

CONTAGEM DE COPAS DE PINHEIRO DO PARANÁ EM FOTOGRAFIAS AÉREAS VERTICAIS (CONVENCIONAIS E 35 MM COLORIDAS): CASO ESTUDO DO CAPÃO DA IMBUÍUA - CURITIBA-PR¹

Atilio Antonio Disperati²
Julio Skalski Junior³

SUMMARY

Count of Paraná pine crowns on aerial vertical photographs (B&W conventional and 35 mm color): A case of study of "Capão da Imbuíua" - Curitiba-PR

This paper deals with the crowns count of Paraná pine as observed on vertical aerial 1:8.000 B&W conventional and 1:2.033 color 35 mm photographs. The study area, known as "Capão da Imbuíua", has 3,8 hectares and is located in the urban area of Curitiba city. The photo interpretations were carried out by three interpreters with different technical knowledge in the subject. The results were compared, qualitative and quantitatively, with two maps elaborated with data collected by field work and showing the spatial and the crown position of 194 Paraná pine found in the area, from which 145 could be delineated on the photographs. Each crown delineated on the photos was analysed with the ground truth maps. The interpreters did not delineated all the same Paraná pine crowns; the differences are related with the shape, size and number of crowns and with the degree of generalization in the dense crown areas. The average results was 62,3% and 12,4% using the 1:2.033 and 1:8.000 scales, respectively. As observed from the color photographs, 45,4% of the study area is covered by Paraná pine crowns either on single or in dense areas. Interpreters with few background in photo-interpretation can be used to delineate Paraná pine using color aerial photographs with scales around 1:2.000.

1. INTRODUÇÃO

Fotografias aéreas verticais tem sido tradicionalmente usadas para o mapeamento da vegetação que ocorre no Estado do Paraná. Em todos esses mapeamentos não tem havido dificuldade em se delimitar as áreas de vegetação com Pinheiro do Paraná (*Arucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze), devido a facilidade de identificação da espécie nas fotografias aéreas. Isso se deve ao fato de que no terreno, os exemplares adultos da espécie, estendem sua copa de forma circular sobre as demais espécies que formam os estratos inferiores da floresta.

Apesar de existirem algumas pesquisas avaliando a potencialidade de fotografias aéreas para o cálculo do volume de árvores de exemplares de Pinheiro (Oliveira (1980), Fontes (1983), Aoki et (1984)) inexistem trabalhos procurando verificar a exatidão com que se pode determinar o número de Pinheiros, existentes em uma floresta natural, através da contagem de suas copas nas fotografias aéreas.

Faço ao exposto, elaborou-se o presente estudo no qual utilizaram-se dois tipos de fotografias aéreas (panorâmicas convencionais 23 cm por 23 cm e coloridas 35 mm) em diferentes escalas e também

vários intérpretes para efetuar a fotointerpretação. Os resultados referentes à cada tipo de fotografias aéreas já foram separadamente publicados (Disperati & Skalski, 1988a e Disperati & Skalski, 1988b). No presente artigo, os resultados são agrupados e discutidos conjuntamente.

2. OBJETIVOS

O presente artigo tem os seguintes objetivos:

A) avaliar as fotografias aéreas verticais panorâmicas convencionais e 35 mm coloridas, nas escalas de 1:8.000 e 1:2.033 respectivamente, para delinear e contar as copas individuais de Pinheiro em uma floresta natural e consequentemente determinar o seu número de árvores,

B) comparar os resultados da fotointerpretação obtidos por três diferentes intérpretes.

3. REVISÃO DA LITERATURA

O conhecimento do número de árvores existentes em uma floresta é fundamental para qualquer atividade de manejo e silvicultura que se deseje realizar na área. A sua determinação é feita

1 Trabalho apresentado no 6º Congresso Florestal Brasileiro.

2 Professor do Depto de Silvicultura e Manejo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná (UFPR)

3 Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal da UFPR. Bolsista do CNPq.

através de trabalho de campo envolvendo os princípios de silvimetria e inventário florestal. Com o uso de fotografias aéreas, a densidade de uma área florestal pode ser obtida através de duas variáveis: cobertura (densidade) de copas e contagem de copas.

A cobertura de copas se refere a proporção da área do talhão florestal ou outra unidade qualquer coberta por copas de árvores. A segunda variável é o resultado da contagem das copas das árvores visíveis nas fotografias aéreas. Qualquer uma dessas variáveis, juntamente com a altura das árvores, diâmetro da copa e área da copa, podem ser usadas como variáveis para a elaboração de tabelas de volume de talhões (povoamentos) florestais.

Segundo Spurr (1960) a principal vantagem da contagem de copas nas fotografias aéreas é que se obtém um simples valor numérico isento de julgamento pessoal. As desvantagens estão na dificuldade de se obter uma contagem exata e relacionar o número obtido com o volume do talhão.

Na imagem estereoscópica de um par de fotografias aéreas só é possível se observar e, conseqüentemente contar as árvores que apresentam copas nos estratos superiores da floresta. Nesse aspecto, Needham & Smith (1987) afirmaram que os fatores predominantes que afetam a exatidão e a confiabilidade dos elementos obtidos em fotografias aéreas parecem ser de natureza biológica ao invés de elementos relacionados com as fotografias aéreas.

Nos trabalhos de fotointerpretação referentes à contagem de copas, tem-se utilizado, de maneira geral, fotografias aéreas com escalas maiores do que 1:15.000. Young (1953) analisou fotografias aéreas em seis diferentes escalas (sendo a menor 1:15.840) para a contagem de copas de grupos de espécies florestais em Maine, nos Estados Unidos; Disperati et alii (1986) utilizaram fotografias aéreas 35 mm coloridas em escala 1:3.000 para contar copas de bracatinga em povoamentos de diferentes idades; Needham & Smith usaram fotografias aéreas em escala 1:600 na contagem de *Pinus taeda*, *Pinus virginiana* e diversas folhosas em uma área florestal.

