

PINHEIRO DO PARANÁ : SUA CARACTERIZAÇÃO ATRAVÉS DE FOTOGRAFIAS
AÉREAS E TERRESTRES E IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT

Prof. Dr. Attilio Antonio Disperati

Universidade Federal do Paraná

Curso de Engenharia Florestal

Depto de Silvicultura e Manejo

Caixa Postal 2959

80.000-Curitiba-Paraná- Brasil

RESUMO

O presente artigo reúne alguns aspectos referentes ao mapeamento do Pinheiro do Paraná através de fotografias aéreas e terrestres e imagens do satélite Landsat II. O artigo tem três finalidades básicas. Primeiro: mostrar a variação da copa do Pinheiro do Paraná através de fotografias terrestres e analisar a importância da copa da árvore para a identificação da espécie por meio de fotografias aéreas. Segundo: mostrar fotografias aéreas verticais, em diferentes escalas, nas quais o motivo básico é o mapeamento de áreas florestais de Pinheiro do Paraná. Terceiro: mostrar e analisar qualitativamente duas cenas de satélite Landsat II, no formato de fita compatível de computador e processadas digitalmente para o mapeamento de áreas de Pinheiro do Paraná em uma floresta nativa situada no sudoeste do Estado do Paraná.

ABSTRACT

This paper deals with some aspects of the mapping of stands of Parana Pine (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze) in the forest using aerial photographs and Landsat imagery. Three different aspects is considered in this paper. Firstly: the crown characteristics in Parana Pine is showed using terrestrial photographs and the importance of crown characteristics on photo-interpretation is discussed. Secondly: two aerial photographs, in different scales, are used to show the mapping of stands of Parana Pine. Thirdly: an example of processing digitally Landsat data from two different scenes for mapping Parana Pine stands in one natural forest in south-west of Parana State is given.

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Uma das principais espécies florestais encontradas nas matas de Araucaria é o Pinheiro do Paraná. As matas de Araucaria, um tipo de floresta subtropical, ocupam uma extensa área de distribuição geográfica abrangendo larga extensão territorial dos Estados do Paraná e Santa Catarina e, em menor escala, sucessivamente, dos Estados do Rio Grande do Sul, São Paulo e Minas Gerais. Matas com Pinheiro do Paraná também são encontradas na Argentina, Paraguai e Chile.

A exploração desordenada e desenfreada da floresta para o aproveitamento da madeira para fins industriais, a necessidade de novas áreas agrícolas, conjuntas com o incêndio florestal que em 1963 assolou uma extensa área no norte-velho e centro do Estado do Paraná resultaram uma séria devastação nas matas de Araucaria assim como também da cobertura florestal do Estado. Estimativas otimistas calculam como sendo de 7% a cobertura florestal do Estado nos dias atuais.

O mapeamento do Pinheiro do Paraná tem

sido o assunto de numerosos estudos desde que o primeiro mapa fitogeográfico do Brasil foi publicado em 1840. Porém, Reinhard Maack contribuiu decisivamente na análise da distribuição geográfica da espécie como também do seu mapeamento no Estado do Paraná através de seus mapas publicados, respectivamente, em 1931, 1949 e 1968. Mapeamento do Pinheiro, mais detalhado do que os elaborados por Maack, foram concluídos em 1966, 1974 e 1978 e a interpretação de fotografias aéreas pancromáticas, infravermelho preto e branco e imagens do satélite Landsat II contribuíram para o sucesso de cada mapeamento, respectivamente.

O presente trabalho enfoca alguns aspectos referentes ao mapeamento do Pinheiro do Paraná através de fotografias aéreas e imagens do satélite Landsat II.

2. VARIAÇÃO DO FORMATO DA COPA DO PINHEIRO DO PARANÁ NAS SUAS DISTINTAS FASES DE CRESCIMENTO E SUA IMPORTÂNCIA EM FOTO-INTERPRETAÇÃO

Em foto-interpretação o tamanho e o formato da copa da árvore são usados como elemen-

tos básicos ("diagnostic features") para reconhecer e identificar as espécies dominantes e que formam o estrato superior das florestas naturais. Em adição à importância das características da copa, Avery (1977, pp 245) escreveu que: "... no mínimo, o fotointerpretador deveria estar familiarizado com as características dos galhos, formato das copas e padrões de distribuição espacial das importantes espécies da localidade em estudo." Say-Wittgenstein (1960, 1978) explicou a importância das características das copas para o reconhecimento das espécies florestais como uma função da escala da fotografia aérea. Nas fotografias aéreas em escala grande e média (aqui consideradas até 1:25.000) o exemplar adulto de Pinheiro do Paraná é reconhecido e identificado geralmente pelas características de sua copa.

