

RAIMUNDO JOSÉ RODRIGUES SANTOS

Mapeamento do Parque Nacional de Pacaás Novos (Rondônia)  
Através da Interpretação Visual de Imagens Landsat - TM,  
para fins de Estratificação Tipológica

Dissertação submetida à consideração da  
Comissão Examinadora, como requisito  
parcial à obtenção do Título de "Mestre  
em Ciências — M.Sc.", no Curso de Pós-  
Graduação em Engenharia Florestal do  
Setor de Ciências Agrárias da Universi-  
dade Federal do Paraná.

CURITIBA

1988

MINISTERIO DA EDUCACÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIENCIAS AGRARIAS  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

P A R E C E R

Os membros da Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pelo candidato RAIMUNDO JOSE RODRIGUES SANTOS, sob o título "MAPEAMENTO DO PARQUE NACIONAL DE PACAAS NOVOS (RONDONIA) ATRAVES DA INTERPRETAÇÃO VISUAL DE IMAGEM LANDSAT - TM PARA FINS DE ESTRATIFICAÇÃO TIPOLOGICA" para obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná Área de concentração: MANEJO FLORESTAL, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de parecer pela "APROVAÇÃO" da Dissertação completando assim os requisitos necessários para receber o grau e Diploma de Mestre em Ciências Florestais.

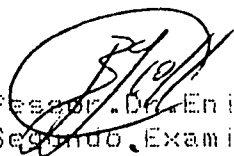
Observação:

O critério de aprovação da Dissertação e Defesa da mesma a partir de novembro de 1980 é apenas, APROVADA ou NÃO APROVADA.

Curitiba, 10 de fevereiro de 19



Professor Dr. Carlos Marx Ribeiro Carneiro  
Primeiro Examinador



Professor Dr. Enio Giotto  
Segundo Examinador



Professor Dr. Flavio Felipe Kirchner  
Presidente da Comissão



Aos meus pais

Armando Santos e

Maria Rodrigues Santos

À minha esposa

Ketty de Oliveira Santos

Aos meus filhos

Marcelo de Oliveira Santos

Rodrigo de Oliveira Santos

DEDICO

RAIMUNDO JOSÉ RODRIGUES SANTOS

Mapeamento do Parque Nacional de Pacaás Novos (Rondônia)  
Através da Interpretação Visual de Imagens Landsat - TM,  
para fins de Estratificação Tipológica

Dissertação submetida à consideração da  
Comissão Examinadora, como requisito  
parcial à obtenção do Título de "Mestre  
em Ciências — M.Sc.", no Curso de Pós-  
Graduação em Engenharia Florestal do  
Setor de Ciências Agrárias da Universi-  
dade Federal do Paraná.

CURITIBA

1988

MINISTERIO DA EDUCACÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIENCIAS AGRARIAS  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

P A R E C E R

Os membros da Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pelo candidato RAIMUNDO JOSE RODRIGUES SANTOS, sob o título "MAPEAMENTO DO PARQUE NACIONAL DE PACAAS NOVOS (RONDONIA) ATRAVES DA INTERPRETAÇÃO VISUAL DE IMAGEM LANDSAT - TM PARA FINS DE ESTRATIFICAÇÃO TIPOLOGICA" para obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná Área de concentração: MANEJO FLORESTAL, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de parecer pela "APROVAÇÃO" da Dissertação completando assim os requisitos necessários para receber o grau e Diploma de Mestre em Ciências Florestais.

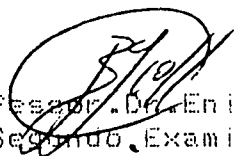
Observação:

O critério de aprovação da Dissertação e Defesa da mesma a partir de novembro de 1980 é apenas, APROVADA ou NÃO APROVADA.

Curitiba, 10 de fevereiro de 19



Professor.Dr. Carlos Marx Ribeiro Carneiro  
Primeiro Examinador



Professor.Dr. Enio Giotto  
Segundo Examinador



Professor Dr. Flavio Felipe Kirchner  
Presidente da Comissão



Aos meus pais

Armando Santos e

Maria Rodrigues Santos

À minha esposa

Ketty de Oliveira Santos

Aos meus filhos

Marcelo de Oliveira Santos

Rodrigo de Oliveira Santos

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade oferecida à realização deste curso.

À CAPES e CNPq. pelas bolsas concedidas.

À Secretaria do Curso de Pós-Graduação. nas pessoas de Maria de Lourdes da Silva Wos e Reinaldo Mendes de Souza, pelas facilidades oferecidas.

Ao Dr. Flávio Felipe Kirchner, pela dedicada orientação à execução deste trabalho.

Ao Dr. Carlos Marx Ribeiro Carneiro, pelas sugestões apresentadas.

Ao Dr. Ênio Giotto, pelo acompanhamento desta pesquisa.

Ao M.Sc. Otto Luiz Gantzel, pelas sugestões apresentadas.

Ao M.Sc. Joésio Deoclécio Pierin Siqueira, quando diretor do Departamento de Economia Florestal do I.B.D.F., pela consideração e estímulos.

Ao engenheiro florestal Paulo Lopes Viana, diretor do Departamento de Economia Florestal do I.B.D.F., pelo apoio dado ao prosseguimento deste trabalho.

Ao engenheiro florestal Célio Paiva dos Santos Filho, coordenador do Programa de Monitoramento da Cobertura Florestal do Brasil (I.B.D.F./P.M.C.F.B.), pelo incentivo e facilidades concedidas.

Ao advogado Júlio Aires Rodrigues, delegado do I.B.D.F. no Estado de Rondônia, pelo apoio logístico durante os trabalhos de campo.

Ao engenheiro florestal Sérgio Arraes Monteiro, diretor do Parque Nacional de Picaás Novos, pelas facilidades concedidas e acompanhamento nos trabalhos de campo.

Ao engenheiro florestal Eurico Arteaga Santiago, pelo apoio dado durante o levantamento de campo.

Ao engenheiro florestal Cirineu Lorensi, pela companhia durante os trabalhos de campo.

A Prof. Maria Ignez Guimarães pela revisão da escrita deste trabalho.

A todos os colegas, do I.B.D.F. e do Curso de Pós-Graduação. que de forma direta ou indireta, contribuíram para levar a bom termo este trabalho.

## BIOGRAFIA

RAIMUNDO JOSÉ RODRIGUES SANTOS, filho de Armando Santos e de Maria Rodrigues Santos, nasceu em D. Pedro, Estado do Maranhão, no dia 19 de março de 1945.

Concluiu o curso primário em sua cidade natal e o curso secundário em São Luís, capital do Estado, no Colégio Estadual do Maranhão.

Ingressou na Escola de Florestas da Universidade Federal do Paraná em 1967, sendo diplomado a 15 de dezembro de 1970.

Iniciou suas atividades profissionais em 1971, como técnico do Serviço de Treinamento e Pesquisa Florestal da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) na cidade de Santarém, Estado do Pará.

De 1972 à metade do ano seguinte exerceu suas atividades em empresas de florestamento e reflorestamento no Sul do País.

Em 1973 voltou à Amazônia como técnico do Projeto RADAM onde participou dos inventários florestais do Juruá/Solimões, Aripuanã, Santarém e Tapajós.

Em 1975 foi contratado pelo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (I.B.D.F.)/Polamazônia, em Belém do Pará, como técnico, sendo em seguida promovido a executor de projeto, e, em 1977 passa a sub-coordenador do IBDF/Polamazônia.

Em 1979 deixou a função de sub-coordenador e participou, em São José dos Campos, São Paulo, do grupo técnico que realizou

o levantamento do desmatamento da Amazônia Legal com imagens Landsat, através do Programa de Monitoramento da Cobertura Florestal do Brasil (IBDF/PMCFB) em convênio com o Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE).

Em 1981, na cidade de Belém do Pará, coordenou o escritório do programa acima mencionado (IBDF/PMCFB), para a Amazônia, até o ano de 1984, data de ingresso no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná.

## S U M Á R I O

	LISTA DE FIGURAS .....	ix
	LISTA DE TABELAS .....	xii
	RESUMO .....	xiii
1	<u>INTRODUÇÃO</u> .....	01
1.1	OBJETIVOS .....	02
2	<u>REVISÃO DA LITERATURA</u> .....	03
2.1	TIPOLOGIA FLORESTAL .....	03
2.2	APLICAÇÕES DE IMAGENS LANDSAT EM ESTUDOS DE VEGETAÇÃO .....	07
3	<u>MATERIAL E MÉTODOS</u> .....	12
3.1	CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA .....	12
3.1.1	Localização .....	12
3.1.2	Hidrologia .....	12
3.1.3	Clima .....	15
3.1.4	Geomorfologia .....	16
3.1.5	Solos .....	18
3.1.6	Vegetação .....	21
3.2	MATERIAL .....	28
3.2.1	Materiais cartográficos .....	28
3.2.2	Materiais de interpretação e compilação .....	28
3.3	MÉTODOS .....	30
3.3.1	Interpretação de imagens Landsat-TM .....	30
3.3.2	Fotointerpretação de fotografias aéreas verticais .....	30

3.3.3	Reambulação .....	31
3.3.4	Compilação do mapa temático .....,...	32
3.3.5	Avaliação das áreas .....	33
3.3.6	Cálculo da precisão da interpretação visual..	33
4	<u>RESULTADOS E DISCUSSÕES</u> .....	37
4.1	MAPEAMENTO DA VEGETAÇÃO COM IMAGENS TM .....	37
4.1.1	Resultados quantitativos do mapeamento do Parque .....	37
4.1.2	Caracterização da tipologia florestal .....	37
4.1.3	Caracterização da tipologia savana .....	40
4.1.4	Representação das topologias mapeadas, nas imagens Landsat-TM .....	47
4.1.5	Posição dos resultados no contexto dos levantamentos do Projeto RADAM .....	48
4.2	NÍVEL DE DETALHAMENTO DA INTERPRETAÇÃO VISUAL..	53
4.3	PRECISÃO DA INTERPRETAÇÃO .....	55
4.3.1	Precisão da interpretação nas áreas testes...	55
4.3.2	Precisão da interpretação extrapolada para a área do P.N.P.N. ....	68
5	<u>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</u> .....	71
	<u>SUMMARY</u> .....	74
	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> .....	75