Wersteegh (1974) comparando fotografias aéreas 70 mm panorâmicas e infravermelho coloridas, em escala 1:5.000, não encontrou diferença significativa entre o número de copas contadas em cada um dos 3 diferentes estratos de níveis de altura de cinco metros definidos a partir da árvore mais alta nas amostras estudadas. Todavia, o valor total obtido da contagem de copas, nos dois tipos de fotografias, foi significativamente diferente.

Tomar & Maslekar (1974) afirmam que em povoamentos abertos e não muito densos, onde as copas das árvores são separadas e distintas, é fácil de fazer a contagem, em fotografias aéreas, no mínimo para as árvores maiores e dominantes. Assim, a

contagem de copas individuais pode ser feita em fotografias aéreas em escala maior do que 1:15.000 de áreas florestais relativamente abertas, uniformes e talhões de meia idade para maduros. Ao mesmo tempo os autores comentam que em florestas decíduas mistas e nas tropicais, compreendendo centenas de espécies em íntima associação, a contagem de copas é tediosa e não confiável. As árvores dos estratos inferiores são parcialmente ou totalmente cobertas pelas copas das principais e dominantes árvores, e assim podem não serem vistas nas fotografias aéreas. Agrupamentos de árvores freqüentemente aparecem como apenas uma copa e algumas vezes a árvore com frondosa copa pode resultar na falsa aparência de duas ou mais copas. Contagem de copas em povoamentos jovens também é difícil pois as copas não são tão grandes para serem vistas facilmente nas fotografias aéreas.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. ÁREA DE ESTUDOS

O "Capão da Imbuia", um típico bosque de nascente, está situado no bairro ao qual deu o nome e a dez quilômetros a leste do marco zero de Curitiba. A área está sob a jurisdição da Prefeitura Municipal de Curitiba e sendo preservada a fim de se constituir em um pedaço da floresta natural outrora existente (Hertel, 1967). A topografia do local é plana e a vegetação ocupa quase toda a sua superfície de 3,8 hectares.

A vegetação é classificada como Floresta Umbrófila mista de Araucária, caracterizada pela presença de coníferas e folhosas. O local, sob o ponto de vista fitogeográfico, apresenta o aspecto interessante de ser uma formação característica de Araucária em meio aos "campos" de Curitiba.

A floresta no local pode ser caracterizada por três diferentes estratos. O primeiro estrato é o de copas dominantes e ocupado principalmente pelos Pinheiros. O segundo estrato, co-dominante e intermediário, é ocupado também por Pinheiros juntamente com imbuias, canelas preta e guaiaca e caroba. O último estrato, dominado pelos demais é formado principalmente pelas mirtáceas, tendo como exemplares característicos a pitanga e a guabiroba. Pelo porte dos Pinheiros e imbuias existentes no local estima-se a idade da floresta como sendo superior a 200 anos (Roderjan, 1988).

A espécie florestal mais alta no local é um Pinheiro com 30,0 metros de altura, diâmetro à altura do peito (DAP) de 3,3 metros e com diâmetro médio da copa de 18,8 metros. Alguns exemplares de imbuia e canela atingem DAP maiores do que 2,0 metros.

Atualmente, verifica-se a regeneração de

espécies florestais, principalmente a do Pinheiro. O sub-bosque não é fechado, facilitando assim o acesso de pessoas a qualquer árvore do local.

4.2. FOTOGRAFIAS AÉREAS

Dois tipos diferentes de fotografias aéreas foram usadas no presente trabalho, a saber: panorâmicas e coloridas.

Utilizou-se apenas um par de fotografias aéreas panorâmicas (preto e branco), em tamanho 23 cm por 23 cm, obtidas em novembro de 1985 na escala 1:8.000. As referidas fotografias, de número 7769 e 7770, fazem parte do acervo resultante do recobrimento aerofotogramétrico das áreas urbanas da Região Metropolitana de Curitiba, realizado em 1985.

As fotografias aéreas 35 mm foram tomadas às 15:45 horas do dia 3 de outubro de 1985, com uma máquina fotográfica Canon F1, com lente de distância focal 50 mm, instalada na porta de um avião monomotor asa alta. As fotografias foram obtidas exclusivamente para o presente trabalho. A altura de voo foi aproximadamente de 400 metros resultando a escala de 1:8.000 no negativo do filme colorido convencional de 100 ASA de sensibilidade. Foram feitas cópias ampliadas para a dimensão de 10 cm por 15 cm resultando fotografias ampliadas na escala 1:2.033. O "Capão da Imbuia" foi recoberto por uma linha de voo contendo 6 fotografias aéreas com recobrimento longitudinal de 80%.

4.3. FOTO-INTERPRETAÇÃO

As interpretações dos dois diferentes tipos de fotografias aéreas foram feitas independentemente por 3 pessoas (intérpretes) que possuíam diferentes níveis de conhecimento de Fotointerpretação Florestal. As interpretações foram realizadas em dias diferentes e cada intérprete não tinha informação dos resultados obtidos pelos outros intérpretes.

O primeiro intérprete (A) possuía experiência teórica e prática do assunto; o segundo intérprete (B) estava envolvido com o assunto de fotointerpretação há apenas um ano, enquanto que o terceiro intérprete (C) desconhecia na prática o assunto, mas demonstrava interesse no aprendizado técnico do assunto e foi treinado exclusivamente para participar do presente trabalho.

A cada intérprete foi solicitado, através da observação estereoscópica das fotografias, delimitar os seguintes itens nos dois tipos de fotografias:

- a) o perímetro do "Capão da Imbuia",
- b) as construções, caminhos e lago existentes no local,
- c) o perímetro individual das copas de Pinheiro visíveis nas fotografias aéreas,

d) nas áreas de Pinheiro nas quais não fosse possível caracterizar individualmente as copas, deveria delimitar apenas o denso agrupamento de copas.

Todos os intérpretes utilizaram as mesmas fotografias e idêntico estereoscópio de espelhos equipado com binocular de 3 vezes de aumento. As interpretações foram realizadas com caneta para desenho de 0,2 mm de espessura em filme transparente para projeção colocado sobre as fotografias aéreas.