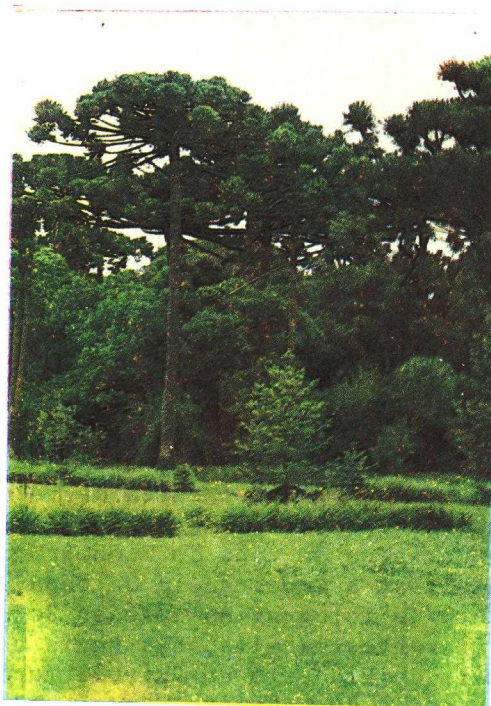
A copa do Pinheiro do Paraná tem forma de candelabra, mas isto começa a aparecer só quando a árvore atinge a fase intermediária de seu crescimento total. Esta qualidade persiste até a idade madura. O exemplar jovem tem a copa de formato triangular, os galhos são regulares e inseridos horizontalmente ou em ângulos agudos no tronco. Em geral, árvores de 10 anos ainda possuem o formato triangular. Na idade de 10 a 20 anos, a copa começa a se achatar e começa a haver a queda dos galhos inferiores. Nas árvores em fase adulta os galhos ainda permanecem horizontais e a copa tem a forma de candelabra.

A alteração no formato da copa do Pinheiro do Paraná é devido às diferentes razões de crescimento do tronco e dos galhos das árvores. Nas primeiras décadas o tronco cresce mais do que os galhos, resultando a forma triangular para a copa, enquanto que mais tarde o inverso ocorre, resultando na característica forma de candelabra (Hueck, 1972).

A fotografia 1 mostra o contraste entre um jovem e adulto exemplar de Pinheiro do Paraná enquanto que a fotografia 2 mostra um exemplar jovem - adulto.

Um estudo do tamanho das copas do Pinheiro do Paraná foi considerado por Volkart (1969) e Silva (1977 , 1978). Estes autores estudaram a relação entre o diâmetro à altura do peito e o diâmetro da copa da árvore. Todas as medidas foram obtidas no terreno. Nos trabalhos acima mencionados o valor máximo da copa medido foi de 15 m.

Silva (1977) reportou que a largura da copa de exemplares dominantes e codominantes de Pinheiro do Paraná em uma floresta no Rio Grande do Sul, era praticamente constante e era próximo de um décimo da altura total da árvore. O mesmo autor também forneceu que a área média de superfície de 188 exemplares de Pinheiro do Paraná medidos foi de 122 metros quadrados.



Fotografia 1. Um exemplar adulto (centro-esquerdo da fotografia) e um exemplar jovem (no primeiro plano da fotografia) de Pinheiro do Paraná com várias espécies florestais formando o sub-bosque da floresta.



Fotografia 2. Um exemplar jovem - adulto de Pinheiro do Paraná (na parte central da fotografia) com o formato triangular da copa e sem alguns galhos inferiores e área de reflorestamento de Pinus (no último plano da fotografia).

3. MAPEAMENTO DO PINHEIRO DO PARANÁ ATRAVÉS DE FOTOGRAFIAS AÉREAS

O Pinheiro do Paraná apresenta-se na fadulta como árvore dominante na floresta nativa e estende sua copa de forma circular sobre as demais árvores que formam o estrato inferior da floresta. As características de dominância da espécie e da forma circular do docel de copas, aliadas à tonalidade cinza escuro na fotografia devido principalmente à reflexão das acículas, à textura na fotografia causada pela disposição dos galhos e relativo tamanho da imagem na escala da fotografia, conduzem automaticamente à identificação do Pinheiro do Paraná através da observação do par estereoscópico de fotografias aéreas. Em fotografias aéreas pancromáticas de escalas, geralmente, até 1:25.000 é possível de se mapear áreas florestais de Pinheiro do Paraná mesmo sem a observação estereoscópica do par de fotografias.

Disperati et al (1980) evidenciaram os seguintes três aspectos no processo do mapeamento do Pinheiro através de fotografias aéreas:

- a) o mapeamento não é um problema de escala de fotografias aéreas pois exemplos de pesquisa reportam o uso das fotografias aéreas com variação de escalas de 1:4.000 até 1:70.000,
- b) o mapeamento não deve ser igualmente um problema do tipo de fotografia utilizada, pois os seguintes três tipos foram utilizadas com amplo sucesso: pancromáticas, infra-vermelho preto e branco e falsa cor. Fotografias verticais coloridas ainda não foram utilizadas, contudo pode-se esperar também sucesso com tal material,
- c) não existe um conjunto de regras que sirvam como diretriz na definição de padrões de tipologia. Geralmente, os tipos diversos tem sido desenvolvidos visando as necessidades de cada pesquisa. Assim sendo, a tipologia adotada e a sua integração entre os fotointerpretadores é a particularidade que merece maior atenção no processo de mapeamento do Pinheiro do Paraná através de fotografias aéreas verticais.

As figuras 1 e 2 mostram fotografias em preto e branco, verticais aéreas e pancromáticas, de áreas de floresta nativa contendo densas áreas de Pinheiro do Paraná, as quais são facilmente reconhecidas pela tonalidade cinza escuro e pela disposição espacial das copas.

4. MAPEAMENTO DO PINHEIRO DO PARANÁ ATRAVÉS DE IMAGENS DO SATELITE LANDSAT II . Caso específico da área de Manguaírinha *

A área florestal do presente exemplo está localizada no sudoeste do Estado do Paraná. Duas cenas de satélite Landsat II no formato de fita compatível de computador (CCT) foram utilizadas para o estudo. A primeira cena

foi obtida no dia 01 de agosto de 1975 e adquirida através do INPE enquanto que a segunda cena se referia ao dia 24 de outubro de 1976 e adquirida através da NASA. Nas mencionadas cenas a área florestal correspondeu a 302 pixels por 400 pixels (aproximadamente 24 km por 32 km no terreno).