## LISTA DE FIGURAS

### Figura

1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	13
2	REDE DE DRENAGEM DO PARQUE NACIONAL DE PACAÃS NOVOS .....	14
3	GEOMORFOLOGIA DO PARQUE NACIONAL DE PACAÃS NOVOS..	17
4	SOLOS DO PARQUE NACIONAL DE PACAÃS NOVOS .....	19
5	VEGETAÇÃO DO PARQUE NACIONAL DE PACAÃS NOVOS .....	22
6	REGIÃO DA SAVANA .....	24
7	ÁREAS DE TENSÃO ECOLÓGICA DO PARQUE NACIONAL DE PACAÃS NOVOS .....	26
8	REGIÃO DA FLORESTA ABERTA .....	27
9	FLORESTA ABERTA COM PALMEIRAS .....	38
10	ASPECTO DO ESTRATO SUPERIOR DA FLORESTA ABERTA....	39
11	SAVANA ARBÓREA (AO FUNDO) E EXPOSIÇÃO ROCHOSA DE FORMAÇÃO TABULAR ESTRUTURAL EM PRIMEIRO PLANO .....	41
12	SAVANA ARBÓREA DENSA (AO FUNDO) E SAVANA ARBÓREA ABERTA COM EXPOSIÇÕES ROCHODAS EM PRIMEIRO PLANO..	42

Figura

13	ASPECTO DA SAVANA ARBÓREA ABERTA COM EXPOSIÇÕES ROCHOSAS .....	44
14	SAVANA ARBÓREA ABERTA AO FUNDO E SAVANA ARBÓREA DENSA .....	45
15	ASPECTO DE UM PARQUE DE CERRADO COM FLORESTAS DE GALERIAS .....	46
16	DETALHE DE UMA IMAGEM LANDSAT-TM, DESTACANDO A SAVANA ARBÓREA DENSA .....	49
17	DETALHE DE IMAGENS LANDSAT-TM, EVIDENCIANDO A SA- VANA ARBÓREA ABERTA .....	50
18	DETALHE DE UMA IMAGEM LANDSAT-TM, DESTACANDO O PARQUE DE CERRADO .....	51
19	CURVA TÍPICA DA REFLECTÂNCIA ESPECTRAL DA VEGE- TAÇÃO VERDE E SADIA (Hoffer e Bauer) .....	52
20	PARTE DE UMA IMAGEM LANDSAT-TM (À ESQUERDA) E SUA INTERPRETAÇÃO VISUAL (À DIREITA) .....	56
21	DETALHE DE UMA IMAGEM LANDSAT-TM E SUA INTERPRE- TAÇÃO VISUAL À DIREITA .....	57
22	DETALHE DE UMA IMAGEM LANDSAT-TM E SUA INTERPRE- TAÇÃO VISUAL À DIREITA .....	58
23	INTERPRETAÇÃO VISUAL DE IMAGEM LANDSAT-TM (METADE SUPERIOR) E FOTOINTERPRETAÇÃO DE FOTOGRAFIA AÉREA (METADE INFERIOR) DE UMA MESMA ÁREA .....	60

Figura

- 24 INTERPRETAÇÃO VISUAL DE IMAGEM LANDSAT-TM (META-  
DE SUPERIOR) E FOTOINTERPRETAÇÃO DE FOTOGRAFIA  
AÉREA (METADE INFERIOR) DE ÁREAS CORRESPONDENTES 63
- 25 INTERPRETAÇÃO VISUAL DE IMAGEM LANDSAT-TM (META-  
DE SUPERIOR) E FOTOINTERPRETAÇÃO DE FOTOGRAFIA  
AÉREA (METADE INFERIOR) DE UMA MESMA ÁREA ..... 66

## LISTA DE TABELAS

### Tabela

1	MATERIAIS CARTOGRÁFICOS UTILIZADOS NO PRESENTE ESTUDO .....	29
2	CLASSES TIPOLOGICAS MAPEADAS NO PARQUE NACIONAL DE PACAÁS NOVOS .....	38
3	CONVENÇÕES DE CORES .....	54
4	RESULTADOS DOS LEVANTAMENTOS COM FOTOGRAFIAS AÉREAS .....	55
5	RESULTADOS DA INTERPRETAÇÃO VISUAL DAS IMAGENS LANDSAT-TM .....	59
6	CÁLCULO DE PRECISÃO DA PRIMEIRA ÁREA TESTE, EM RELAÇÃO À VERDADE-TERRESTRE .....	61
7	CÁLCULO DE PRECISÃO DA SEGUNDA ÁREA TESTE, EM RE- LAÇÃO À VERDADE-TERRESTRE .....	64
8	CÁLCULO DE PRECISÃO DA TERCEIRA ÁREA TESTE, EM RELAÇÃO À VERDADE-TERRESTRE .....	67
9	CÁLCULO DE PRECISÃO EXTRAPOLADA PARA A ÁREA DO PARQUE NACIONAL DE PACAÁS NOVOS .....	69

## RESUMO

Com o objetivo de se testar a eficiência das composições coloridas, infravermelhas, falsa cor, das bandas 2, 3 e 4 do mapeador temático (TM) do Landsat-5, escala de 1:250.000, na estratificação de florestas nativas da Amazônia Brasileira, procedeu-se o levantamento das tipologias vegetais do Parque Nacional de Pacaás Novos, no Estado de Rondônia. Adotou-se a técnica de interpretação visual, e, através desta, mapeou-se quatro tipologias distintas: floresta, savana arbórea densa, savana arbórea aberta e parque de cerrado. Para o cálculo de precisão usou-se a tabela de confusão, considerando-se como verdades terrestres as interpretações de fotografias aéreas, infravermelhas, preto e branco, em escala de 1:60.000. Apesar deste estudo ter demonstrado haver tendências em superestimar as classes tipológicas mais densas, como floresta e savana arbórea densa e em subestimar as classes menos densas, como savana arbórea aberta e parque de cerrado, o teste de precisão revelou que o produto e metodologia usados nesta pesquisa são plenamente viáveis para levantamentos das tipologias florestais nativas da Amazônia, quando não é exigido alto grau de detalhamento, como nos inventários florestais a nível de reconhecimento.

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, com o desenvolvimento industrial do país e o seu aumento populacional, tornou-se visível em algumas regiões, o problema de escassez dos recursos naturais como energia, alimentos e matérias primas, devido ao seu mau uso.

A floresta amazônica, considerando-se a flora que ostenta, constitui-se num verdadeiro repositório de madeiras de lei e de importantes espécies dos mais variados usos e de grande valor econômico.

Na Região Amazônica a principal meta consiste em conhecer e avaliar as reais potencialidades dos seus recursos florestais, cujo aproveitamento racional constituir-se-á forte fator de desenvolvimento e progresso regional.

O uso racional desses produtos é de fundamental importância na preservação e conservação dessa imensa e última grande reserva de floresta tropical.

Tornou-se, então, evidente a necessidade de diagnosticar as potencialidades presente e futura dos recursos naturais, para que se tenha subsídios à elaboração de um plano de uso mais adequado desses recursos.

Na atualidade, em todo o mundo, o processo de obtenção de dados e posterior informações, que são básicas para estabelecer diretrizes e metas de planejamentos regionais, tem se

alicerçado cada vez mais na tecnologia de sensoriamento remoto.

Com o lançamento do Landsat 5 em 1985, encontram-se à disposição da comunidade científica e demais usuários, os produtos do sensor "Thematic Mapper" (TM), que apresentam, em relação ao "Multispectral Scanner" (MSS), sensíveis avanços no que diz respeito às suas características espectrais, capacidade de resolução espacial e repetitividade.

No presente trabalho, utilizando-se de composições coloridas das bandas 2, 3 e 4 do Landsat-TM, pretendeu-se efetuar a estratificação da tipologia florestal do Parque Nacional de Picaás Novos (P.N.P.N.), no Estado de Rondônia.

Devido o P.N.P.N. localizar-se numa região que vem sofrendo intenso processo de ocupação, procedeu-se o levantamento e quantificação da ação antrópica nesta área.

Com a comprovação da adequação do uso dos produtos do mapeador temático (TM), estes constituem-se numa ferramenta de baixo custo nos inventários florestais e trabalhos outros que exijam a identificação e mapeamento das diferentes comunidades florestais existentes.

## 1.1 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho foram:

- a) utilizar imagens do mapeador temático (TM) do satélite Landsat, na estratificação e mapeamento da tipologia florestal, em áreas de cobertura vegetal nativas na Amazônia, através da interpretação visual;
- b) avaliação do potencial das imagens do mapeador temático (TM) para estratificação florestal, visando sua aplicação em inventários florestais.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 TIPOLOGIA FLORESTAL

De acordo com ABSY & HAMMER<sup>1</sup>, a vegetação do Estado de Rondônia é predominantemente de floresta tropical pluvial, exceto para pequenas áreas. Afirmam ainda que no sul do Estado e a oeste da Chapada dos Parecis, onde ocorrem grupos isolados de savana, estas estão estreitamente relacionadas fitogeograficamente aos cerrados do Brasil Central.

BRAGA<sup>7</sup>, utilizando-se da descrição fitogeográfica proposta por Murça Pires (1973), afirma que a Região Amazônica forma uma província individualizada, sendo caracterizada pela grande biomassa e diversificação de espécies. Cita também como característica a grande variação que ocorre de local para local, sendo esta tanto maior quanto mais distantes estão entre si.

O mesmo autor, analisando a vegetação da Amazônia Brasileira, divide-a nos tipos abaixo relacionados e descritos, ressaltando que estas formações não recobrem as áreas uniformemente, ocorrendo, dentro destas, manchas dispersas de outros tipos e áreas de transição ou de contato.

#### . Floresta de Terra Firme:

Apresenta área descontínua, interrompida às vezes por vegetação arbórea. Fisionomicamente tem paisagem bastante uniforme e quando estudada em detalhes revela grande variação quanto à sua composição botânica.

. Matas Pesadas ou Densas:

Possuem grande biomassa, sub-bosque limpo e pouca penetração de luz.

. Matas de Cipós:

Possuem biomassa de volume médio, sub-bosque com cipós que sobem pelos troncos. Maior penetração de luz que no tipo anterior. Árvores de altura média.

. Matas Abertas de Bambus:

Biomassa média, baixa a razoável penetração de luz. Árvores espaçadas. Bambus em colmos isolados e dispersos no sub-bosque, chegando, às vezes, à altura de 15 metros.

. Matas de Encosta:

Biomassa pequena, porte reduzido, grande penetração de luz, composição botânica diferenciada em função da altitude e relevo.

. Campinarana(Caatinga Alta ou Campinas Altas):

Grande volume de biomassa, razoável penetração de luz. Grande número de espécies adaptadas ao solo de areia lavada.