Para cada intérprete foi anotado o tempo gasto de interpretação em cada tipo de fotografia. Todavia, foi feita a ressalva de que não haveria limite de tempo e que somente terminassem cada interpretação após a convicção pessoal de estarem satisfeitos com o trabalho realizado. A interpretação dos dois tipos de fotografias não foi feita sucessivamente e sim houve um intervalo de tempo suficiente para evitar a que as informações adquiridas na interpretação de uma escala de fotografia pudesse ser extrapolada para a outra escala.

4.4. TRABALHO DE CAMPO

O trabalho de campo foi realizado para obter dados a fim de representar, em um mapa, a posição espacial dos Pinheiros existentes no Capão da Imbuia que apresentassem altura superior a 10 metros. No mapa representou-se também a posição das construções, caminhos, lago e das espécies nativas de grande porte (em diâmetro e em altura) existentes no local.

Cada Pinheiro no terreno recebeu um número de identificação que foi anotado na respectiva árvore, em uma plaqueta já existente. Para a determinação espacial das árvores utilizaram-se diversas cordas contendo a marcação de cada metro. O local foi subdividido em parcelas de 50 metros por 50 metros a fim de facilitar a obtenção das coordenadas referentes a posição de cada Pinheiro.

Após a conclusão do primeiro mapa, novo trabalho de campo foi efetuado a fim de nele representar, esquematicamente, a copa de cada Pinheiro, em função de sua posição do estrato superior (dominante, co-dominante e intermediário) ou dominado da floresta. Indicou-se os Pinheiros sem copa e com reduzida, os quais não poderiam ser delineados nas fotografias aéreas.

4.5. ANÁLISE DOS DADOS

As fotointerpretações foram analisadas qualitativa e quantitativamente. Na análise qualitativa efetuou-se a comparação visual entre as diferentes interpretações obtidas e também a comparação com as duas cartas florestais obtidas através de trabalho de campo.

A análise quantitativa constou de duas diferentes partes:

1) Verificação de quantas e quais copas delimitadas por intérprete representava um exemplar de Pinheiro.

2) Determinação da área ocupada pelas copas de Pinheiro.

Para se efetuar a primeira parte, foi necessário a ampliação de cada interpretação, através de um aparelho convencional de retroprojeção, sobre a carta florestal de copas de Pinheiro da área de estudos. Essa comparação foi feita tendo como referência os 5 blocos em que foi dividido o Capão da Imbuia. Os limites dos blocos I, II e IV foram os caminhos existentes enquanto que a divisão entre os blocos III e V foi arbitrariamente estabelecida.

A determinação da área das copas dos Pinheiros foi feita com uma rede de pontos com densidade de 16 pontos por em^2 , sendo que cada ponto de rede colocada sobre a interpretação em escala 1:2033 equivalia a $25,83 \text{ m}^2$ enquanto que sob as fotografias 1:8.000 equivalia a 400 m^2 . Foi então calculado a área total das copas de Pinheiro, individualmente delimitadas bem como em agrupamentos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Já é fato sobejamente conhecido que o Pinheiro do Paraná em sua fase adulta apresenta a copa em forma circular ocupando os estratos dominantes da floresta. E por estes motivos sua identificação e delimitação nas fotografias aéreas é relativamente fácil.

O trabalho de campo resultou em uma carta florestal (figura 1) na escala 1:500, no qual foram anotadas a posição de 194 (cento e noventa e quatro) Pinheiros. Desse total, quarenta e dois foram consideradas como árvores dominadas e sete não apresentavam copas, resultando assim um número de 145 (cento e quarenta e cinco) Pinheiros possíveis de serem delimitados nas diversas fotografias aéreas e também o número referencial para a análise quantitativa.

5.1. ANÁLISE QUALITATIVA

O resultado da interpretação das fotografias em escala 1:8.000 são mostrados na figura 2 e os das fotografias coloridas aparecem nas figuras 3, 4 e 5. Como se pode observar, as interpretações, em mesma escala, não são exatamente iguais, mas cuidadosa análise visual comparativa evidencia certa igualdade de tendências nas diversas interpretações.

Em se tratando de fotografias 1:8.000, o intérprete A efetuou a fotointerpretação com um maior grau de generalização do que os outros

intérpretes, pois delimitou apenas uma contígua e extensa área de agrupamento de copas. O intérprete B delimitou dois agrupamentos de copas, quase que idênticas em superfície no traçado pelo intérprete A, todavia delimitou uma área extra de agrupamento de copas que não existia no local, como pode se verificar comparativamente com a figura 1. O intérprete C evidenciou apenas dois locais de denso agrupamento de copas, porém ambas as áreas juntas representam quase metade da superfície caracterizada pelos outros dois intérpretes e devido a essa menor generalização delimitou um maior número de copas de Pinheiro.

Nas interpretações das fotografias aéreas em escala 1:2.033 se observa facilmente que diversas copas de Pinheiro foram delimitadas igualmente em posição pelos 3 intérpretes, fato este não tão marcante com as fotografias 1:8.000. Evidentemente, que a maior escala das fotografias coloridas e conseqüentemente maior tamanho dos objetos que aparecem nas fotografias, propiciaram a delimitação de copas principalmente as isoladas. Ainda se verifica que o intérprete A manteve um maior grau de generalização na fotointerpretação, delimitando um menor número de copas e conseqüentemente maior superfície de agrupamento de copas de Pinheiro.

Como principal informação extraída da análise comparativa das interpretações das fotografias coloridas, é que nem todas as copas de Pinheiro foram delimitadas em mesmo tamanho e em mesmo formato. De maneira geral, os intérpretes A e B caracterizaram quase que igualmente o tamanho das copas, só que para o intérprete B quase todas as copas possuíam formato circular e o que já não ocorreu com os intérpretes A e C. Apesar dessas diferenças verificadas não serem muito importantes no contexto do presente trabalho, elas devem ser levadas em consideração em estudos de determinação do diâmetro e área das copas através de fotografias aéreas.