Fotografias aéreas verticais, pancromáticas, na escala de 1:10.000 foram interpretadas visualmente para a elaboração do mapa florestal que serviu de base para a análise qualitativa das imagens das duas cenas de Landsat II. O mapa florestal resultante da foto-interpretação é mostrado na figura 3.

A imagem das bandas 5 e 7 de cada cena do Landsat II foi produzida em microfilme no formato positivo de 35 mm. Cada imagem foi obtida usando-se as técnicas de "density slicing" em 10 partes iguais e do "contrast stretching". Também para cada imagem foi aplicada correções devido aos efeitos causados pela rotação da Terra durante o imageamento pelo MSS. Assim, após as correções cada imagem tinha uma inclinação de 39° 30' em direção a oeste e cada pixel da imagem era retangular em tamanho e representando uma área de 56 m por 79 m no terreno.

Também referente a cada cena foi produzida uma composição colorida através do uso das imagens das bandas 5 e 7 em projetores de 70 mm equipados, respectivamente para cada banda, de filtro verde e vermelho.

A interpretação das imagens das bandas MSS 5 e 7 e composição colorida foram feitas independentemente da observação do mapa florestal e foram realizadas na escala de observação de 1:50.000. Os mapas resultantes da interpretação visual da banda 5 das duas cenas são mostrados nas figuras 4 e 5 enquanto que os da composição colorida nas figuras 6 e 7.

4.1. Análise e discussão dos resultados

O uso da técnica do "contrast stretching" foi importante no processo de realce da imagem das bandas para a visual interpretação. "Contrast stretching" foi usado devido a presença de ruídos e a falta de contraste de tonalidade nas imagens. Os parâmetros foram subjetivamente e cuidadosamente selecionados. A experiência prática indicou que a melhor maneira para a seleção dos parâmetros do "contrast stretching" foi:

- a) a elaboração do histograma mostrando a total variação dos valores numéricos dos pixels referentes à área de estudo, para cada banda, em vinte partes iguais,
- b) determinação da média dos valores numéricos dos pixels de áreas representativas de classes de interesse para possível uso em classificação automática. Para isso foi necessário interpretar visualmente cada imagem e a composição colorida para selecionar as aéreas de treinamento para as classes definidas,

* Baseado na pesquisa realizada por Disperati (1981)

