objeto pode ser, por exemplo, a copa individual de árvore, um talhão florestal, uma quadra agrícola ou mesmo uma unidade de conservação. Cada polígono permitiu a localização espacial e a quantificação de árvores que compõem a cobertura arbórea da unidade amostral.

No inventário convencional foi utilizada a identificação predial para localização das árvores. O método aplicado em campo, considerado convencional, foi feito pela identificação das espécies e contabilização de todos os indivíduos arbóreos presentes nas ruas das unidades amostrais estudadas. Conforme Silva et al. (2007) esses parâmetros são de fundamental importância para o inventário e o cadastramento da arborização pois, sem isto, não é possível checar qualquer dano e tampouco efetuar as necessidades de manejo das árvores.

Para definir quais árvores eram de pequeno porte e que não foram detectadas em ambiente SIG por apresentarem copas inexpressivas na imagem, utilizou-se a variável Circunferência

à Altura do Peito (CAP). O CAP foi considerado a variável restritiva para detecção das árvores. A seleção de árvores com CAP maior que 10 cm a partir do método convencional, gerou o Método Convencional Alterado (MCA).

Na detecção utilizando-se fotografias aéreas a quantidade de árvores foi submetida à estatística descritiva: média; desvio-padrão; análise de variância (ANOVA). A análise estatística teve, como delineamento, 03 tratamentos, sendo eles: Método de Inventário convencional (MIC) = T1; Método de coleta em ambiente SIG = T2 e Método Convencional Alterado (MCA) = T3.

As repetições foram as árvores de cada rua das unidades amostrais. As variâncias dos tratamentos foram comparadas com o teste de SNK (Student-Newman-Keuls) a nível de 95% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quantidade de árvores detectadas na unidade amostral Bigorriho

Na contagem de árvores do método convencional na unidade amostral Bigorriho foram encontradas 348 árvores, dentre as quais 322 tinham CAP maior que 0,10 m, ou seja, fazem parte do Método Convencional Alterado (MCA). A exclusão de árvores, realizada pelo MCA, permite a visualização dos indivíduos que apresentaram porte arbóreo nas ruas, representando 92,52% da unidade amostral total.

A aplicação do método em ambiente SIG tornou possível a detecção de 297 árvores. Considerando as árvores do MCA, o percentual de acerto do método com uso de SIG foi de 92,24%. A detecção de árvores utilizando imagens digitais denotou um número menor da quantidade de árvores na unidade amostral quando comparado ao Método de Inventário Convencional. É fato conhecido que na fotointerpretação florestal a contagem de copas de árvores em fotografias aéreas resulta, geralmente, em um número inferior ao do campo (Spurr, 1960).

A Figura 2 apresenta o número de árvores para cada rua da unidade amostral Bigorriho, considerando-se os três métodos utilizados (Método de Inventário Convencional, Método de coleta em ambiente SIG e Método Convencional Alterado).

De acordo com a Figura 2, a quantidade de árvores encontrada nas Ruas Cândido Hartmann e Princesa Isabel foi igual em dois métodos de aferição (MCA e o Método de coleta em ambiente SIG).

Nas Ruas Presidente Taunay, Júlia Costa e Desembargador Mota, observaram-se as maiores diferenças entre o MCA e Método de coleta em ambiente SIG, respectivamente, 12, 08 e 05 árvores que não foram identificadas através das técnicas de SIG.

Na Rua Ângelo Sampaio foi contabilizado número de copas igual em todos os métodos testados (Figura 2). Na rua Padre Anchieta constatou-se que o método de coleta em ambiente SIG conseguiu discriminar 03 árvores com CAP menor que 0,10 m, pois essas apresentaram área de copa que facilitou a detecção nas imagens.

Nas demais ruas da unidade amostral a diferença de quantidade de árvores obtida com a aplicação do Método de coleta em ambiente SIG, foi de 01 árvore a menos que a supervisão de campo.