5.2. ANÁLISE QUANTITATIVA

Como mencionado anteriormente, a análise quantitativa dos resultados obtidos pelos diversos intérpretes baseou-se na comparação do número de copas obtidas pela fotointerpretação versus o respectivo número de árvores no terreno e na comparação dos resultados da área ocupada pelas copas de Pinheiro. Sob o aspecto de rigor científico o segundo critério não apresenta validade pois não se obteve para comparação o valor total da somatória da projeção vertical no terreno das 145 copas de Pinheiro consideradas nesse trabalho. Todavia, a mera comparação dos valores numéricos de área de copas pode ser valiosa no presente trabalho por fornecer dados preliminares e iniciais sobre o assunto e perfeitamente possíveis de verificação em trabalhos

futuros de mesma natureza. Estudos comparativos dessa ordem são importantes, já que é prática comum em trabalhos de mapeamento florestal ter-se como resultado final além do mapa mostrando a posição espacial dos tipos florestais mapeados também a área (geralmente em hectares) ocupada por cada tipo florestal considerado.

5.2.1. NÚMERO DE COPAS NAS FOTOGRAFIAS VS NÚMERO DE ÁRVORES NO TERRENO

A análise dos valores numéricos da tabela 1 evidencia que o intérprete A delimitou um menor número de copas nos dois tipos de fotografias do que os outros intérpretes. Este fato aliado ao da análise qualitativa e também complementado pelos outros valores da tabela 2 confirmam a evidência que o intérprete A efetuou a interpretação em um nível mais geral do que os outros.

Das oitenta e duas copas delimitadas pelo intérprete A, nas fotografias coloridas, setenta e três estavam corretas enquanto que das 26 copas delimitadas nas fotografias em escala 1:8.000, apenas 16 representavam um Pinheiro. Idêntica análise para os outros intérpretes é feita pela simples leitura da tabela 1. Todavia, importante ressaltar que o aumento do número de copas delimitadas nas fotografias coloridas pelos intérpretes B e C também propiciou um maior número de copas corretas, fato este que não se verifica com as fotografias em 1:8.000, pois um aumento de 11 e 17 copas dos intérpretes B e C implicou um aumento de apenas 3 copas corretas no desempenho de cada um, respectivamente. Adicional a essa análise, verifica-se que aproximadamente 10% das copas delimitadas nas fotografias coloridas representaram mais do que um Pinheiro, enquanto que esse valor grosseiramente atinge a ordem de 50% com as fotografias 1:8.000.

No âmbito de análise geral de delimitação de copas, observa-se que o número total de copas traçadas nas fotografias coloridas foi de 2,4 a 3,1 vezes maior do que no outro tipo de fotografias, porém quanto ao número de copas corretamente delimitadas esse valor numérico atinge de 4,6 a 5,2, substanciando desse modo os melhores resultados com o uso de escalas grandes de fotografias aéreas.

Nem todas as copas delimitadas representaram um exemplar de Pinheiro. Uma análise mais detalhada referente a isso foi efetuada para todas as interpretações, porém será apresentado apenas os dados obtidos pelo intérprete B no uso das fotografias coloridas (ver tabela 3) por ter delimitado o maior número de copas.

A tabela 3 reporta que o intérprete B delimitou as copas com maior exatidão no Bloco I do que nos

blocos restantes. Apesar de 31 Pinheiros existentes no Bloco I, somente 24 copas foram assinaladas nas fotografias aéreas, devido que 5 Pinheiros estavam dominados na estrutura vertical da floresta, como obtido pelo trabalho de campo. Assim, 23 copas correspondiam exatamente a um exemplar da espécie, e apenas uma copa delimitada representava 2 Pinheiros no terreno e um Pinheiro não foi assinalado apesar de o ter sido pelos outros dois intérpretes, pela razão de parte de sua copa estar parcialmente dominado. Nos blocos seguintes, por mera coincidência numérica, os valores de exatidão de interpretação correta de copas foram sucessivamente menores. Como se verifica na figura 1 os Pinheiros estão mais dispersos e espalhados no Bloco I do que nos demais e por isso houve maior facilidade de delimitar as copas e conseqüentemente melhor resultado.

No bloco V o intérprete B obteve o menor valor de acerto (54,8%) em se tratando dos possíveis 42 Pinheiros. Ressalta-se que, além desses, existiam outros 22 dominados e dois sem copa. Esse baixo valor de exatidão dos resultados é facilmente explicado pela excessiva concentração de Pinheiros em algumas partes do bloco, como se verifica na figura 1.

Pela tabela 3 também se verifica que nos blocos IV e V ocorreram as maiores dificuldades de interpretação e que pode ser explicado pela excessiva densidade de Pinheiros e conseqüentemente entrelaçamento de partes de suas copas.

Para o intérprete A, a média de exatidão da contagem de copas foi de 50,3% enquanto que para os outros intérpretes a média foi igual e de 68,3% (vide tabela 1).

No presente trabalho não se verificou a relação direta de quanto menor a densidade de Pinheiros em um bloco, mais exato a contagem de suas copas. Baseando-se no número possível de Pinheiros de serem contados nas fotografias aéreas, é a seguinte a densidade de Pinheiros/ha em cada um dos 5 blocos considerados: 36, 32, 60, 45 e 44. A contagem de copas foi mais exata nos dois blocos que apresentaram a menor densidade de Pinheiros/ha. Todavia, isso não pode ser generalizado pois no bloco V apesar de ter uma densidade média em relação aos cinco blocos, a exatidão da contagem de copas foi a menor encontrada no trabalho. Também para o bloco III com densidade quase o dobro da verificada no bloco II, os resultados são quase que idênticos. Uma explicação para isso é a distância entre os Pinheiros, pois como se verifica na figura 1, os Pinheiros estão mais dispersos e espalhados no bloco I do que nos demais outros blocos e por isso houve uma maior facilidade para delimitar as copas de Pinheiro.

5.2.2. ÁREA TOTAL DAS COPAS DE PINHEIRO

Os valores da determinação da superfície ocupada pelas copas de Pinheiro, seja na forma individual como de agrupamento, para os intérpretes estão expressos na tabela 2. Ressalta-se que por meio de fotografias aéreas é possível somente mapear e analisar as árvores (ou mais precisamente suas copas) que ocupam os estratos dominantes e superiores da floresta.