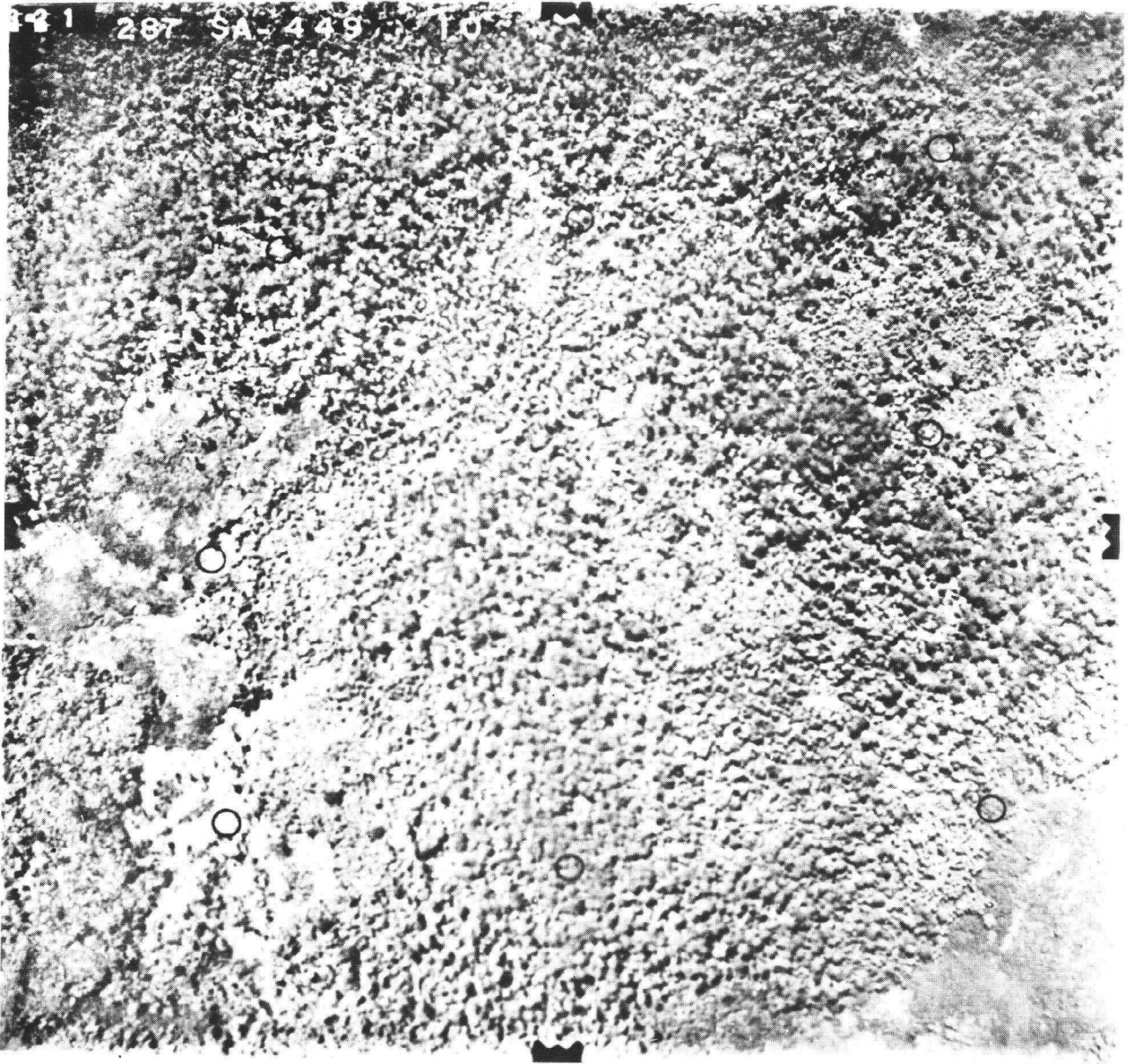


Fig. 1. Fotografia aérea vertical, na escala aproximada de 1:13.500, mostrando áreas de Pinheiro do Paraná em floresta nativa. Escala original da fotografia (tamanho 23 cm por 23 cm) 1:10.000.



Fig. 2. Fotografia aérea vertical, na escala aproximada de 1:34.000, mostrando áreas de Pinheiro do Paraná em floresta nativa. Escala original da fotografia (tamanho 23 cm por 23 cm) 1:25.000.

MANGUEIRINHA : MAPA FLORESTAL

Obtido através da interpretação de fotografias aéreas, em preto e branco, na escala de 1:10.000

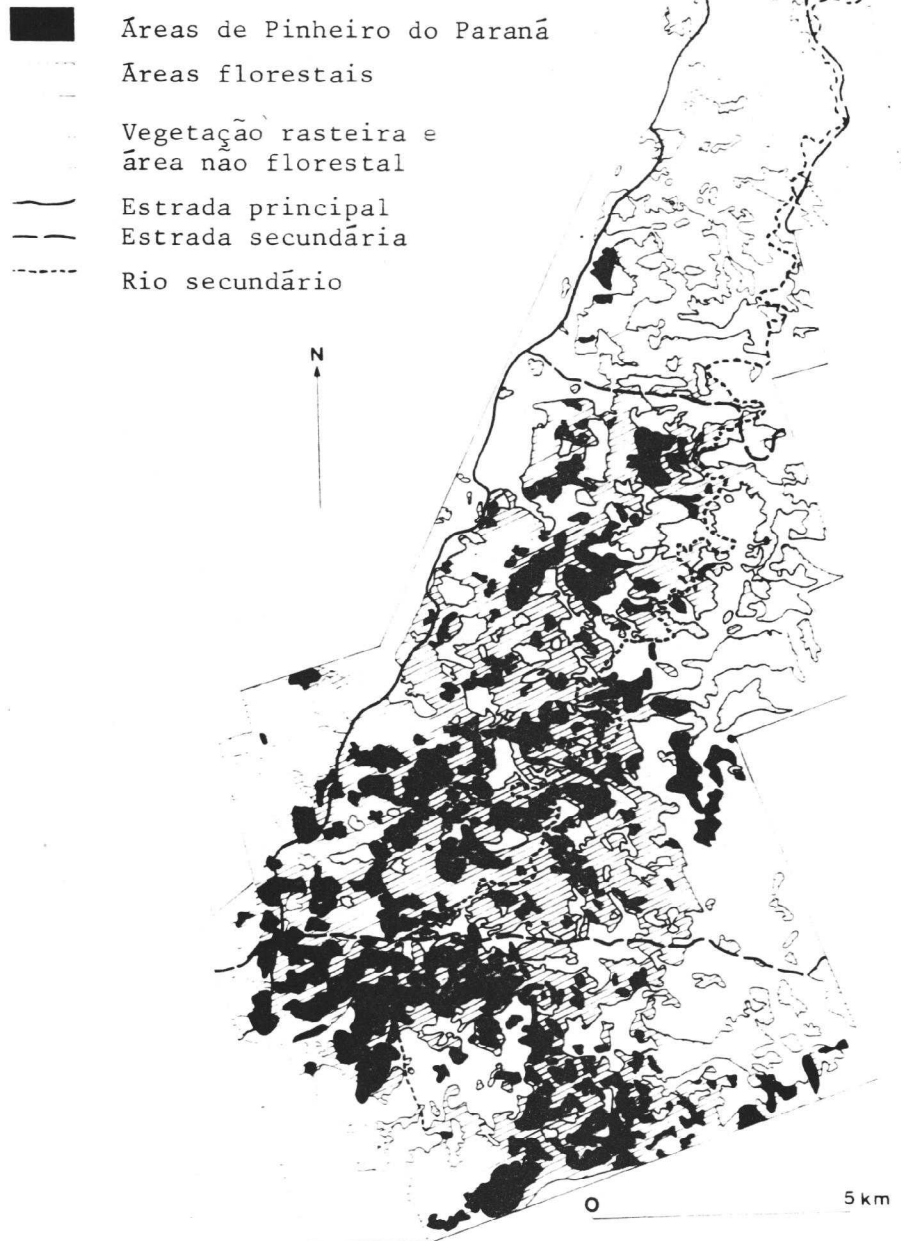


Fig. 3. Mapa florestal da área de Manguairinha

c) as informações advindas da primeira e sete etapas foram combinadas para selecionar os melhores parâmetros para o "contrast stretching" referente a cada banda.