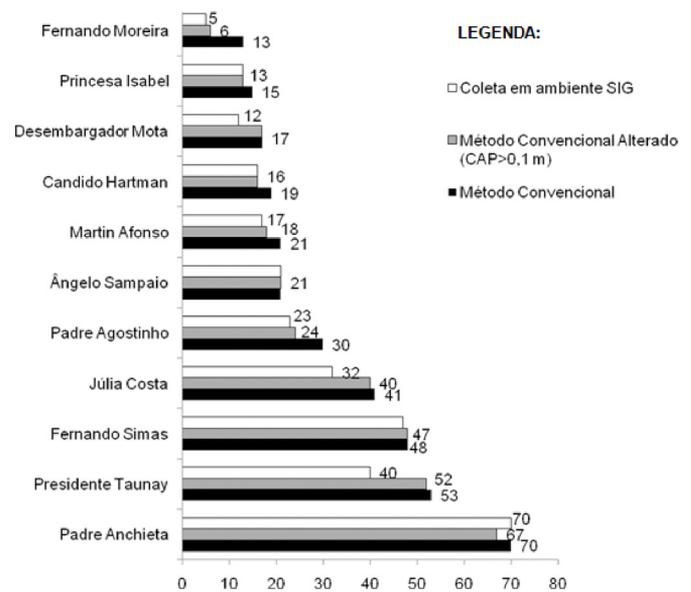


Figura 2. Aplicação de três métodos de detecção de árvores na u.a. Bigorriho, Curitiba, PR

Figure 2. Application of three methods for detection of trees in sample units Bigorriho, Curitiba, Brazil

Quantidade de árvores detectadas na unidade amostral Água Verde

No Método de Inventário Convencional foram encontradas 483 árvores, das quais 75,16% eram do MCA. Com a aplicação do Método de coleta em ambiente SIG, 376 árvores foram detectadas.

Na detecção das árvores o percentual de acerto do método com uso de SIG em relação ao método convencional, foi de 75,85%. Este valor representa um baixo percentual de acerto considerando-se que Disperati et al. (2007a) afirmaram, na contagem de copas em parte de um povoamento de *Pinus elliottii*, fazendo uso de uma fotografia aérea, que a interpretação visual da fotografia aérea permitiu o reconhecimento de 704 pontos correspondentes aos topos de árvores, valor este 3% inferior ao total de árvores estimadas na fase de verificação em campo.

A Avenida dos Estados e as Ruas Marquês do Paraná, Assis Gonçalves e Rio Grande do Sul, apresentaram número de árvores igual no MCA e no Método de coleta em ambiente SIG (Figura 3).

Observou-se, nesta unidade amostral, que 30 árvores com CAP menor que 0,10 metro foram detectadas no Método de coleta em ambiente SIG sendo nas Ruas Santa Catarina, Monsenhor Manoel Vicente e Palmeiras, 08 árvores com CAP menor que 0,10 e 06 árvores na Rua Murilo do Amaral.

Na Rua Alcebiades Plaisant 25 árvores não foram detectadas na imagem denotando, nesta unidade amostral, a maior diferença de quantidade de árvores entre o Método de Inventário Convencional e o Método de coleta em ambiente SIG.

Quantidade de árvores detectadas na unidade amostral Jardim Social

Foram identificadas 437 árvores no Método de Inventário Convencional sendo que dessas, 08 tinham CAP menor que