Para o intérprete A, 50,5% de toda a superfície do Capão da Imbuia, como observada através das fotografias aéreas 1:2.033, se referem exclusivamente às copas de Pinheiro, tanto na forma individual como de agrupamento. A diferença de porcentagem desse intérprete em relação aos demais foi de 8,2%, já que os outros obtiveram valores quase que idênticos. Ainda nessa escala, as diferenças de porcentagem de área das copas individuais, entre os intérpretes foram pequenas, apesar do número de 27 e 23 copas delineadas à mais pelos intérpretes B e C, em relação respectivamente ao A. Em se tratando de valores globais, os intérpretes B e C obtiveram resultados bastante semelhantes em área tanto a nível individual como em agrupamento, porém o que difere é em alguns aspectos qualitativos como se pode observar nas figuras 4 e 5.

Os resultados advindos do uso das fotografias 1:8.000 não são tão coerentes e esclarecedores quanto com as fotografias coloridas, pois existe muita variação entre os valores tanto a nível de copas individuais como de agrupamento. Isso indica que a interpretação nesse nível de escala é mais subjetiva e dependendo mais das aptidões inerentes e experiência do intérprete.

Ao se analisar os resultados advindos do uso das duas escalas fotográficas, observa-se que individualmente os intérpretes A e C obtiveram valores quase que idênticos de área total de copas. A exceção foi do intérprete B por ter delineado uma área de copas não existente e se não fosse isso o resultado final poderia ter sido quase idêntico ao obtido com a outra escala de fotografias aéreas.

5.2.3. DISCUSSÃO

Segundo Spurr, os valores resultantes da contagem de copas em fotografias aéreas são universalmente baixos quando comparados com os reais valores de terreno. Tiwari (1974) afirma que a contagem de copas de árvores em fotografias aéreas em escala média e pequena nunca tem resultado valores melhores do que 60% do total de árvores. E em fotografias em escala grande (maiores do que 1:10.000) a contagem de copas de árvores foi superior a 90% em uma floresta de "teca" em Allapalli na

Índia. Analisaremos os melhores valores obtidos no presente trabalho, e que foram 68,8% e 13,1% para as escalas 1:2.033 e 1:8.000 respectivamente, baseado na consideração de Thorley (1975) que afirma que a contagem de copas depende da escala fotográfica, resolução, densidade e homogeneidade do talhão. Adicional a isso, analisaremos a espécie considerada, procedimento como foi feito a contagem de copas e a utilização de diversos intérpretes.

De todos os fatores acima mencionados, o que mais contribuiu para um aumento no resultado da contagem de copas foi a escala das fotografias aéreas. Quanto maior a escala, maior a exatidão do resultado e para este trabalho os valores numéricos foram anteriormente analisados. Os baixos valores advindos com as fotografias 1:8.000 evidenciam restritivo valor quanto ao uso de escalas ainda menores, especialmente para a contagem de copas de Pinheiro, apesar de que tal consideração não ter validade quando se trata de determinar a área total ocupada pelas copas de Pinheiro. Tal conhecimento é importante já que a maioria dos levantamentos aerofotogramétricos realizados em áreas rurais do Estado do Paraná resultam fotografias aéreas em escala que podem variar de 1:10.000 a 1:25.000. Isso tanto é verdade que o recobrimento fotográfico do Estado foi realizado em 1980 na escala 1:25.000.

Uma das contribuições da técnica de fotografias aéreas de pequeno formato (35 mm ou 70 mm) é na possibilidade de obter fotografias coloridas em escala grande, pois com a necessidade de ampliação do negativo (de tamanho 2,4 em por 3,6 em ou 6 em por 6 em), comumente se amplia em 3 a 5 vezes a escala original do negativo. As fotografias aéreas obtidas com máquinas fotogramétricas não são ampliadas, já que seu negativo já tem um tamanho grande que é de 23 em por 23 em. No presente trabalho, as fotografias ampliadas tinham a escala de 1:2.033, que pode ser considerada escala grande, e não muito usual nos estudos de fotointerpretação florestal realizados no Paraná e Brasil por motivos já acima mencionados.

Muito mais informações é possível de se extrair de fotografias aéreas coloridas do que em preto e branco. Todavia, já que esses dois tipos de fotografias foram usadas no presente trabalho e por estarem em diferente escala, não se tem informações para quantificar a adicional vantagem das fotografias em escala grande serem coloridas. Pesquisas desse gênero inexistem no Paraná apesar do Pinheiro do Paraná ser uma espécie facilmente reconhecida e identificada em qualquer tipo de fotografia aérea e ter sido mapeada usando até fotografias em escala 1:70.000 (Disperati, 1982). Seguindo essa linha de pensamento, é também impossível de se avaliar a contribuição da "resolução" que tanto pode se referir ao filme como à lente da máquina fotográfica. Sob um

aspecto teórico, as fotografias 1:8.000 apresentam melhor resolução do que as coloridas usadas, por terem sido obtidas através de máquina fotogramétrica, na qual tanto o filme como o conjunto de lentes são superiores em qualidade do que os usados para as fotografias coloridas.

A influência das variáveis "densidade e homogeneidade do talhão" na contagem de copas de Pinheiro já foi também parcialmente discutido, todavia duas mais considerações devem ser feitas sobre o assunto e que são: ocorrência de agrupamento de copas e homogeneidade da área de estudos.

A ocorrência de áreas densas de Pinheiro em qualquer floresta natural, é peculiar da espécie e devido principalmente à dificuldade de sua semente cair ou ser lançada à grandes distâncias da árvore matriz, face ao seu elevado peso, tamanho grande e não ser do tipo de semente alada.

Se considerarmos apenas os estratos dominantes e co-dominantes do Capão da Imbuia, a floresta pode ser considerada homogênea e representativa da mata natural de Araucária. Isso se deve à predominância, nesses estratos, das copas de Pinheiro e que em algumas partes existe uma descontinuidade que são ocupados por copas de imbuias e canelas que tiveram seu desenvolvimento favorecido pela queda de Pinheiros mais velhos, devido principalmente ao vento, como ainda ocorre nos dias atuais (Roderjan).