Pelo fato de que o mapeamento de áreas de Pinheiro do Paraná era a principal finalidade do estudo, a seleção dos parâmetros foi facilmente feita para a banda 5 (como seria também para a banda 4). Isso era devido ao fato que as áreas de Pinheiro do Paraná estavam representadas, nas duas cenas disponíveis, pelos menores valores numéricos dos pixels em relação às outras classes. Os limites inferiores e superiores para o "contrast stretching" foram selecionados para impor a condição que a primeira parte, dos deis inicialmente definidos para o "density slicing" contivesse os valores numéricos representando as áreas de Pinheiro. Assim, essas áreas apareceriam em tonalidade mais escura (preta) na imagem. Na interpretação visual da banda 5 era muito mais fácil delinear as áreas mais escuras do que níveis de cinza representando as áreas de Pinheiro na imagem da banda 7. Se os parâmetros não fossem selecionados corretamente, as áreas de Pinheiro não seriam evidentes na imagem da banda 5. Devido ao fato de que as áreas de Pinheiro não eram representados pelos menores valores numéricos na banda 7, os parâmetros para o "contrast stretching" relacionado a essa banda foram arbitrariamente selecionados através da análise do histograma.

A análise das imagens e consequentemente dos mapas produzidos revelaram que as duas cenas de satélite forneceram algumas diferentes informações referentes ao mapeamento de tipos florestais. Para a cena de 01 de agosto as seguintes considerações foram feitas:

a) áreas de Pinheiro do Paraná podiam ser facilmente identificadas na imagem da banda 5, pois estavam representadas em áreas de tonalidade mais escura. Todavia, essa tonalidade não era exclusiva do tipo florestal pois estavam representando pequenas áreas florestais localizadas em terreno dissecado próximas do Rio Iguaçu. O efeito da sombra nestas áreas de acentuado relevo pode ser explicado pelo baixo valor do ângulo de elevação solar, i. e., 29º quando a imagem foi obtida no inverno. O mesmo fato foi verificado, em maior proporção, na composição colorida (vide fig 6) e essas áreas, tanto como o Pinheiro do Paraná estavam representadas através da tonalidade vermelho escuro.

As áreas florestais estavam representadas na imagem da banda 5 na tonalidade de cinza escuro a cinza médio, enquanto que áreas de vegetação rasteira estavam representadas por áreas de tonalidade cinza médio a cinza claro.

A diferença de reflectancia espectral referente aos três tipos mencionados de ve-

getação foi o resultado das adversas condições meteorológicas reinantes no mes de julho de 1975. da Silva (1978) relatou que naquele período, em uma área situada a 100 km a oeste de Mangueirinha houve fortes geadas (três dias) seguidas por quatro horas de neve. A nevada atingiu todo o sul do Brasil.

b) áreas de Pinheiro do Paraná eram dificilmente identificadas na imagem da banda 7 e estavam representadas pela tonalidade de cinza escuro a cinza médio. A tonalidade mais escura nas imagem era representado pelo Rio Iguaçu e outras pequenas áreas de cobertura não identificada porém não sendo floresta. A imagem também apresentava o efeito de sombra em áreas dissecadas. A imagem não possuía muito contraste entre tipos de uso e cobertura do terreno e dificilmente era possível de se distinguir áreas florestais de não florestais. A maior contribuição da imagem foi na formação da composição colorida.

Para a cena de 24 de outubro de 1976 as seguintes considerações foram feitas:

a) áreas de Pinheiro do Paraná foram identificadas na imagem da banda 5 através da tonalidade de mais escura. Assim, áreas de Pinheiro continuaram a apresentar os menores valores numéricos dos pixels em relação a todos os outros tipos de uso e cobertura do terreno existentes no instante que a imagem foi obtida. Todavia uma extensa área florestal próxima do Rio Iguaçu também estava representada pela tonalidade mais escura na imagem.

A interpretação da imagem da banda 5 indicou que não havia suficiente contraste em tonalidade de cinza para distinguir áreas florestais de áreas de vegetação rasteira. Isto pode ser explicado pois a imagem foi obtida na primavera e quando a vegetação estava em um período de ativo crescimento vegetativo e em um dos meses mais chuvosos do ano.

b) a área de floresta próxima do Rio Iguaçu não apresentava a mesma tonalidade do que áreas de Pinheiro na imagem da banda 7. A floresta estava representada em cinza claro enquanto que áreas de Pinheiro em cinza escuro a cinza médio. A tonalidade mais escura na imagem ainda era representada pelo Rio Iguaçu e outras áreas provavelmente de natureza agrícola. A imagem apresentava um bom contraste de tonalidade de de cinza e era muito mais informativa em termos de uso e cobertura do terreno do que a imagem obtida em 01 de agosto de 1975.

c) na composição colorida, a floresta existente próxima do Rio Iguaçu estava representada em tonalidade vermelho claro enquanto que áreas de Pinheiro do Paraná em tonalidade vermelho escuro. A composição colorida evidenciou menos o efeito da sombra em áreas de terreno dissecado do que a outra composição colorida e isto pode ser explicado pelo maior valor do ângulo de elevação solar que foi de 49º.

MANGUEIRINHA : INTERPRETAÇÃO DOS TONS DE CINZA

Resolução da imagem 1x1 pixel
Interpretado na escala 1:50.000

— estrada principal
- - - estrada secundária

■ Preto
▨ Cinza escuro a cinza médio
□ Cinza médio a branco



Fig. 4. MANGUEIRINHA. Interpretação visual das tonalidades de cinza da imagem da banda MSS 5 da cena de satélite Landsat II obtida no dia 01 de agosto de 1975.