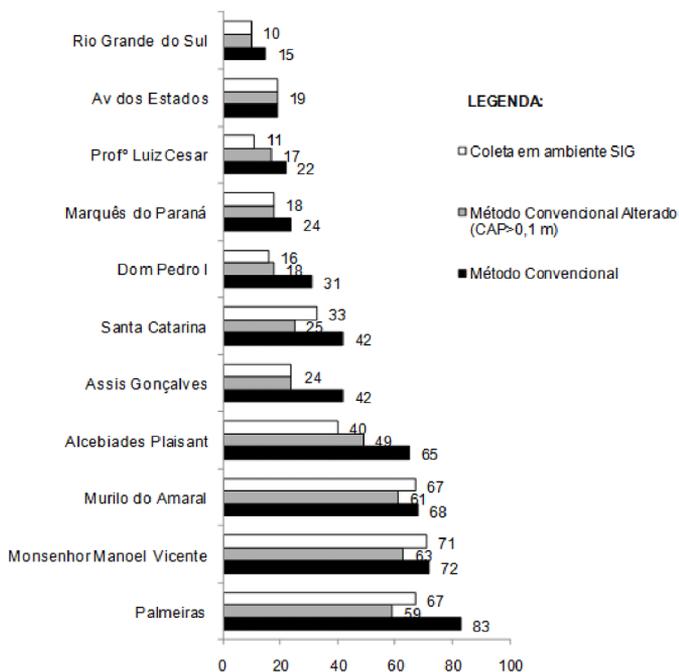


Figura 3. Aplicação dos três métodos de detecção de árvores na u.a. Água Verde, Curitiba, PR

Figure 3. Application of three methods for detection of trees in sample units Água Verde, Curitiba, Brazil

0,10 metro. Com a utilização do Método de coleta em ambiente SIG foram detectadas 87,41% das árvores encontradas em campo, percentual este aceitável e indica acurácia na detecção de árvores por meio de imagens.

Em pesquisa de delineamento e contagem de copas de araucária utilizando-se fotografias aéreas coloridas em floresta natural na área urbana de Curitiba, obteve-se resultado de 62,3 % das árvores delineadas (Disperati et al., 2002). Ainda segundo os autores, esses valores poderiam ter sido mais altos se fossem excluídas as copas dos estratos codominantes e intermediários.

As Ruas Desembargador Joaquim P. Monteiro e Tobias de Barreto apresentaram o mesmo número de indivíduos em todos os métodos de detecção de árvores (Figura 4). Na Avenida Nossa Senhora da Luz 24 árvores e 10 não foram detectadas na Rua Dr. João E. Espínola. Portanto, observaram-se as maiores diferenças entre a detecção de árvores pelo Método de Inventário Convencional e Método de coleta em ambiente SIG nessas ruas.

O MCA resultou na redução da diferença entre a quantidade de árvores contabilizadas quando comparadas com aquelas detectadas no Método de coleta em ambiente SIG. A Rua Manoel C. de Freitas apresentou o mesmo número de indivíduos arbóreos no Método de coleta em ambiente SIG e no MCA. Nas Ruas Joaquim Américo Guimarães e Major Claro Américo Guimarães, apenas 02 árvores não foram detectadas nas fotografias aéreas.

A detecção de árvores pelo Método de coleta em ambiente SIG resultou em número de árvores inferior aos outros dois métodos analisados. Foram encontrados altos percentuais de acerto quando comparados com a detecção de árvores pelo

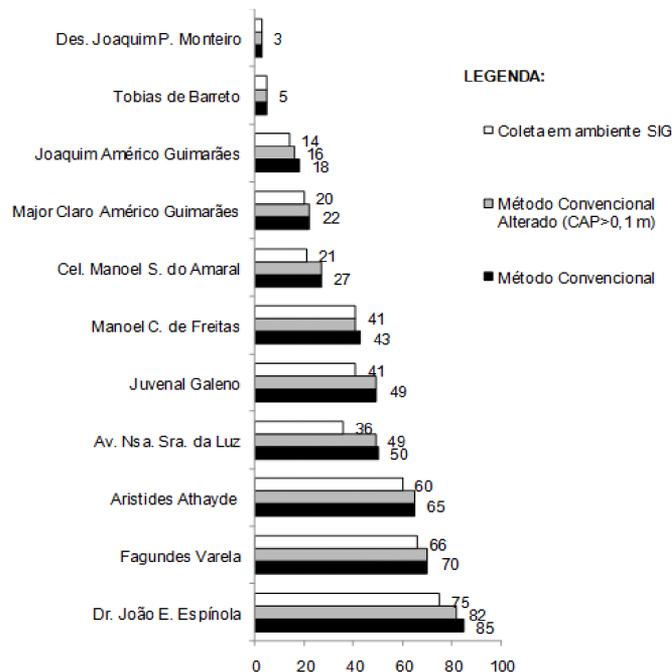


Figura 4. Aplicação dos três métodos de detecção de árvores na unidade amostral Jardim Social, Curitiba, PR