É importante ressaltar novamente que o enfoque no presente trabalho foi o de delinear cada copa de Pinheiro e verificar se cada copa representava apenas um exemplar da espécie em questão. Em muitos trabalhos práticos, esse rígido critério pode não ser necessário e então utilizar-se-á apenas o procedimento de contar as diferentes e possíveis copas de serem vistas nas fotografias aéreas. Certamente tal procedimento deverá conduzir a melhores resultados do que os obtidos, apesar de que especial atenção deverá ser dada, particularmente, ao transformar os densos agrupamentos de copas em número de árvores. E esse segundo critério é o caso a ser usado para a contagem de copas em reflorestamento de *Pinus sp* e *Eucalyptus sp*, já que devido às formas características das espécies, apenas será possível observar nas fotografias aéreas o ápice de suas copas.

A posição fito-sociológica das copas de Pinheiro a serem contadas também afeta a exatidão dos resultados. No presente trabalho, considerou-se para efeito de contagem as copas dominantes, co-dominantes e intermediárias. Os resultados obtidos teriam sido mais promissores se se considerassem apenas as duas posições superiores, já que as copas intermediárias são as mais difíceis de serem delineadas totalmente, face que na maioria das vezes

apenas parte de suas copas podem ser observadas nas fotografias aéreas.

Não é comum em fotointerpretação avaliar comparativamente o desempenho de intérpretes, apesar de existirem alguns trabalhos sobre o assunto (Dillman et alli (1978), Ryerson & Wallen (1977)). Nos trabalhos atuais de sensoriamento remoto, ou mais precisamente sobre imagens de satélite, em lugar do resultado do intérprete tem se comparado os resultados advindos do uso de diferentes programas classificatórios ou mesmo de diferentes técnicas de realce de imagem !!! Murtha (1978) comenta que a foto-interpretação através de técnicas ótico-visual depende inteiramente da perceptividade do foto-intérprete assim como, seu prévio treinamento e experiência em uma dada disciplina. Adicional a isso, Estes & Simonett (1975) além de afirmarem que a quantidade e a confiabilidade da informação obtida na interpretação de imagem depende do treinamento e aptitude do observador, também está associada à natureza da cena observada.

No trabalho ora divulgado, os intérpretes representavam 3 categorias, a saber: mais experiente, experiente e menos experiente. Em termos práticos, essas categorias abrangem todos os níveis de intérpretes. Ressalta-se que os 3 intérpretes possuíam conhecimento universitário de engenharia florestal. Evidentemente, que devido aos fatores comentados anteriormente por diversos autores, verificou-se uma variabilidade de resultados, sendo os mais inconsistentes com a escala menor das fotografias utilizadas, já que com essa escala houve a necessidade de mais subjetividade na interpretação.

Adicional às inerentes variabilidades dos intérpretes, o fator "tempo de interpretação" pode explicar parte de alguns dos diferentes resultados obtidos, já que o intérprete A (mais experiente) gastou quase a metade do tempo (isto é, 35 minutos) quando comparativamente com os 70 e 75 minutos dos intérpretes B e C, respectivamente nas fotografias coloridas. Com as fotografias em escala 1:8.000 essa proporção foi ainda maior já que o intérprete A gastou apenas 6 minutos enquanto que os intérpretes B e C dispenderam 30 e 25 minutos, respectivamente. Com isso, pode-se questionar que se o intérprete A tivesse efetuado a interpretação mais vagarosamente, poderia ter obtido resultados bem mais próximos dos outros intérpretes, por ter feito com menos generalidade e delineado mais copas individuais.

Inexistem dados na literatura sob o Pinheiro para comparar os resultados obtidos. Porém, ressalta-se que a foto-interpretação florestal é do tipo direta onde se delimita ou se caracteriza os objetos realmente visíveis nas fotografias aéreas e por isso não necessitando de muita integração de evidências como ocorre na foto-interpretação correlativa (por exemplo,

mapeamento pedológico e geológico). Por este motivo, o intérprete C conseguiu resultados adequados e próximos dos outros, demonstrando que com as duas escalas utilizadas, principalmente a em 1:2.033, não se necessita de muito conhecimento teórico sobre o assunto e sim apenas visão estereoscópica, um prévio treinamento e conhecimento florestal específico da espécie e do tipo de floresta em estudo.

Em extensas áreas florestais é praticamente impossível de se efetuar a contagem de copas em toda a sua extensão. Assim, de acordo com Spurr é prática comum utilizar unidades amostrais circulares, sendo tal o tamanho da amostra a fim de abranger 20 a 30 árvores visíveis. Tal consideração aliado aos resultados obtidos no presente trabalho com as fotografias em escala grande, sugere o tamanho da amostra circular de um hectare para fotografias aéreas em escala próxima de 1:2.000.

6. CONCLUSÕES

As principais conclusões do presente artigo são:

1) Os três intérpretes testados não delimitaram exatamente as mesmas copas de Pinheiro nas fotografias aéreas e as diferenças de interpretação referem-se ao formato, tamanho e número de copas e ao grau de generalização nas áreas densas de copas,

2) Nem todas as copas individuais delimitadas nas fotografias aéreas corresponderam exatamente a um Pinheiro; diversas copas representavam dois, três ou mais Pinheiros no terreno,

3) A variação do número total de copas delimitadas pelos intérpretes nas fotografias coloridas foi de 2,4 a 3,1 vezes maior do que nas fotografias em escala 1:8.000, porém quanto ao número de copas corretamente delimitadas essa variação foi de 4,6 a 5,2,

4) Os intérpretes delimitaram corretamente de 50,3% a 68,3% (com valor médio de 62,3%) de todos os 145 possíveis Pinheiros de serem caracterizados nas fotografias aéreas em escala 1:2.033, os quais correspondiam a 74% dos Pinheiros mapeados no local de estudos. Com as fotografias em 1:8.000 essa variação atingiu os baixos valores de 11,0 a 13,1% (a média de 12,4%),