MANGUEIRINHA INTERPRETAÇÃO DOS TONS DE CINZA

Resolução da imagem 1x1 pixel
Interpretado na escala de 1:50.000

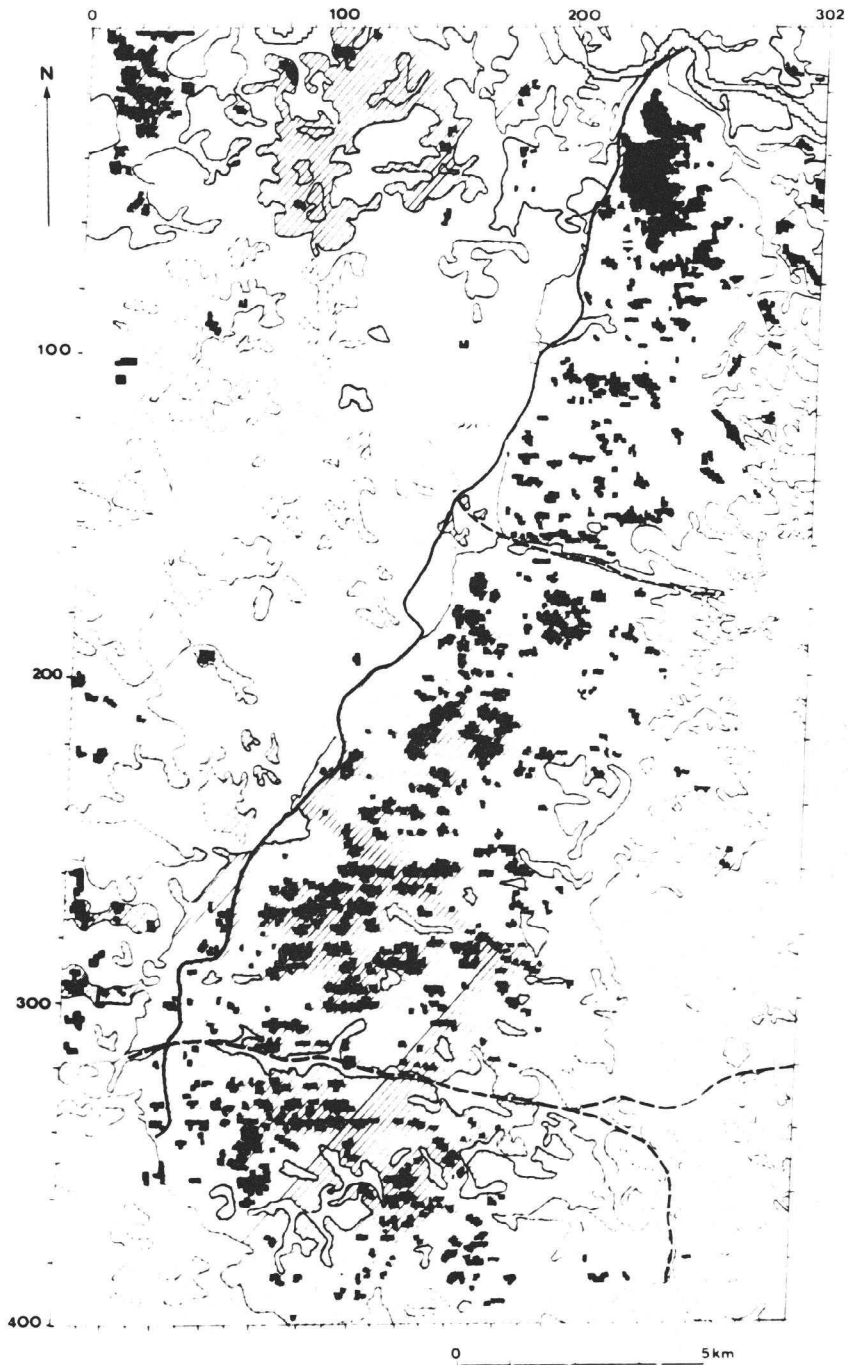
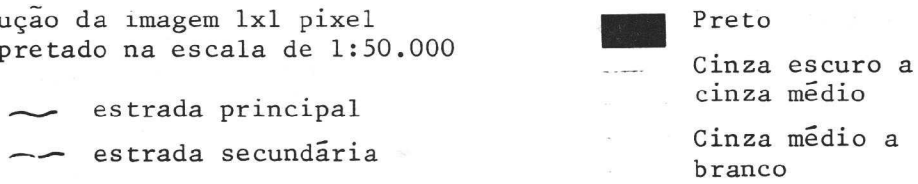


Fig. 5. MANGUEIRINHA. Interpretação visual das tonalidades de cinza da imagem da banda MSS 5 da cena de satélite Landsat II obtida no dia 24 de outubro de 1976.