. Matas Secas:

Biomassa com volume de médio a baixo, razoável penetração de luz, presença de cipós finos e não abundantes.

. Floresta de Várzea:

Biomassa mediana, boa ou má iluminação, sub-bosque limpo.

. Floresta de Igapó:

Pequeno volume de biomassa, relativamente homogênea em espécies, iluminação difusa, raízes suportes e respiratórias.

. Campo de Várzea:

Baixíssimo volume de biomassa, iluminação excessiva, plantas rasteiras e capins ocupando os espaços entre as plantas lenhosas.

. Campinas:

Biomassa com volume muito pequeno, iluminação excessiva, vegetação raquítica.

. Vegetação Savana Baixa:

Biomassa com volume baixíssimo, penetração excessiva de luz, fisionomia variável.

. Vegetação de Restinga:

Biomassa medíocre, fisionomia uniforme, penetração excessiva de luz, árvores e arbustos baixos de galhos tortuosos.

O projeto RADAM<sup>6</sup> conceitua as fisionomias ecológicas, conforme abaixo, ressaltando que as subdivisões do cerrado são descritas baseando-se no modo como as árvores se distribuem na região:

. Floresta Tropical Densa:

Caracterizada por grandes árvores, freqüentemente com mais de 50 metros de altura, que sobressaem no estrato arbóreo uniforme, entre 25 e 30 metros de altura.

. Floresta Tropical Aberta:

Caracterizada por grandes árvores, bastante espaçadas, com freqüente grupamentos de palmeiras e grande quantidade de fanerófitas sarmentosas que envolvem as árvores e cobrem o estrato inferior.

. Floresta Mista:

Formação de palmeiras e árvores latifoliadas sempre-verdes, bem espaçadas, com alturas variando de 10 a 25 metros. Apresenta grupamentos de babaçús nos vales rasos e concentrações de nanofoliadas nos testemunhos quartzíticos das superfícies aplainadas.

. Floresta Latifoliada:

Formação arbórea, total ou parcialmente envolvida por lianas. Nas áreas aplainadas apresenta fisionomia florestal bastante aberta, cuja altura dificilmente ultrapassa os 10 metros e completamente coberta por lianas lenhosas. Nas áreas mais acidentadas as árvores ultrapassam os 25 metros de altura e estão mais densamente distribuídas, embora as lianas continuem a envolver a maior parte da floresta.

. Cerrado:

Caracterizado principalmente por árvores tortuosas, de grandes folhas raramente decíduais.

. Cerradão:

Grupo das savanas arbóreas, geralmente com pouco mais de 10 metros de altura, árvores densamente dispostas cujas copas não se tocam. Tapete gramíneo ralo, que é freqüentemente intercalado de palmeiras anãs e plantas lenhosas rasteiras.

. Campo Cerrado:

Grupo das savanas arbóreas, com árvores esparsas, altura variando de 2 a 5 metros, esgalhadas e bastante tortuosas, dispersas sobre um tapete gramíneo contínuo.

Parque:

Ecossistema campestre caracterizado por grandes extensões de altas gramíneas interrompida, algumas vezes, por fanerófitas baixas.

PANDOLFO<sup>19</sup> diz que a floresta é o elemento que melhor individualiza geograficamente o espaço amazônico e que sendo ainda mal conhecida, tem sido adotada a classificação fisionômica, com base no aspecto global das formações florestais. Com base nestas características, PANDOLFO<sup>20</sup> declara que na Amazônia distinguem-se as formações florestais da planície de inundação, conhecidas regionalmente como várzeas e igapós e as formações florestais que se elevam acima da planície de inundação, constituindo a chamada floresta da terra firme. Diz ainda que as formações florestais semi-úmidas são representativas da transição da floresta ombrófila tropical para as formações não florestais, como as áreas de babaquais.

## 2.2 APLICAÇÃO DE IMAGENS LANDSAT EM ESTUDOS DE VEGETAÇÃO

TUCKER<sup>27</sup>, estudando os intervalos espectrais da porção reflexiva do espectro eletromagnético, concluiu que as 4 primeiras bandas do sensor TM estão muito bem situadas para sensoriamento de alvos com vegetação.

FLEMING & HOFFER<sup>10</sup> afirmam que a visão sinóptica obtida de altitudes de espaçonaves, está provado ser de considerável valor no desenvolvimento dos recursos básicos, tais como florestas e agricultura, particularmente em áreas de grande extensão onde não existem informações.

AOKI & SANTOS<sup>3</sup> estudando uma área de aproximadamente 6.000 km<sup>2</sup> no Distrito Federal, utilizando-se da metodologia da interpretação visual dos dados MSS do satélite Landsat, chega-

ram à conclusão que imagens em papel, preto e branco, se constituem num material adequado à separação das diversas formas de cerrado e que, independentemente da época do ano, a tonalidade foi considerada como principal parâmetro na diferenciação daquelas feições fitoecológicas.

CARNEIRO<sup>9</sup> usando imagens MSS do Sul do Brasil, delimitou seis feições fitoecológicas, concluindo que a aplicação desse produto para monitoramento dos recursos naturais é altamente recomendável.

HOFFER & BAUER<sup>12</sup> estudando as características espectrais da vegetação e resposta do solo, concluíram que a reflectância da vegetação varia consideravelmente em função do comprimento de onda e é controlada principalmente pela pigmentação histológica e conteúdo de umidade da folhagem. A reflectância do solo tende a variar uniformemente por toda a região refletiva do comprimento de onda e é em sua maior parte controlada pela textura, conteúdo e condições da matéria orgânica, óxido de ferro, umidade da superfície e rugosidade do solo.

I.B.D.F./INPE<sup>15</sup>, em trabalhos de levantamento e quantificação do desmatamento na Amazônia Legal, utilizando-se de imagem Landsat MSS, através da interpretação visual e apoio de campo, concluíram que esse produto consiste num método rápido e eficiente para avaliação das áreas de ação antrópica.

TUCKER & JUSTICE<sup>28</sup>, mencionam as aplicações e canais mais apropriados do TM:

- a) canal 1 - mapeamento de águas costeiras e diferenciação solo/vegetação;
- b) canal 2 - detecção da radiação verde refletida pela vegetação saudável;

- c) canal 3 - diferenciação entre espécies de plantas;
- d) canal 4 - pesquisa em biomassa e delimitação de corpos suspensos em água;
- e) canal 5 - medição do conteúdo de umidade da vegetação;
- f) canal 6 - medição do grau de "stress" das plantas; e
- g) canal 7 - mapeamento hidrotermal e geológico em geral.

AZEVEDO *et alii*<sup>4</sup> em estudos de avaliação do potencial de imagens Landsat, concluíram que estas são viáveis e econômicas na avaliação dos recursos naturais do cerrado.

BEREMBUEM *et alii*<sup>5</sup>, em estudos realizados no Estado do Paraná, visando avaliar a cobertura arbórea plantada e natural, compararam mapas gerados através de foto-índice na escala de 1:100.000 e fotografias aéreas na escala de 1:25.000 com mapas obtidos a partir da interpretação visual de imagens Landsat. Concluíram que os produtos Landsat apresentaram ajustada definição dos padrões de cobertura arbórea.

IBDF/SUDAM<sup>14</sup>, utilizando-se de 11 imagens MSS, na escala de 1:250.000, com técnica de interpretação visual, mapearam e quantificaram os grandes grupos fitoecológicos e ação antrópica, numa área de aproximadamente 14.500 mil hectares, compreendendo partes dos Estados do Pará e Maranhão.

SANTOS & PINTO<sup>24</sup> afirmam que o comportamento espectral da cobertura vegetal nas imagens MSS do Landsat, definido pelo padrão de tonalidade, tem propiciado delimitação precisa dos diferentes tipos de vegetação e que esta característica aliada à visão sinóptica, permitem a identificação de áreas de ação antrópica.

Para FORSHAW *et alii*<sup>11</sup>, já está demonstrado que a qualidade de imagens Landsat e conteúdo de informações depende de vários parâmetros, dos quais a resolução espacial é apenas um deles. Em particular, a resolução radiométrica, espacial e temporal de uma série de dados são citados como parâmetros qualitativos e quantitativos de maior importância.

TOWNSHED *et alii*<sup>25</sup>, mencionam que melhor desempenho poderá ser esperado do mapeador temático (TM) por apresentar melhor resolução espacial, maior número e seleção mais cuidadosa das bandas espectrais. Observaram ainda que as 4 melhores bandas para discriminação de florestas são: 1, 3, 4 e 5.

OWE & ORMSBY<sup>18</sup> usando imagens MSS e do simulador mapeador temático (TMS) da bacia do Conley Creek, Georgia, obtidos no mesmo dia, detectaram com o TMS alvos e feições não visíveis nas imagens MSS. Concluíram, então, que a alta resolução propicia uma distinção clara das áreas impropriamente classificadas com dados de baixa resolução. Chegaram também à conclusão de que as duas bandas infravermelhas adicionadas ao TM contribuirão para a capacidade de detecção de identificação da vegetação.

CANAS & BARNETT<sup>8</sup> afirmam que a composição colorida falsa cor é indiscutivelmente o meio mais efetivo de apresentação visual de imagens multicanais, ressaltando, no entanto, que surgem problemas quando mais que três canais são envolvidos.

ROY *et alii*<sup>22</sup> utilizando-se das técnicas de interpretação visual e computadorizada de imagens Landsat, mapearam o distrito de Tirap, Arunchal Pradesh, India, e chegaram a conclusão que, a nível de reconhecimento, o mapeamento florestal pode ser feito tanto visualmente como digitalmente. Afirmam

ainda que, na interpretação visual, os limites poderão diferir entre intérpretes, mas que isso pode ser irrelevante numa ampla estratificação florestal.

Tendo como um dos objetivos a identificação e mapeamento de áreas sobre diversos usos da terra, no distrito de Idukki, Índia, SAHAI *et alii*<sup>23</sup> desenvolveram trabalhos usando imagens Landsat, e, através de técnicas de análise visual, mapearam nove classes de cobertura da terra, concluindo que o mapeamento de recursos naturais, usando-se técnicas de sensoriamento remoto, pode ser feito com boa precisão e em curto espaço de tempo.