5) Houve uma variação muito grande quanto à exatidão da contagem de copas nos 5 blocos considerados no "Capão da Imbuia" devido principalmente ao distanciamento e espalhamento dos Pinheiros dentro de cada bloco,

6) De 42,3% a 50,5% (com média de 45,4%) da vegetação do Capão da Imbuia" como observado nas fotografias coloridas pelos intérpretes é representada por copas de Pinheiro do Paraná,

7) Apenas um intérprete e com as fotografias

aéreas em escala 1:8.000 delimitou erradamente copas de Pinheiro,

8) Dois dos intérpretes obtiveram resultados individuais bastante parecidos na determinação da área total das copas de Pinheiro com as duas diferentes escalas de fotografias aéreas,

9) Parece ser de pouca eficiência o uso de fotografias aéreas em escala 1:8.000 e menores para se determinar o número de Pinheiros em função da contagem de copas,

10) Desde que previamente treinadas e possuindo conhecimento florestal, pode-se utilizar pessoas (intérpretes) universitárias com pouco conhecimento de fotointerpretação florestal para delimitar copas de Pinheiro usando fotografias aéreas em escala próximas de 1:2.000.

7. RESUMO

O presente estudo se refere à contagem de copas de Pinheiro do Paraná usando dois tipos de fotografias aéreas verticais, a saber: panorâmicas convencionais em escala 1:8.000 e 35 mm coloridas em escala 1:2.033. A área de estudos, uma floresta natural de 3,8 hectares e conhecida por "Capão da Imbuia", está situada na área urbana de Curitiba. As interpretações das fotografias aéreas, feitas por 3 intérpretes com diferentes níveis de conhecimento de fotointerpretação florestal, foram comparadas qualitativa e quantitativamente com duas cartas florestais, elaboradas através de dados coletados na área, mostrando a posição espacial dos Pinheiros e de suas copas existentes no local, respectivamente. A metodologia utilizada foi a de verificar se cada copa de Pinheiro delimitada nas fotografias aéreas correspondia exatamente à uma árvore no terreno. Os 3 intérpretes testados não delimitaram exatamente as mesmas copas de Pinheiro e as diferenças referem-se ao formato, tamanho e número de copas e ao grau de generalização nas áreas densas em copas de Pinheiro. Baseado nas 145 copas de Pinheiro, situadas nos estratos dominante, co-dominante e intermediário, e que poderiam teoricamente serem delimitadas nas fotografias, o resultado médio da fotointerpretação foi de 62,3% e 12,4% com as fotografias coloridas e preto e branco, respectivamente. Como visto pelos intérpretes usando as fotografias coloridas, 45,4% do total do "Capão da Imbuia" é coberto por copas de Pinheiro seja tanto na forma isolada como de agrupamento. Pessoas com pouco conhecimento de fotointerpretação florestal, desde que previamente treinadas, podem ser usadas para delimitar copas de Pinheiro em fotografias aéreas em escala próximas de 1:2.000.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOKI, H. et alii (1984). Volume estimates of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze Using Aerial Photographs. IN: *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Rio de Janeiro, ISPRS, Vol XXV, Part A7, Commission 7, 16-26.
- DILLMAN, R.D. et alii (1979). Evaluation of High Altitude Imagery for Assessment of Mountain Pine Beetle. IN: *Proceedings of Seventh Biennial Workshop on Color Aerial Photography in the Plant Sciences and Related Fields*. American Society of Photogrammetry (ASP), held at University of California, Davis, California, May 15-17, 165-177.
- DISPERATI, A.A. (1982). O Pinheiro do Paraná: sua caracterização através de fotografias aéreas e imagens do satélite Landsat II. IN: *Anais do II Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Brasília, INPE, 10 a 14 de março de 1982, Vol III, pp 799-810.
- DISPERATI, A.A.; ROSOT, N.C.; SANTOS, J.R. dos (1986). Mapeamento dos povoamentos de bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em diferentes idades usando fotografias aéreas 35 mm. *Acta Forestalia Brasiliensis*. Curitiba, 1: 65-74.
- DISPERATI, A.A.; SKALSKI JUNIOR, J. (1988a). Contagem de Copas de Pinheiro do Paraná em Fotografias Aéreas Verticais em Escala 1:8.000 do Capão da Imbuia - Curitiba-PR. IN: *Anais do III Congresso Florestal do Paraná / III Encontro Paranaense de Engenheiros Florestais*. Curitiba, Instituto Estadual de Florestas, 27 a 30 junho, pp 34-43.
- DISPERATI, A.A.; SKALSKI JUNIOR, J. (1988b). Contagem de Copas de Pinheiro do Paraná em Fotografias Aéreas Verticais 35 mm. IN: *Anais do V Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Natal, Rio Grande do Norte, Instituto de Pesquisas Espaciais, 11 a 15 novembro, Vol 3, 619-626.
- ESTES, J.E.; SIMOMETT, D.S. (Coauthor-editors) (1975). Fundamentals of Image Interpretation. *Manual of Remote Sensing*, ASP, Chapter 14, Vol II, 869-1076.
- HERTEL, R.J.G. (1967). A vegetação do "Capão da Imbuia" - Introdução. *Araucariana* 1:1-6.
- MURTHIA, P.A. (1979). Vegetation Damage Assessment: Working Group Meeting. IN: *Proceedings of Seventh Biennial Workshop on Color Aerial Photography in the Plant Sciences and Related Fields*. ASP, held at University of California, Davis, May 15-17, 161-163.
- NEEDHAM, T.D.; SMITH, J.L. (1987). Stem Count Accuracy and Species Determination in Loblolly Pine Plantation Using 35 mm Aerial Photography. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 53(12):1675-1678.
- RYERSON, R.A.; WALLEN, V.R. (1977). Bean Area Estimates from Landsat and Airborne Remote Sensing Data. IN: *Proceedings from the 1977 Falls Technical Meeting*, ASP, October 18-21, Little Rock, Arkansas (USA), 18-29.
- RODERJAN, C.V. (1988). Comunicação pessoal. Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná.
- SPURR, S.H. (1960). *Photogrammetry and Photo-Interpretation*. Second Edition, The Ronald Press Company, New York, 471 p.
- TIWARI, K.P. (1974). Forestry Aerial Photo-Interpretation and Resource Inventories in India. IN: *Proceedings of Symposium on Remote Sensing and Photo-Interpretation*, International Society for Photogrammetry, Commission VII, October 7-11, Banff, Alberta, Canada, 177-189.
- THORLEY, G.A. (author - editor) (1975). Forest Lands: Inventory and assessment. *Manual of Remote Sensing*, ASP, Vol II, Chapter 17, 1353-1426.
- TOMAR, M.S.; MASLEKAR, A.R. (1974). *Aerial Photographs in Landuse and Forest Surveys*. Jugal Kishore & Co. (Publication Division), Dehra Dun, India, 210 pp.
- VERSTEEGII, P.J.D. (1974). Assessment of Volume Characteristics of Tropical Rain Forests on Large Scale Aerial Photographs. IN: *Proceedings of Symposium on Remote Sensing and Photo-Interpretation*, International Society for Photogrammetry, Commission VII, October 7-11, Banff, Alberta, Canada, 233-244.
- YOUNG, H.E. (1953). Tree Counts on Air Photos in Maine. *Photogrammetric Engineering*, 19 (1): 111-116.