Figure 4. Application of three methods for detection of trees in the sample unit garden social, Curitiba, Brazil

Método de coleta em ambiente SIG, na arborização viária com os encontrados por Disperati et al. (2007) em áreas de florestas nativas ou plantadas.

Pode-se afirmar que o resultado encontrado foi devido à densidade da arborização viária ser moderada. Gougeon (2000) afirmou, ao pesquisar sobre a identificação de árvores individuais em florestas com imagens de alta resolução, que se deve “pensar” em árvores individuais, ao invés de em talhão florestal, sendo factível o traçado ou a detecção das respectivas copas.

De acordo com Disperati et al. (2007a) na utilização de fotografia aérea digital para a contagem de copas em reflorestamento, o baixo valor de erro obtido é devido principalmente a uma densidade moderada de árvores e ao fato do reflorestamento ter idade de plantio adulto, com suas árvores se sobressaindo no dossel em relação àquelas que compõem a regeneração natural existente no local.

Análise estatística das árvores detectadas nas unidades amostrais

Os resultados da análise de variância revelaram que a interação entre o Método de Inventário Convencional, o Método Convencional Alterado e o Método de coleta em ambiente SIG na aferição de variáveis do inventário da arborização de ruas na unidade amostral, não foi significativa, sinalizando que qualquer um dos métodos é útil para detectar árvores na rua (Tabela 1).

O valor de p foi maior que 0,05, ou seja, não há diferença estatisticamente significativa entre a média dos tratamentos, a nível de confiança de 95%.

Os resultados dos testes de comparação de médias dos dados analisados para cada um dos métodos, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 1. Análise de variância entre os três métodos nas u. a. de Curitiba, PR**Table 1.** Analysis of variance among the three methods in sample units Curitiba, Brazil

Unidades amostrais	Fontes de variação	GL	Quadrado médio	Teste F	Valor de P
Água Verde	Entre os grupos	2	394,21	0,76	0,48
	Dentro dos grupos	30	521,15		
Bigorriho	Entre os grupos	2	59,12	0,16	0,85
	Dentro dos grupos	30	366,02		
Jardim Social	Entre os grupos	2	80,27	0,12	0,89
	Dentro dos grupos	30	681,95		

Tabela 2. Comparação de médias dos três métodos nas u.a. de Curitiba, PR**Table 2.** Averages comparison of three methods in sample units of Curitiba, PR

Tratamentos	Nº de ruas	Média da quantidade de árvores		
		Bigorriho	Água verde	Jardim social
T1-Método Convencional	11	31,64±18,74 A	39,73± 27,04 A	33,00± 24,18 A
T2-MCA	11	29,27±19,39 A	39,00± 26,65 A	34,18± 20,47 A
T3-Método com uso de SIG	11	27,00± 19,26 A	34,72± 24,58 A	43,90± 23,65 A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de SNK em nível de 5% de probabilidade

O procedimento de comparação múltipla Student-Newman-Keuls (SNK) determinou que não houve diferenças estatisticamente significativas a 5% de probabilidade. Apesar das diferenças não serem estatisticamente significativas foram observadas diferenças numéricas (Tabela 3).

Na unidade amostral Bigorriho constatou-se que T2 e T3 tiveram as menores diferenças e as maiores diferenças foram obtidas entre T1 e T3 (Tabela 3). A maior diferença foi entre o Método de Inventário Convencional e o Método de coleta em ambiente SIG (4,64). O MCA apresentou a menor diferença quando comparado com o Método de coleta em ambiente SIG, o que possibilita afirmar que esta seleção foi eficaz para discriminar que o porte das árvores influencia na detecção, através de imagens, indicando que quanto mais desenvolvida a árvore mais fácil será a detecção realizada pelo fotointérprete da imagem.