Para HORLER & AHERN<sup>13</sup>, o "Thematic Mapper" (TM), produz mais dados por cena, possui mais bandas espectrais, maior resolução radiométrica e resolução espacial mais refinada de que o "Multispectral Scanner" (MSS). Acrescentam ainda que a melhor banda para discriminação geral de tipologias vegetais é a banda 5 e para produção de imagens realçadas coloridas as três melhores são: 3, 4 e 5.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA

##### 3.1.1 Localização

O Parque Nacional de Picaás Novos (P.N.P.N.) foi criado em 21 de setembro de 1979, através do Decreto Federal nº 84.019, constituindo-se então no quarto maior parque do Sistema de Unidades de Conservação do Brasil.

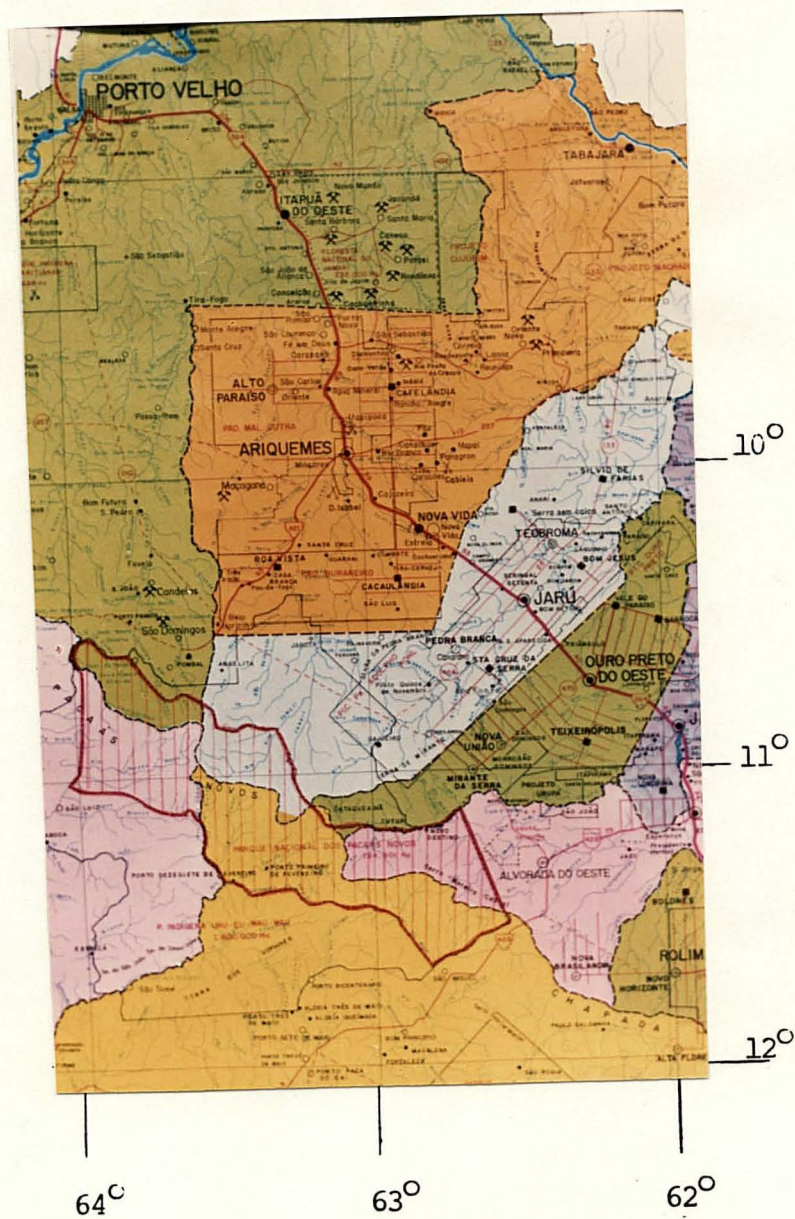
Compreende partes dos municípios de Presidente Médici, Costa Marques, Guarajá-Mirim, Ji-Paraná, Porto Velho, Jaru, Ouro Preto do Oeste e Ariquemes, no Estado de Rondônia, perfazendo uma área de 764.801 ha., localizando-se dentro das coordenadas geográficas de 10°30' e 11°45' de latitude Sul e 62°30' a 64°10' W. Greenwich, como mostra a Figura 1.

##### 3.1.2 Hidrologia

Segundo o Projeto RADAMBRASIL<sup>6</sup>, o Parque Nacional de Picaás Novos (P.N.P.N.) engloba as três principais bacias do Estado: Guaporé, Madeira e Mamoré.

Vários rios têm suas nascentes dentro da área de parque, que contribuem para os rios Guaporé, Mamoré, Candeias e Ji-Paraná, constituindo-se a área num importante dispensador de águas, como ilustra a Figura 2.

FIGURA 1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

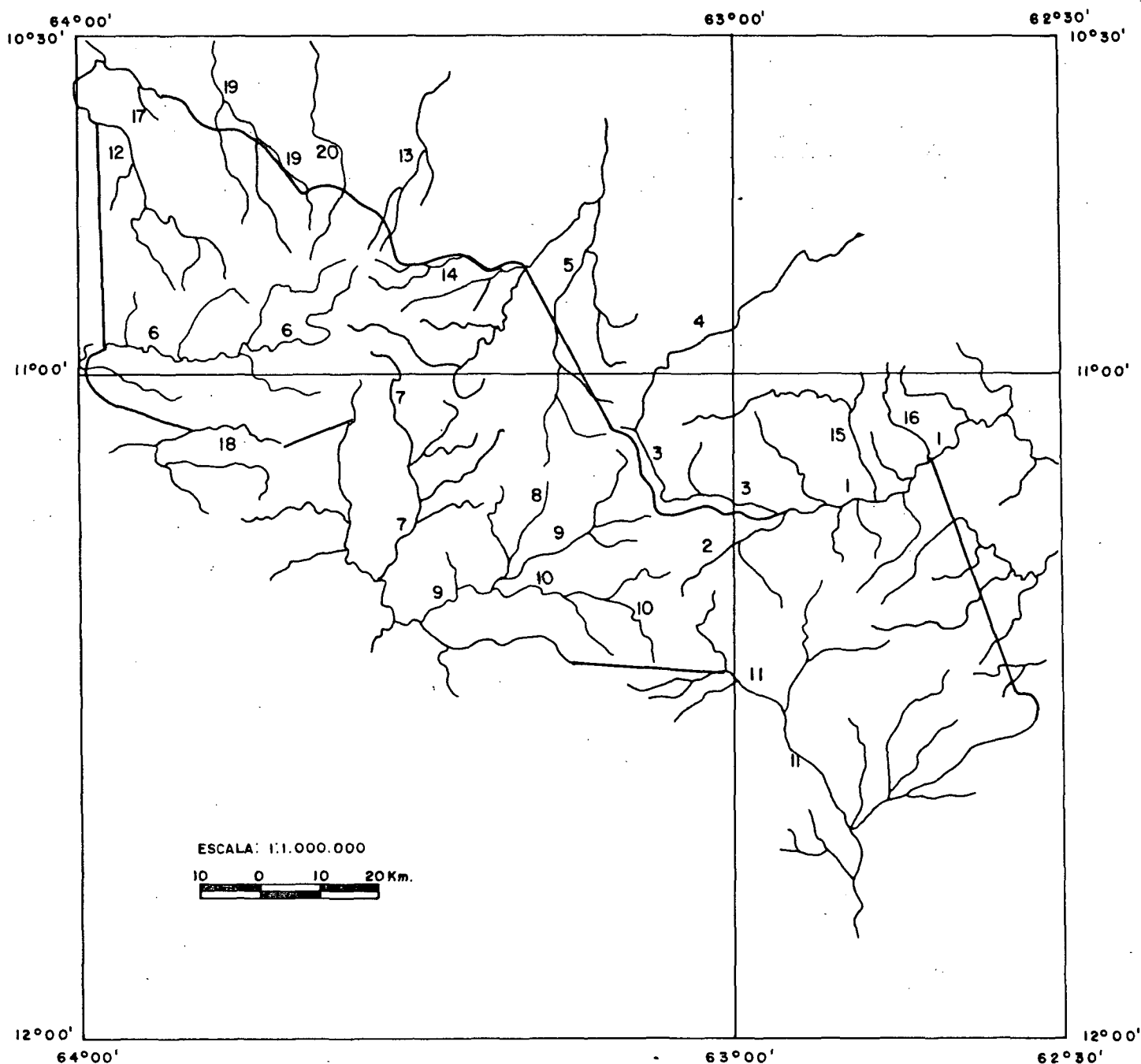


Escala aproximada: 1:2.790.000

Parque Nacional de Picaás Novos

Localização: 10°30' a 11°45' de latitude Sul  
62°30' a 64°10' W. de Greenwich

FIGURA 2. REDE DE DRENAGEM DO PARQUE NACIONAL DE PACAÁS NOVOS



(Fonte: Proj. RADAMBRASIL, 1978)

- |                                    |                                   |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 - Rio Urupá                      | 2 - Rio Apitá                     |
| 3 - Rio Cumataí                    | 4 - Rio Jarú                      |
| 5 - Rio Alto Jamari                | 6 - Rio Pacaás Novos              |
| 7 - Rio João Câmara                | 8 - Rio Cumitripãna               |
| 9 - Rio Cautário                   | 10 - Rio Rucumitani               |
| 11 - Rio São Miguel                | 12 - Rio Jaciparaná               |
| 13 - Ig. Nova Floresta             | 14 - Ig. Cinco de Maio            |
| 15 - Ig. da Trincheira             | 16 - Ig. Esmeril                  |
| 17 - Ig. da Divisa                 | 18 - Ig. Branco                   |
| 19 - Braço Esquerdo do R. Candeias | 20 - Braço Direito do R. Candeias |

Esses rios estão na dependência do regime pluvial e exercem grandes limitações à navegação, pois é freqüente a existência de cachoeiras e afloramentos rochosos em seus cursos, mesmo quando em declives suaves.

### 3.1.3 Clima

RANZANI<sup>21</sup>, referindo-se à Amazonia Brasileira, diz que a ausência de estação seca não é regra e sim exceção e que na maior parte da região ocorre pouca ou nenhuma precipitação durante alguns meses do ano. O tipo climático predominante é o AW da classificação de Köppen, sendo mais restritas as áreas de tipo Af e Am.

Afirma ainda que o regime térmico se apresenta praticamente constante, cujas oscilações não apresentam grandezas suficientes para prejudicar as atividades biológicas.

Para o Projeto RALAMBRASIL<sup>6</sup>, o clima é classificado como quente com umidade relativa anual igual ou superior a 80% e temperatura média na ordem de 23°C, sendo que de agosto a outubro a temperatura média sobe para 31°C, variando de 5°C a 10°C no período mais frio (junho a agosto).