9. AGRADECIMENTOS

Ao Diretor do Museu de História Natural do Capão da Imbuia, Biólogo Márcio Luiz Bittencourt pela autorização para efetuar o trabalho de campo.

Ao comandante da Base Aérea do Bacacheri, Cel Aviador José Flávio Celestino, pela permissão e ao Major Aviador José Joaquim da Silva Ribas por efetuar o voo para a tomada das fotografias 35 mm do local de estudo.

CONTAGEM DE COPAS DE PINHEIRO DO PARANÁ EM FOTOGRAFIAS AÉREAS VERTICAIS
(CONVENCIONAIS E 35 MM COLORIDAS): CASO ESTUDO DO CAPÃO DA IMBUÍA - CURITIBA - PR

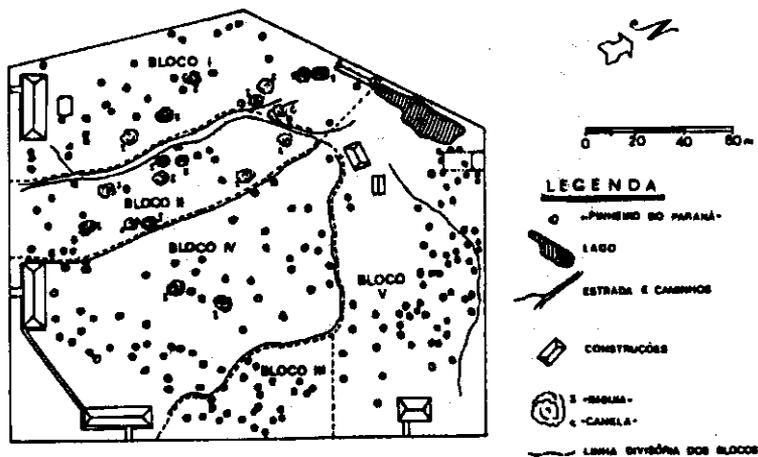


FIGURA 1: Posição espacial de Pinheiro do Paraná no Capão do Imbuia
Spatial position of the Paraná pine in the study area

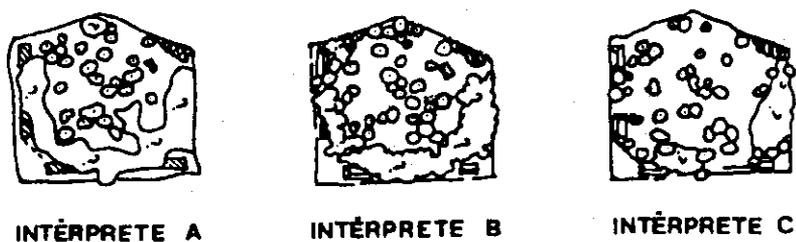


FIGURA 2: Interpretação das fotografias aéreas em escala 1:8.000 do Capão da Imbuia
Interpretation results from the 1:8.000 B&W aerial photographs of the study area



FIGURA 3: Posição de copas de Pinheiro do Paraná conforme intérprete A
Crown map of Paraná pine according interpreter A

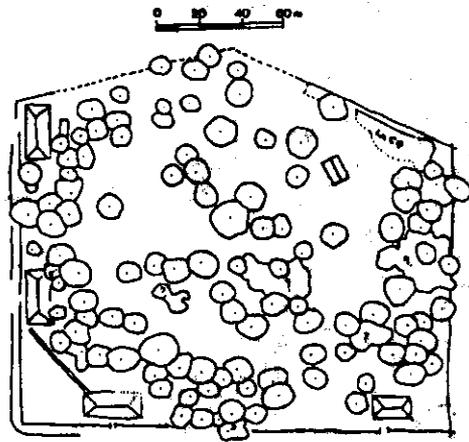


FIGURA 3: Posição de copas de Pinheiro do Paraná conforme intérprete B
Crown map of Paraná pine according interpreter B

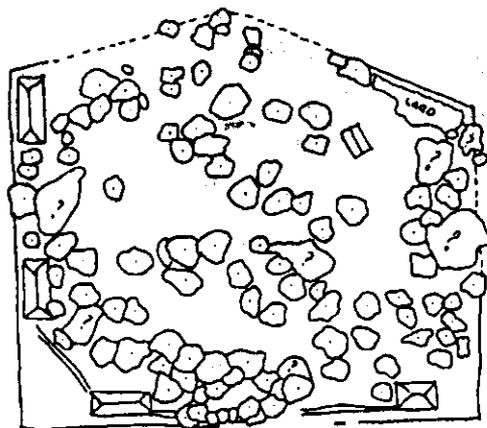


FIGURA 3: Posição de copas de Pinheiro do Paraná conforme intérprete C
Crown map of Paraná pine according interpreter C