Na unidade amostral Água Verde as diferenças entre os tratamentos foram maiores entre os tratamentos T1 e T2 e menores quando comparados aos tratamentos T2 e T3 (Tabela 3). Apesar das diferenças não serem estatisticamente significativas a 5% de significância observa-se, contudo, que entre o Método de Inventário Convencional e o Método de coleta em ambiente SIG as diferenças foram intermediárias (9,73). O resultado da diferença entre o T1 e T2 indica que existem mais árvores jovens nesta unidade amostral e que, embora haja restrições quanto ao porte das árvores, o Método de coleta em ambiente SIG ainda permite detectá-las.

Na unidade amostral Jardim Social constatou-se que as diferenças foram maiores entre o Método de Inventário Convencional (T1) e o Método de coleta em ambiente SIG (T3) (Tabela 3). Da mesma forma, a diferença entre o Método

Convencional Alterado (T2) e o Método de coleta em ambiente SIG (T3) também foi alta, revelando que a eficiência na detecção de árvores no Método de coleta em ambiente SIG foi reduzida nas ruas desta unidade amostral.

A menor diferença entre os tratamentos na u. a. Jardim Social foi entre T1 - T2, equivalente a 0,73, sinalizando que não existem árvores jovens ou mudas nas ruas; sendo assim, o método convencional alterado poderia ser descartado na comparação dos tratamentos.

Na detecção de árvores de rua através do Método de coleta em ambiente SIG os resultados encontrados foram superiores a 90%. Oliveira Filho et al. (2006) constataram, em pesquisa conduzida em uma área experimental de floresta nativa, que as árvores detectadas representavam apenas 15% das árvores mapeadas no terreno sendo que a maioria dos indivíduos detectados se situava nos estratos dominantes e codominantes da floresta.

As áreas de floresta apresentam vários níveis de regeneração com árvores em doséis diferentes; já as árvores de rua não estão adensadas, em sua maioria, como as áreas florestais, pois a presença de equipamentos urbanos e espaço físico restrito disponível restringem a densidade de árvores na rua.

Limitações na detecção das árvores na rua

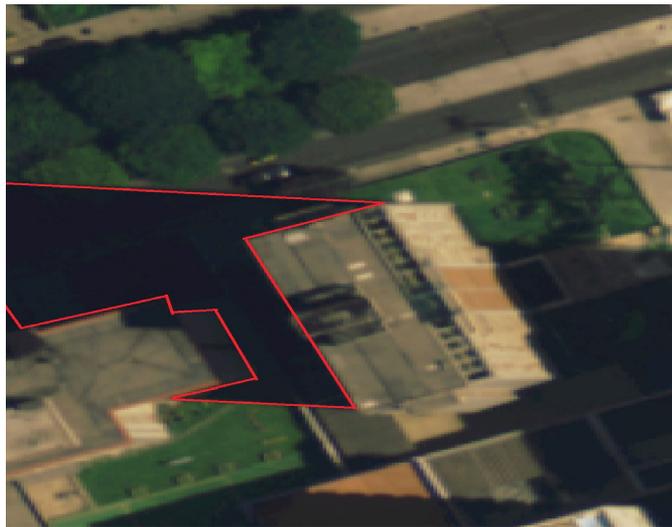
As limitações na detecção de árvores podem ter diversas origens sendo que nesta pesquisa foram observadas três restrições, ou seja: sombra dos edifícios que se projetam nas ruas, tamanho da copa das árvores e a estação do ano na qual ocorreu a aquisição da imagem, em que a primeira se refere às sombras projetadas nas ruas, em virtude da altura das construções que geram perda de informações dos geo-objetos