A temperatura máxima absoluta situa-se entre 36°C e 38°C e a mínima absoluta entre 0°C e 4°C.

A região apresenta elevado índice pluviométrico anual, com precipitações distribuindo-se de maneira não uniforme durante o ano. Cerca de 70% da precipitação anual, que está compreendida entre as isoietas de 2.000 a 2.500 mm, ocorre de novembro da março, enquanto a estação seca compreende os meses de junho, julho e agosto.

### 3.1.4 Geomorfologia

Como ilustrado na Figura 3, três unidades morfoestruturais, Planaltos Residuais do Guaporé, Planalto Dissecado Sul da Amazônia e Pediplano Centro-Ocidental Brasileiro estão representados na área do Parque Nacional de Pacaás Novos (P.N.P.N.), de acordo com Projeto RADAM<sup>6</sup>.

#### . Planaltos Residuais do Guaporé:

Corresponde às regiões de maiores altitudes e dentro da área do P.N.P.N. constitui a Serra dos Pacaás Novos e Serra do Uopiane que são separadas por uma grande superfície baixa definida pelo Pediplano Centro-Ocidental Brasileiro.

As fisionomias nestes planaltos são formadas por relevos tabulares com desníveis de 150 a 200 metros na Serra do Uopiane e de 350 a 400 metros na Serra dos Pacaás Novos.

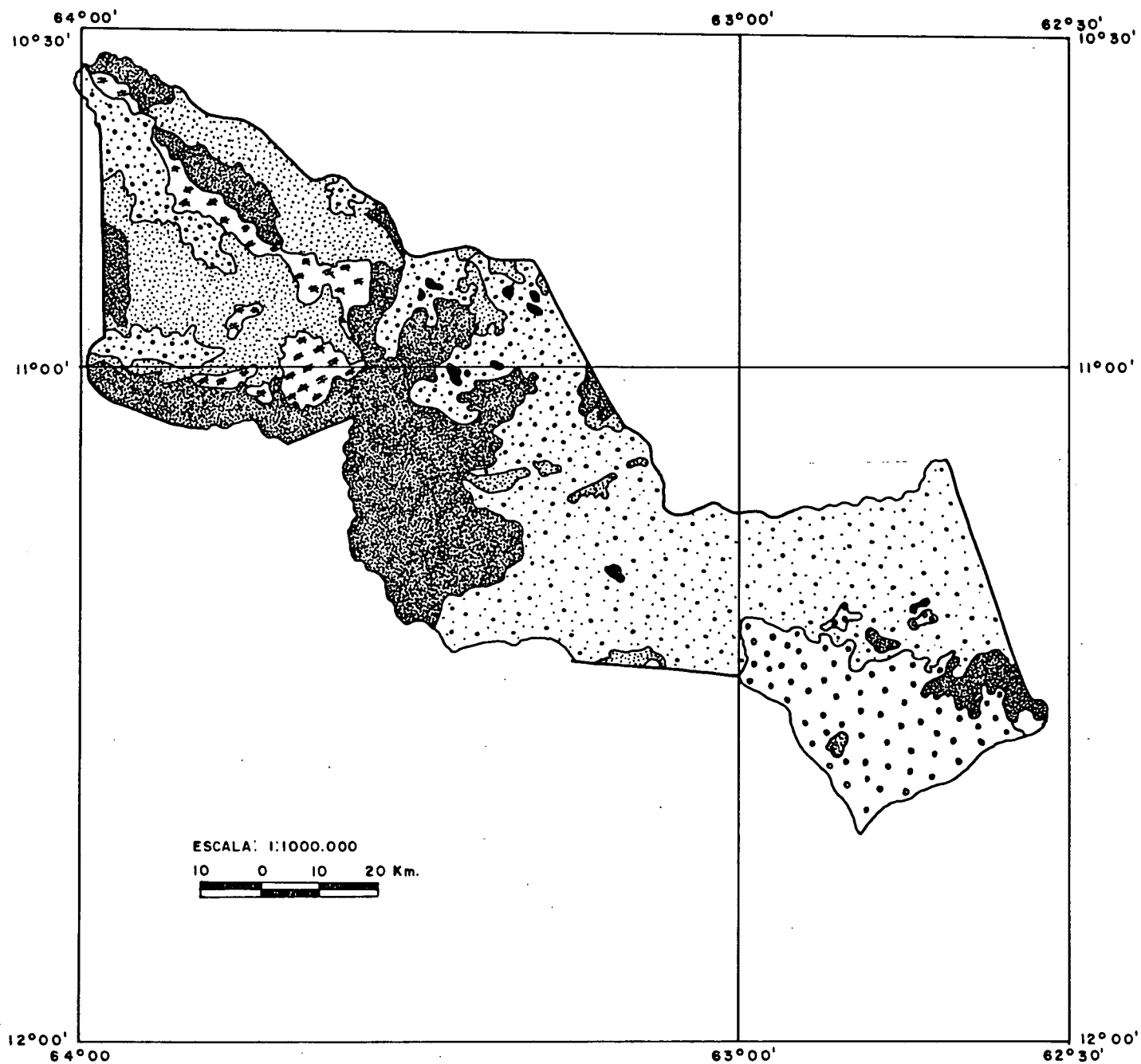
A Serra do Uopiane é constituída em sua grande parte por relevos tabulares com cotas altimétricas de até 500 metros. Apresenta as bordas dissecadas e relevos residuais nos topos. É formada por arenitos pré-cambrianos.

A Serra dos Pacaás Novos é composta de relevos tabulares esculpados em sedimentos pré-cambrianos, formando um maciço residual erodido. Apresenta duas feições: relevos tabulares na borda norte, nordeste e sul e tabulares em forma de elipse na parte central para oeste da serra, representando sua parte mais fragmentada.

#### . Planalto Dissecado Sul da Amazônia:

É observado na parte norte do P.N.P.N., com relevo dissecado em cristas com vertentes pronunciadas, estendendo-se desde o sopé da Serra dos Pacaás Novos até as bordas da Serra Moreira Cabral, próxima ao limite do parque.

FIGURA 3. GEOMORFOLOGIA DO PARQUE NACIONAL DE PACAÁS NOVOS



(Fonte: Proj. RADAMBRASIL, 1978)

- |  |  |
|--|--|
|  | - Superfície Tabular Estrutural                              |
|  | - Superfície Pediplanada                                     |
|  | - Colinas - dissecação de muito fraca a fraca                |
|  | - Interflúvios Tabulares - dissecação de muito fraca a fraca |
|  | - Cristas - dissecação de muito fraca a forte                |
|  | - Superfície Tabular Erosiva                                 |
|  | - Inselberg  |

Ao norte do parque observa-se a Serra do Mirante com as mesmas feições da anterior, sendo as cristas intercaladas por superfícies mais baixas e dissecadas em colinas.

#### Pediplano Centro-Occidental Brasileiro

Apresenta uma superfície aplainada, localizada na parte Centro-Occidental do Brasil. As cotas altimétricas variam de 100 a 200 metros e se estendem por extensas áreas. Uma faixa de depósitos arenosos ocorre no trecho onde esta unidade se interpenetra com a Serra do Uopiane.

#### 3.1.5 Solos

Na Figura 4 são apresentados os solos da área do Parque Nacional de Pacaás Novos (P.N.P.N.), distribuídos em sete classes, cujas características principais, de acordo com o Projeto RADAMBRASIL<sup>6</sup>, são:

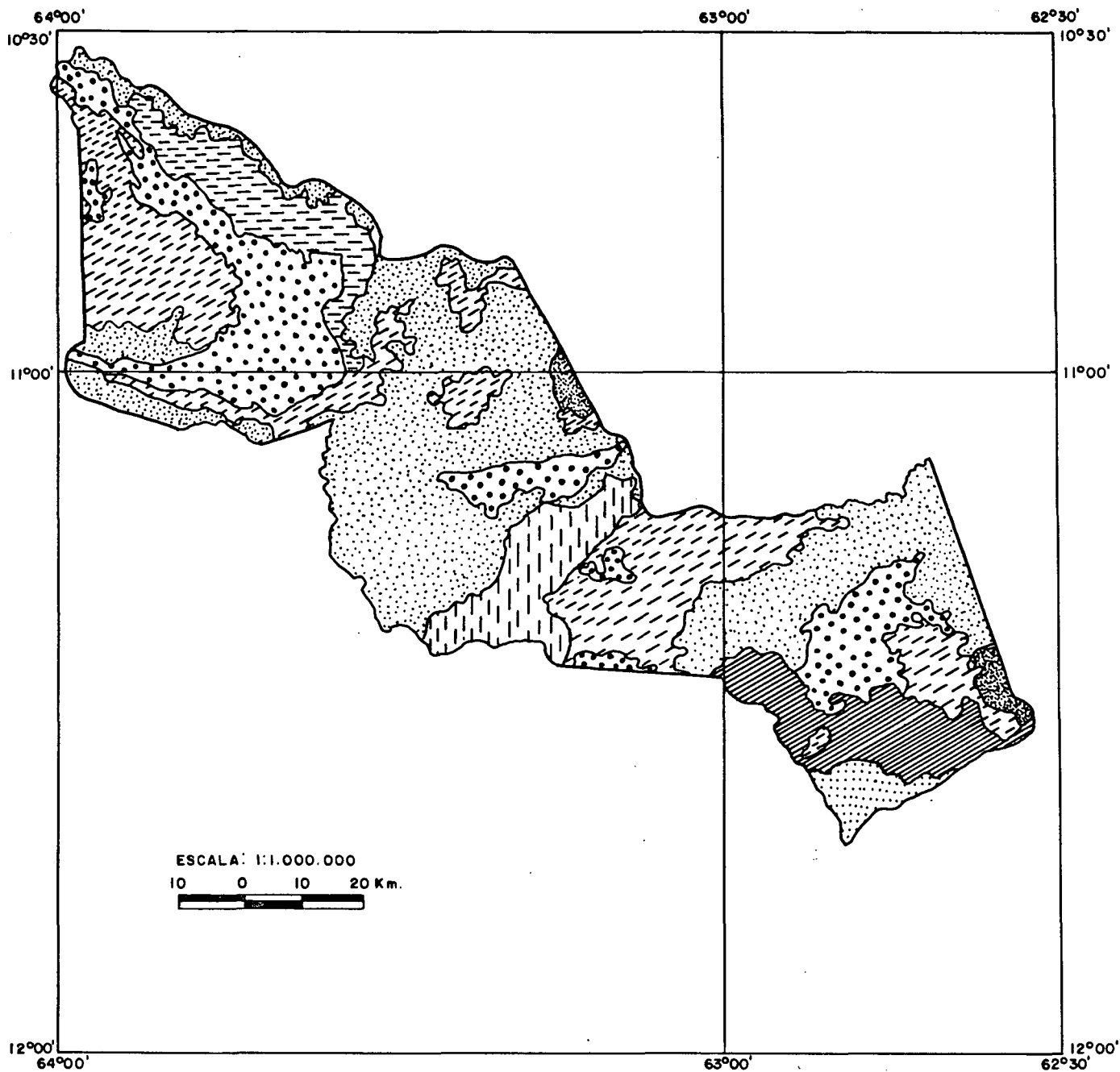
##### . Latossolo Amarelo Álico

Tem sua ocorrência observada principalmente na parte central do P.N.P.N. e em menor escala na parte sudeste e nordeste.