MANGUEIRINHA: INTERPRETAÇÃO DA COMPOSIÇÃO COLORIDA

Resolução da imagem 1x1 pixel

Interpretado na escala 1:50.000

— estrada principal
- - estrada secundária

■ Vermelho escuro
▨ Vermelho
□ Outras cores

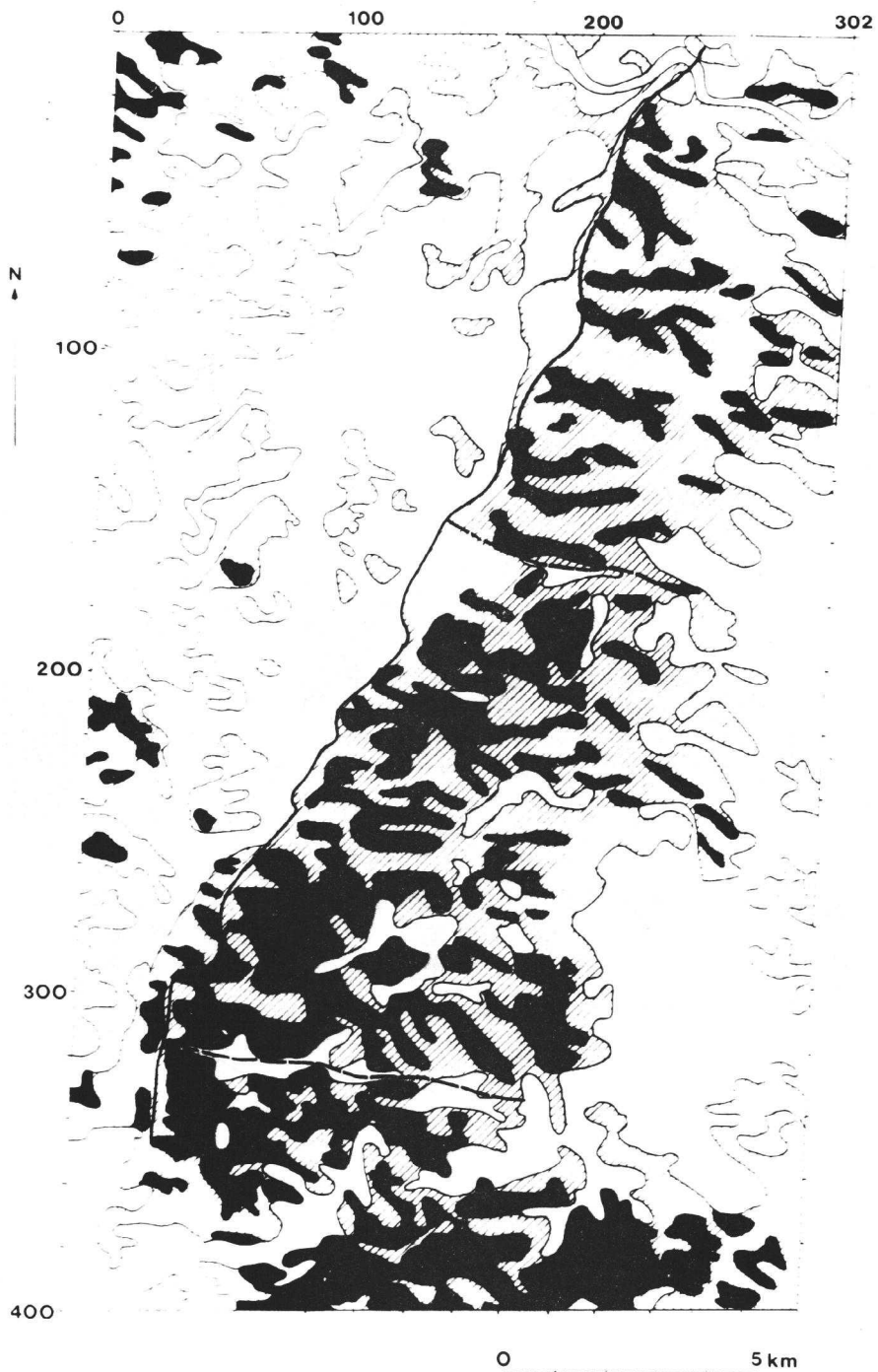


Fig. 6. MANGUEIRINHA. Interpretação visual das cores da composição colorida obtida através das bandas MSS 5 e 7 da cena de satélite Landsat II obtida no dia 01 de agosto de 1975.