Tabela 3. Diferença entre os métodos avaliados em u.a. de Curitiba, PR**Table 3.** Difference between the methods evaluated in sample units of Curitiba, PR

Contraste	Diferenças		
	Bigorriho	Água verde	Jardim social
T1 - T2 (Método Convencional X MCA)	2,36	10,91	0,73
T1 - T3 (Método Convencional X Método SIG)	4,64	9,73	5,00
T2 - T3 (MCA X Método SIG)	2,27	-1,18	4,27

de análise. Essas sombras dificultam e/ou impossibilitam a visualização das árvores (Figura 5A). Nas unidades amostrais que tinham predominância de edificações verticais, o potencial de detecção de árvores foi reduzido.

A.



B.



Legenda: (A) - Sombra do edifício. (B) - Polígono detectado a partir da área iluminada da copa que possibilita a detecção da árvore

Figura 5. Efeitos da sombra na detecção das árvores na rua

Figure 5. Effects of shade on the detection of trees in the street

Observou-se que a detecção das árvores deve ser realizada quando as fotografias aéreas são tiradas do NADIR (vistas de topo), ou seja, no primeiro plano da imagem, sem influência de sombras e deslocamentos da geometria da imagem.

Jensen (2009) ressalta que em fotografias aéreas o sombreamento é provocado pelo tamanho dos objetos em relação à topografia ao seu redor, como montanhas e construções altas. As sombras podem escurecer outros objetos dificultando sua detecção e identificação. Ainda que as áreas sombreadas apareçam em tons relativamente escuros, elas podem conter alguma luz espalhada das áreas da vizinhança, suficiente para iluminar o terreno em diferentes graus, permitindo que se obtenha alguma informação a respeito da área sombreada (Figura 5B).

A segunda limitação ocorre em razão da idade das árvores. Uma arborização recém-plantada não apresenta copa expressiva e não pode ser identificada pelo fotointérprete. Essa dificuldade de detecção pode ser eliminada quando o cadastro da arborização através do inventário convencional é realizado concomitante ao tratamento das imagens. Desta forma, a localização de novos plantios e demais informações obtidas em campo podem ser incorporadas ao SIG, integrando dados da arborização em análise.

A terceira limitação é a estação do ano em que ocorreu a aquisição da imagem. Algumas espécies são caducifólias apresentando dificuldades no processo de formação de poligonais que representam a arborização de ruas (Figura 6A).

A.



B.



Legenda: (A) - Árvore detectada pela sombra dos galhos não apresenta folhas. (B) - Polígono da árvore, detectado a partir das sombras

Figura 6. Efeitos da fenologia na detecção da árvore

Figure 6. Effects of phenology in the detection of the tree

Esta dificuldade pode ser contornada com o conhecimento dos hábitos das espécies (perene ou caduca) e o estágio fenológico que se encontra na época do ano em que a imagem foi capturada.

De acordo com Disperati et al. (2007b) na análise da vegetação é importante conhecer as alterações fenológicas que

ocorrem nas árvores, conhecimento que facilita, sobremaneira, a tomada de decisão sobre qual a melhor época do ano para o aerocobramento (aerolevantamento) tendo em vista o mapeamento de determinada espécie ou diversas espécies.

Na Figura 6B foi possível detectar a árvore (polígono) e fazer a projeção de sua copa dando *zoom* na imagem em ambiente SIG. Este tratamento não pôde ser realizado em todas as espécies com característica caducifólia devido à inexistência de sombras na imagem; nesses casos, a árvore foi detectada somente através do Método de Inventário Convencional.

CONCLUSÕES

Constatou-se a eficácia do Método de coleta em ambiente SIG considerando-se uma forma de coleta que auxilia o Método de Inventário Convencional. Ressalta-se que um método não substitui o outro, mas apenas apoia a execução e elimina variáveis mensuradas em campo, que apresentam alto custo de aferição.