Apresenta pouca diferenciação entre seus horizontes, sendo bastante permeável e pouco poroso com boa drenagem. Solos minerais muito meteorizados, profundos, com textura variando de média a muito argilosa e com horizonte B latossólico.

São originários de sedimentos areno-argilosos do Terciário e sua ocorrência é notada principalmente nas áreas de relevo suave ondulado a plano, onde a vegetação é constituída por floresta aberta.

FIGURA 4. SOLOS DO PARQUE NACIONAL DE PACAÁS NOVOS



(Fonte: Proj. RADAMBRASIL, 1978)

- |  |  |
|--|--|
|  | - Podzólico Vermelho Amarelo Álico     |
|  | - Litólicos Distróficos                |
|  | - Afloramentos Rochosos                |
|  | - Areias Quartzosas Hidromórficas      |
|  | - Terra Roxa Estruturada Distrófica    |
|  | - Latossolo Vermelho Amarelo Álico     |
|  | - Latossolo Amarelo Álico              |
|  | - Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico |

### Latossolo Vermelho Amarelo Álico

Ocorre somente na parte leste do P.N.P.N.. Esta classe de solos é bastante semelhante à anterior, diferenciando-se daquela por ser mais avermelhada e apresentar maiores teores de óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_2$ ), de 6% a 9%. Compreende solos não hidromórficos com horizonte B latossólico.

São solos intensamente lixiviados e meteorizados, com horizontes pouco diferenciados e de seqüência dos tipos A, B e C e têm sua origem na decomposição de rochas do Pré-Cambriano.

Sua presença é observada em áreas de relevo variando de ondulado a plano onde se instala a floresta densa e aberta.

### . Terra Roxa Estruturada Distrófica:

Esta classe é observada a nordeste do P.N.P.N. numa faixa que acompanha a Serra dos Pacaás Novos. Os solos são bem desenvolvidos, de textura argilosa a muito argilosa, com horizonte B textural.

Possuem altos teores de óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_2$ ) e apresentam uma seqüência de horizontes dos tipos A, B e C. Originam-se de rochas básicas e sub-básicas, com ocorrência em relevos que variam de montanhosos a suave ondulados com cobertura de floresta densa.

### Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico:

Ocorre apenas numa mancha na parte norte do P.N.P.N.

Os solos desta classe são não hidromórficos com argila de atividade variando de baixa a alta, moderadamente drenados, de profundidade variável. Os teores de óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_2$ ) variam de 4% a 8%. São originários da decomposição de rochas do Pré-Cambriano e seus horizontes têm seqüência dos tipos A, B e C.

### Podzólico Vermelho Amarelo Álico:

São encontrados em manchas a nordeste, sudeste e numa faixa contínua de norte a sul do P.N.P.N. As características morfológicas são semelhantes às da classe anterior, diferenciando-se quanto às propriedades químicas.

São solos originários da decomposição de rochas do Pré-Cambriano e de sedimentos do Pliopleistoceno.

### Solos Litólicos Distróficos:

São observados principalmente a oeste, centro-norte e centro-sul do P.N.P.N. Pouco desenvolvidos, rasos com horizonte A geralmente assentado sobre a rocha matriz ou raramente com horizonte B ao C incipiente.

Apresentam textura muito variável, pois as características físico-químicas estão na dependência da rocha mãe.

A origem destes solos está relacionada com arenitos.

### 3.1.6 Vegetação

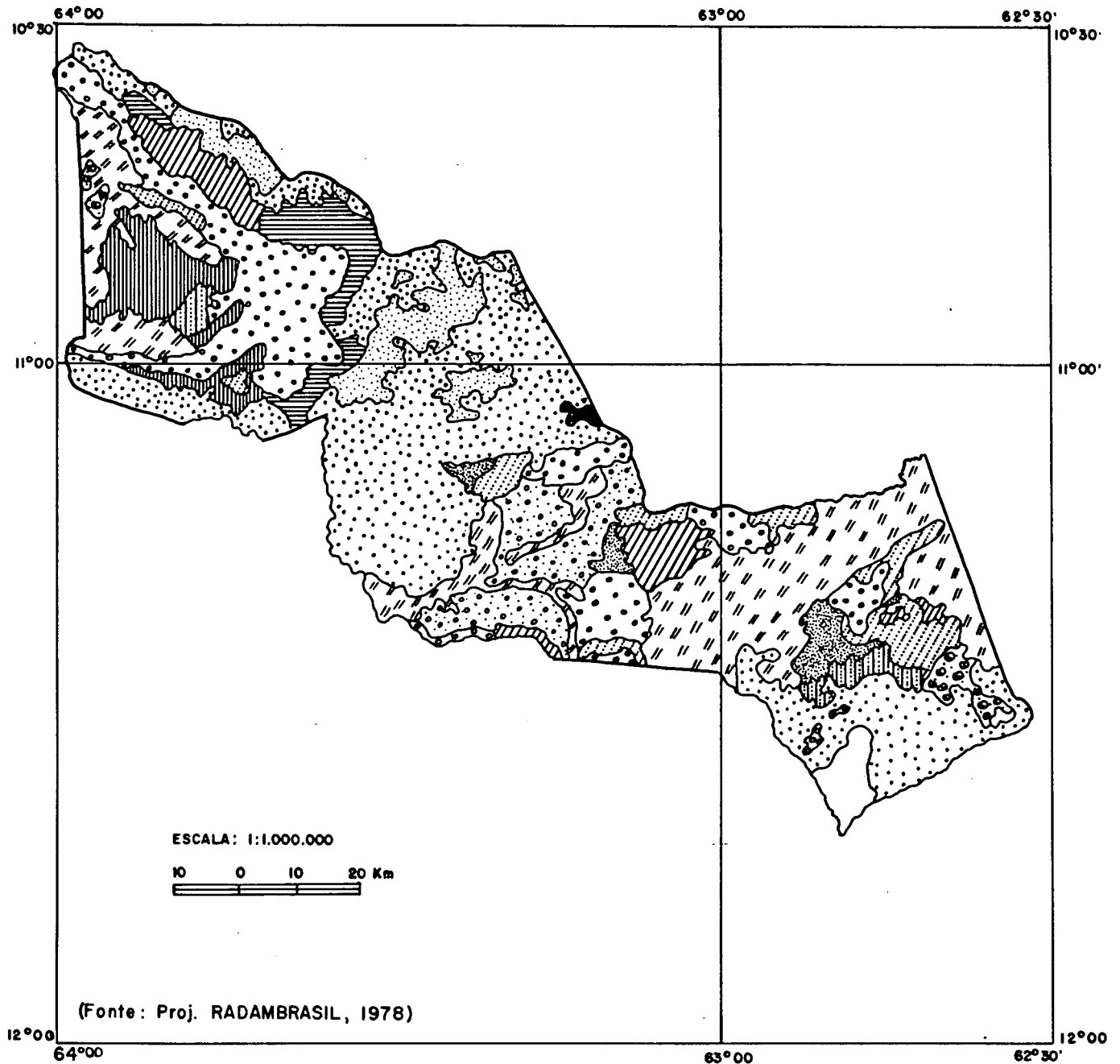
De acordo com o Projeto RADAMBRASIL<sup>6</sup>, cuja ilustração é mostrada na Figura 5, a área do Parque Nacional de Pacaás Novos (P.N.P.N.) apresenta as seguintes formações:

- a) Região da Floresta Tropical Densa;
- b) Região de Savana (cerrado);
- c) Região de Tensão Ecológica;
- d) Região da Floresta Tropical Aberta.

- a) Região da Floresta Tropical Densa - Sub-região das Baixas Cadeias de Montanhas do Sul da Amazônia

A floresta tropical densa pode se apresentar ora com cobertura uniforme ora com árvores emergentes, dependendo da

FIGURA 5. VEGETAÇÃO DO PARQUE NACIONAL DE PACAÁS NOVOS



a) Região da Floresta Tropical Densa - Sub-Reg. Bx. Cad. Mont. do Sul da Amazonia



b) Região de Savana - Sub-Região do Rel. Resid. do Sul da Amazonia



Parque



Sav. Arb. Aberta



Sav. Arb. Densa

c) Região de Tensão Ecológica - Contato Savana/Floresta



Fl. Ab. Rel. Ondul.



Sav. Arb. Densa



Sav. Arb. Aberta



Fl. Ab. Rel. Dissec.



Fl. Den.

d) Região da Floresta Tropical Aberta - Sub-Região da Superfície Dissecada dos Altos Xingú/ Tapajós / Madeira



Fl. Ab. Rel. Ondul.



Fl. Ab. Rel. Dissec.

Reg. da Fl. Trop. Ab - Sub-Reg. da Cobert. da Plataf. Pré-Cambriana



Fl. Ab. Rel. Ondul.



Fl. Ab. Dissec.

Reg. da Fl. Trop. Ab. - Sub-Reg. da Superf. Aplainada de Acumulação



Fl. Ab. Latifollada

profundidade do solo. Ocorre em manchas, formando associações com a floresta aberta com e sem palmeiras nas áreas de relevo ondulado e acidentado.

b) Região da Savana - Sub-região Residual do Sul da Amazônia

Sua presença é marcante no P.N.P.N., onde ocupa áreas pediplanadas com drenagem semi-impedida pela impermeabilidade dos solos e afloramentos quartzíticos e areníticos, como ilustra a Figura 6.

Recobre grande parte da área de cobertura da plataforma Pré-Cambriana que constitui a Serra dos Pacaás Novos, ao norte e Serra do Uopiane.