MANGUEIRINHA : INTERPRETAÇÃO DA COMPOSIÇÃO COLORIDA

Resolução da imagem 1x1 pixel
Interpretado na escala 1:50.000

- estrada principal
- - estrada secundária

- Vermelho escuro
- ▨ Vermelho
- ▨ Outras cores

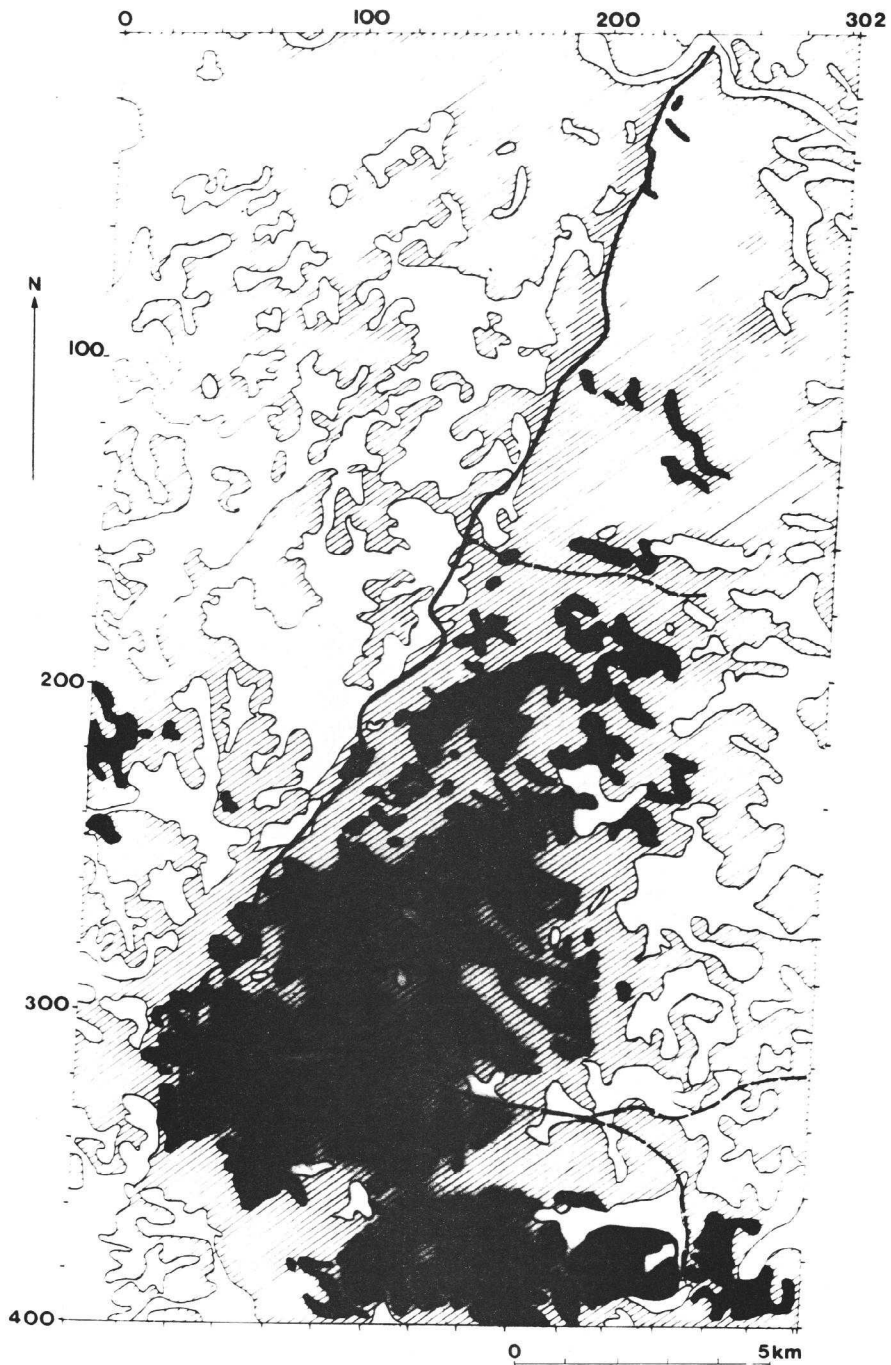


Fig.7. MANGUEIRINHA. Interpretação visual das cores da composição colorida obtida através das bandas MSS 5 e 7 da cena de satélite Landsat II obtida no dia 24 de outubro de 1976.

Devido que: áreas de Pinheiro do Paraná eram mais consistentemente delineadas na imagem da banda 5 (compare fig. 4 e 5); a imagem da banda 7 era mais informativa e apresentava mais contraste em tonalidade; e na composição colorida o efeito da sombra era menos accentuada (compare fig. 6 e 7), a cena obtida em 24 de outubro de 1976 foi considerada qualitativamente mais adequada que a cena obtida em 01 de agosto de 1975 para o mapeamento de áreas de Pinheiro do Paraná.

vincia de Misiones. In *Actas del Congreso Forestal Argentino*, 1, Buenos Aires. Servicio Nacional Forestal, pp 231-237, 1963.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EVERY, T.E. *Interpretation of aerial photographs*. Minneapolis, Minnesota, Burgess Publishing Company, 392p, 1977, Terceira edição.

da SILVA, L.B.X. *Avaliação do comportamento inicial de diversas essências nativas e exóticas*. Curitiba. Setor de Editoração da Fundação Cultural de Curitiba, 44p, 1978.

DISPERATI, A.A. *The mapping of stands of Parana Pine (Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze) in the forest of south-west Parana State using computer-aided analysis of Landsat MSS Data*. Universidade de Londres, Inglaterra, 250p, 1981. Tese de doutoramento.

DISPERATI, A.A.; KEECH, M.A.; GANTZEL, O.L. Algumas considerações sobre o mapeamento de *Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze* em florestas nativas através de fotografias aéreas e imagens Landsat. *IUFRO Meeting: Problemas florestais do Gênero Araucaria*. Curitiba, 21-28 outubro 1979, pp 10-15, 1980.

HUECK, K. *As florestas da América do Sul*. São Paulo, Polígono, 1972.

SAYN-WITTGENSTEIN, L. *Recognition of tree species on air photographs by crown characteristics*. Forest Research Branch, Canadian Department of Forestry, Tech. Note Nº 95. 56p, 1960.

SAY-WITTGENSTEIN, L. *Recognition of tree species on aerial photographs*. Forest Management Institute, Ottawa, Canada. Information Report FMR-X-118. Canadian Forestry Service, Department of the Environment, 1978.

SILVA, J.A. Estimativa do diâmetro da copa e idade do pinheiro brasileiro (*Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze*) em ambiente natural. *Brasil Florestal*, 8(31):24-29, 1977.

SILVA, J.A. O comprimento do tronco, relação altura-diâmetro e altura-idade do pinheiro brasileiro (*Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze*) e folhosas associadas em ambiente natural. *Brasil Florestal*, 9(34):43-50, 1978.

VOLKART, C.M. Determinacion de la relacion diametro-copa: diametro tronco en *Araucaria angustifolia* y *Pinus elliottii* en la Pro