As diferenças entre os valores obtidos nos métodos de coleta e os fatores limitantes na detecção estão relacionadas com a qualidade das bases cartográficas utilizadas e/ou erros de observação. Além disso, o período e a época da aquisição da imagem, a altura das edificações (sombras) e o aspecto fenológico das espécies, foram limitantes para o processo de delineamento das árvores.

Recomenda-se a produção e o uso de bases cartográficas de qualidade para aplicação em estudos de arborização urbana; além disto, o uso das técnicas de estereoscopia pode auxiliar ou aprimorar a contagem de árvores em fotografias aéreas.

LITERATURA CITADA

- Disperati, A. A.; Santos, J. R.; Oliveira Filho, P. C.; Neeff, T. Aplicação da técnica “filtragem de locais máximas” em fotografia aérea digital para a contagem de copas em reflorestamento de *Pinus elliottii*. *Scientia Forestalis*, n.76, p.45-55, 2007a. <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr76/cap04.pdf>>. 12 Set. 2011.
- Disperati, A. A.; Amaral, R. F. do; Schuler, C. A. B. Fotografias aéreas de pequeno formato: Aplicações ambientais. Guarapuava: UNICENTRO, 2007b. 262p.
- Disperati, A. A.; Disperati, J.; Lisboa, G. S.; Oliveira Filho, P. C. Delineação visual de copas de árvores em fotografias aéreas de alta resolução de uma área com vegetação natural de Araucária: resultados parciais. In: Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Engenharia Florestal, 5. 2002, Curitiba. Anais... Curitiba: FUPEF, 2002. p.241- 242.
- Disperati, A. A.; Oliveira Filho, P. C. Delineamento de copas de árvores em fotografias aéreas de alta resolução, através de suas sombras periféricas: estudo de caso na Floresta Ombrófila Mista. Viçosa, Revista *Árvore*, v.29, n.2, p.195-202, 2005. <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622005000200003>. 22 jul. 2011. doi:10.1590/S0100-67622005000200003.
- Gougeon, F. A. Towards semi-automatic forest inventories using individual tree crown (ITC) recognition. Victoria: Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, 2000. 6p. (Technology Transfer Note, 22). <<http://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=5446>>. 18 Jul. 2011.
- Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba - IPPUC. Curitiba em dados. Curitiba: IPPUC, jun. 2010. <http://ippucweb.ippuc.org.br/curitibaemdados/Curitiba_em_dados_Pesquisa.htm>. 25 Nov. 2010.
- Jensen, J. R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 598p.
- Lima Neto, E. M. L.; Biondi, D.; Araki, H. Aplicação do SIG na arborização viária - Unidade Amostral em Curitiba-PR. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 3., 2010, Recife. Anais... Recife: UFPE, 2010. CD Rom.
- Milano, M S. Avaliação e análise da arborização de ruas de Curitiba-PR. Curitiba: UFPR, 1984. 130 p. Dissertação Mestrado.
- Oliveira Filho, P. C.; Disperati, A. A.; Lisboa, G. S.; Santos, J. R. Um sistema de informações geográficas para integração dos dados de campo e da fotointerpretação florestal de imagem digital de alta resolução. *Ciência e Natura*, v.28, n.1, p.61-74, 2006. <http://cascavel.ufsm.br/revista_ccne/ojs/index.php/cienciaenatura/article/view/40/50>. 12 Ago. 2011.
- Roderjan, C. V.; Galvão, F.; Kuniyoshi, Y. S.; Hatschbach, G. G. As regiões fitogeográficas do Estado do Paraná. *Revista Ciência & Ambiente*, v.24, p.75-92, 2002.
- Silva, A. G.; Paiva, H. N.; Gonçalves, W. Avaliando a arborização urbana. Viçosa - MG : Ed. Aprenda Fácil, 2007. 346p. (Série Arborização Urbana. Coleção Jardinagem e Paisagismo, 5).
- Spurr, S. H. Photogrammetry and photo-interpretation with a section on applications to forestry. 2.ed. New York: The Ronald Press, 1960. 467p.