A noroeste do P.N.P.N., nos altos platôs da Serra dos Pacaás Novos verifica-se a predominância do campo cerrado sobre o cerrado que ocorre nas áreas de drenagem mais eficiente e solos mais profundos.

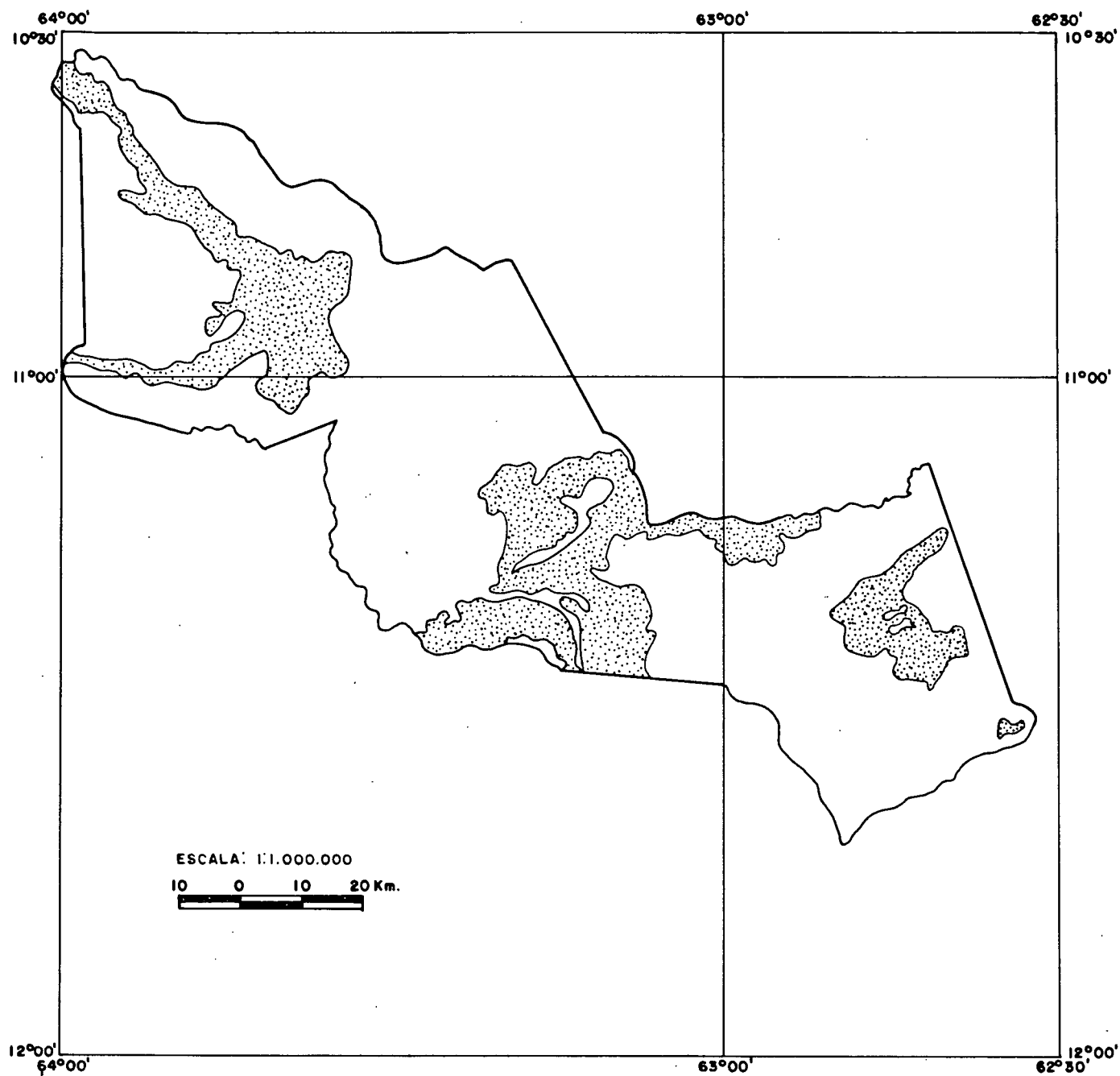
O campo cerrado também ocorre a leste e centro, nos locais onde os solos mais profundos e com melhor drenagem permitem um maior adensamento de espécies arbóreas e arbustivas.

Na parte central do P.N.P.N. ocorre o parque de cerrado, constituindo os chamados Campos Urupás ou Cataquiamã, com florestas de galerias em faixas estreitas e sinuosas, com drenagem que se alterna entre densa e esparsa.

c) Área de Tensão Ecológica - Contato Savana/Floresta

Misturas ou encraves são fisionomias formadas pelo contato entre classes de diferentes formações florestais. Esse contato, no presente caso, é feito entre as formações que se instalam nas áreas de solos mais profundos e a savana que ocupa

FIGURA 6. REGIÃO DA SAVANA



( Fonte: Proj. RADAMBRASIL, 1978 )

 - Sub-Região do Relevo Residual do Sul da Amazônia

solos mais rasos dos topos das colinas suaves ou dissecadas em cristas. A Figura 7 mostra a distribuição desse ambiente na área do parque.

#### d) Região da Floresta Tropical Aberta

Está sub-dividida em três sub-regiões: Sub-região da Superfície Dissecada dos Altos Xingu/Tapajós/Madeira, Sub-região da Cobertura da Plataforma Pré-Cambriana e Sub-região da Superfície Aplainada de Acumulação, todas representadas dentro da área do P.N.P.N., conforme figura 8.

##### . Sub-região da Superfície Dissecada dos Altos Xingú/ Tapajós/Madeira:

Nesta sub-região a floresta aberta com palmeiras constitui a fisionomia dominante, revestindo os relevos suavemente ondulados e dissecados do embasamento cristalino.

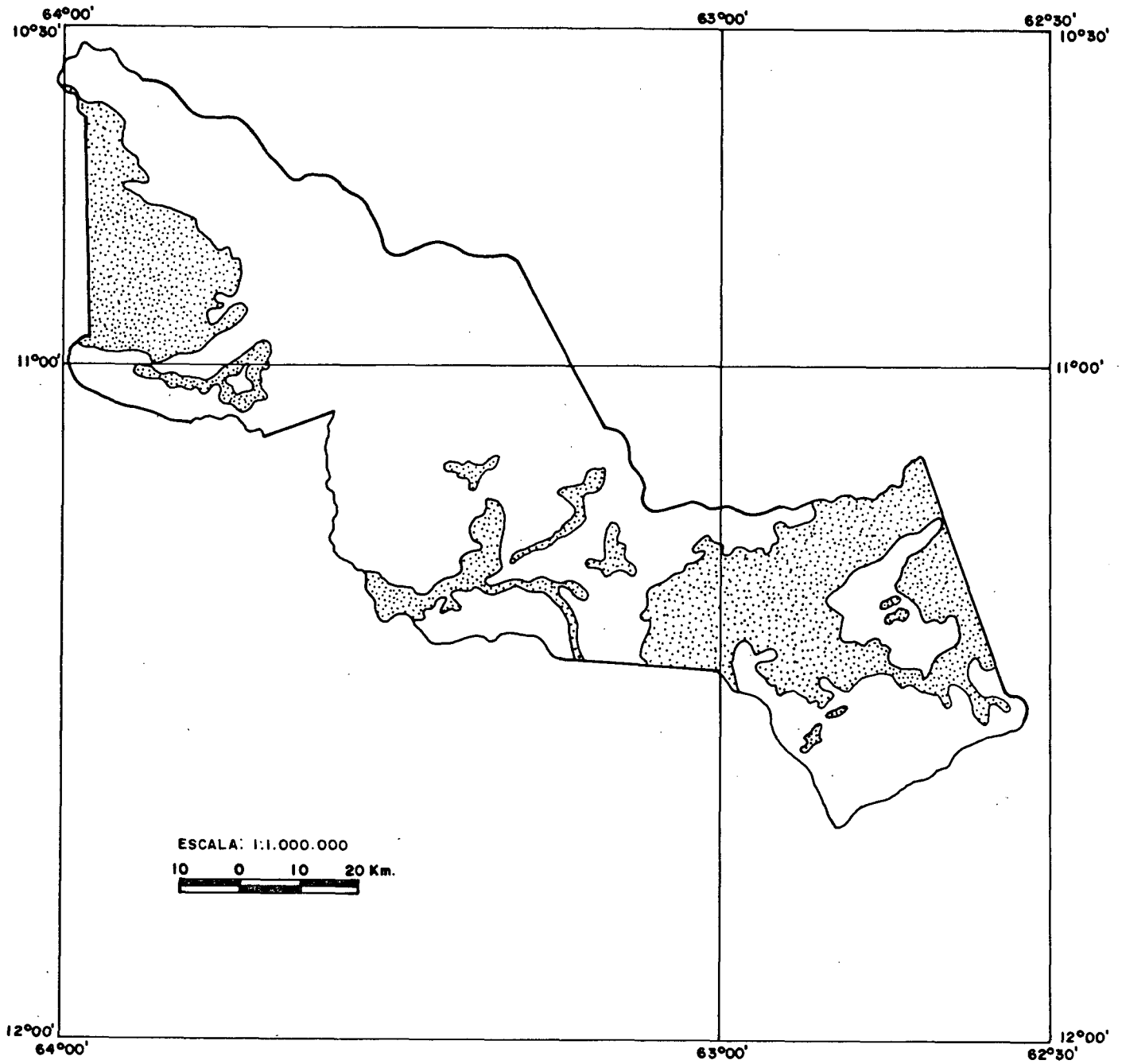
Grupamentos de florestas de árvores emergentes, de cobertura uniforme e de bambus e cipós ocorrem nas áreas de solo Podzólico Vermelho Amarelo que é dominante.

##### . Sub-região da Cobertura da Plataforma Pré-Cambriana:

A predominância do solo nesta sub-região é do tipo Podzólico Vermelho Amarelo, de textura argilosa, constituídos por sedimentos Pré-Cambrianos, cujas altitudes não ultrapassam os 600 metros.

A floresta de palmeiras é a fisionomia dominante, encontrando-se também a floresta de cipós e de bambús. Estas três sub-formações revestem os platôs e relevos dissecados ou ondulados.

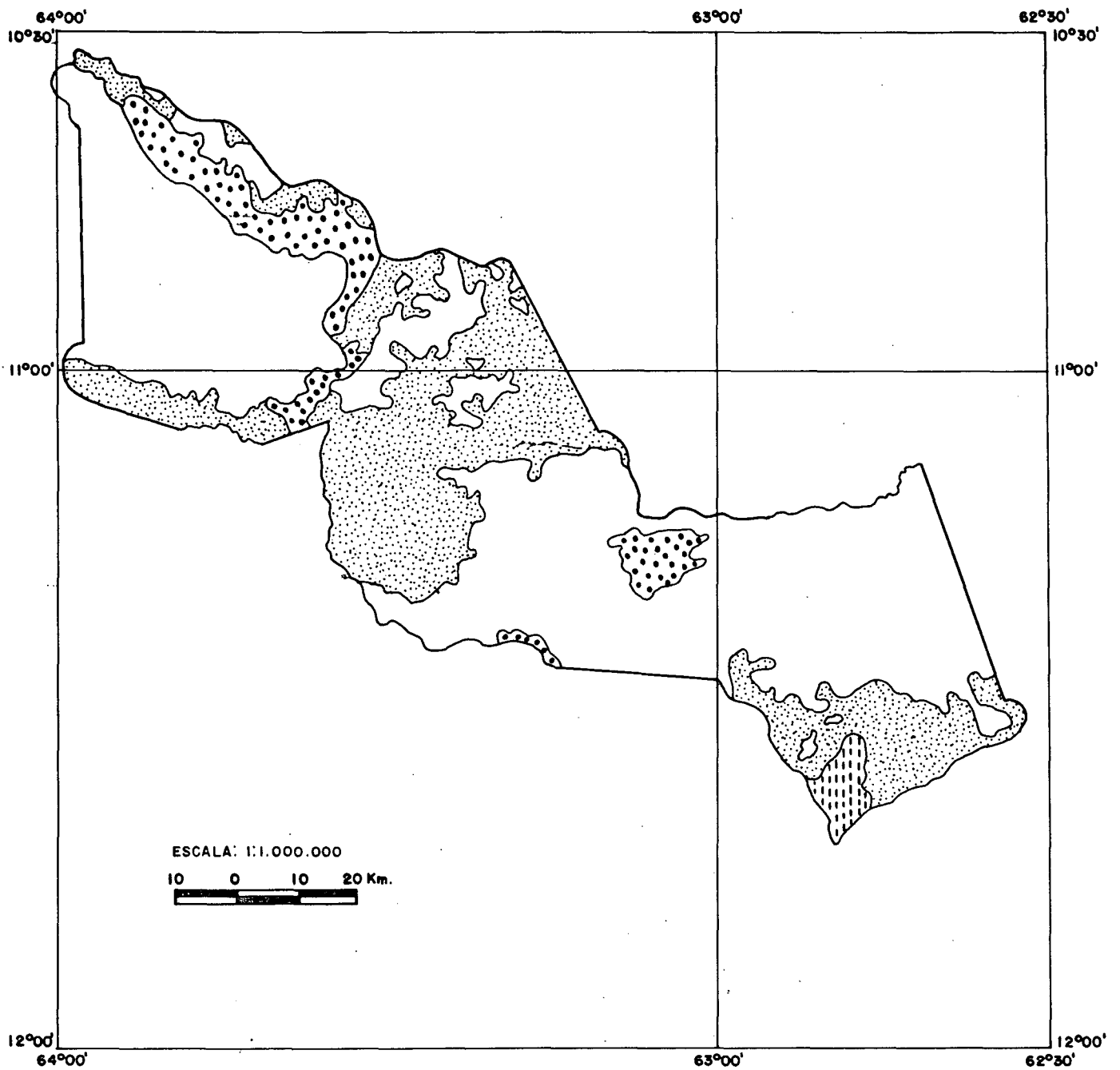
FIGURA 7. ÁREAS DE TENSÃO ECOLÓGICA DO PARQUE NACIONAL DE  
PACAÁS NOVOS






(Fonte: Proj. RADAMBRASIL, 1978)

 - Contato Savana / Floresta

FIGURA 8. REGIÃO DA FLORESTA ABERTA



( Fonte: Proj. RADAMBRASIL, 1978 )

-  - Sub-Região da Superfície Dissecada dos Altos Xingú/Tapajós/Madeira
-  - Sub-Região da Cobertura da Plataforma Pré-Cambriana
-  - Sub-Região da Superfície Aplainada de Acumulação

Nas áreas de relevos dissecados, a dominância se alterna entre a floresta de palmeiras e de cipós.

#### Sub-região da Superfície Aplainada de Acumulação:

A paisagem dominante nesta sub-região é a da floresta aberta com palmeiras, sendo que nas áreas de maior elevação intercalam-se as florestas de cipós e de bambús.

### 3.2 MATERIAL

#### 3.2.1 Materiais cartográficos

Foram utilizados para realização desta pesquisa, imagens Landsat TM, imagens de radar, fotografias aéreas, mapas e cartas florestais, geomorfológicas e pedológicas da região, conforme Tabela 1.

#### 3.2.2 Materiais de interpretação e compilação:

- . Estereoscópio de espelhos marca Wild
- . Pantógrafo ótico Map-O-Graph
- . Automatic Area Meter, modelo AAC-400
- . Prancheta
- . Mesa de luz
- . Luminária com lupa
- . Papel polyester estático
- . Grafites 2,0 e 0,5 mm coloridos e preto
- . Lápis dermatográfico.

TABELA 1. MATERIAIS CARTOGRÁFICOS UTILIZADOS NO PRESENTE ESTUDO

Produtos	Tipo	Data	Canais Bandas	Órbita	Ponto	Imagens Folhas	Escala
Imagens Landsat-TM	Composição colorida, infravermelha, falsa cor	08/1986	2, 3 e 4	231 232	68 A 68A e B 67C e D	-	1:250.000
Imagens de Radar GEMS 1000	Off-set	1975/76	-	-	-	SC.20-ZA SC.20-ZC SC.20-YB SC.20.YD	1:250.000
Fotografias aéreas	Cópias branco e preto, infravermelhas	1967	-	-	-	-	1:60.000
Cartas ME/DSG	Off-set	1976	-	-	-	SC.20.YD.II SC.20.YD.III SC.20.YB.V SC.20.YB.VI SC.20.ZC.I SC.20.ZC.IV	1:100.000
Cartas do Projeto RADAM-BRASIL	Florestais, geomorfológicas e pedológicas	1978	-	-	-	Porto Velho	1:1000.000
Mapa do Estado de Rondônia	Político, Rodoviário, Turístico e Escolar	1985	-	-	-	-	1:1000.000

### 3.3 MÉTODOS

#### 3.3.1 Interpretação visual de imagens Landsat-TM

O I.N.P.E.<sup>16</sup> conceitua interpretação visual de imagens Landsat, o processo de aquisição de informações sobre um dado alvo na superfície, através da resposta espectral. Diz ainda que de uma maneira geral os elementos significativos na interpretação visual são: tonalidade, textura fotográfica, padrão de textura de drenagem e relevos.

Foi baseado apenas na tonalidade que se procedeu à interpretação visual, considerando-se que a diferença da textura fotográfica era pouco perceptível.

A variação de tonalidade do vermelho ao escuro correspondia à variação na densidade da cobertura vegetal, assim sendo, convencionou-se o seguinte:

Floresta .....	Vermelho claro
Savana Arbórea Densa .....	Vermelho escuro
Área desnuda .....	Azul claro
Parque de cerrado .....	Azul escuro
Savana Arbórea Aberta .....	Escuro

Estas diferentes classes de tonalidades foram delimitadas sobre papel polyester estático, usando-se em seus traçados cores diferenciadas e legendas identificativas.

#### 3.3.2 Fotointerpretação de fotografias aéreas verticais

A análise dos critérios de tonalidade e textura, dois dos dez elementos de reconhecimentos descritos por ANDERSON<sup>2</sup>,

utilizados sobre as fotos, possibilitou a detecção de manchas diferenciadas.

O reconhecimento e identificação daquelas manchas se deu com o conhecimento prévio da área e do uso da visão estereoscópica que possibilitou delimitações precisas e o evidenciamento de detalhes.

A finalidade principal dessa fotointerpretação foi conferir o grau de classificação e mapeamento das tipologias identificadas e mapeadas nas interpretações das imagens Landsat-TM.

### 3.3.3 Reambulação

Os trabalhos de campo desenvolveram-se em duas etapas distintas: terrestre e aérea.

No trabalho terrestre fez-se uso de um veículo com tração nas quatro rodas para se chegar à sede do Parque Nacional de Pacaás Novos (P.N.P.N.), e, a partir daí, em incursões a pé, procurou-se atingir as áreas previamente selecionadas nas imagens. Nessas áreas e durante o trajeto foram tomadas fotografias coloridas 35 mm e feitas observações gerais.

A execução dessa etapa forneceu uma idéia geral sobre as formações das comunidades florestais bem como grau de abertura das copas.

A etapa aérea foi realizada em aeronave monomotor, asa alta, em vôo de baixa altitude, variando de 250 a 300 metros. O tempo de vôo foi de aproximadamente 2,30 horas, seguindo-se um plano antecipadamente elaborado, com vistas às áreas de maior interesse.

Por se tratar de um trabalho onde se procurou identificar e mapear as formações florestais sem se ater em identificações botânicas ou estudos fitossociológicos, essa etapa se revelou mais importante que a etapa terrestre, pois permitiu uma visão sinóptica da distribuição espacial das fitotipologias.

As fotos coloridas 35 mm tomadas durante essa etapa foram de maior valia que as tomadas durante a etapa terrestre, pois a maior abrangência de áreas das fotos aéreas 35 mm permitiram um melhor correlacionamento com as imagens Landsat-TM. As fotos terrestres 35 mm foram úteis na identificação de tipologias restritas a pequenas áreas.

#### 3.3.4 Compilação do mapa temático

Com as observações feitas durante os trabalhos de campo, informações obtidas no local e manuseio das fotografias 35 mm, aliadas aos dados extraídos quando das interpretações das imagens Landsat-TM e fotografias aéreas, deu-se início à confecção do mapa temático final.

O primeiro passo foi a confirmação das tipologias, onde as fotografias 35 mm foram de grande utilidade, pois serviram para o correlacionamento com as características apresentadas pelas imagens.

Adotou-se como base cartográfica as cartas ME/DSG, na escala 1:1000.000, que foram ampliadas à escala de 1:250.000, a mesma das imagens Landsat-TM, através do ampliador/redutor ótico Map-O-Graph e sobre a qual delimitou-se a área do Parque Nacional de Pacaás Novos.

Com auxílio da mesa de luz procedeu-se a montagem do mapa final, por partes e tendo-se como referencial a rede de drenagem que é bastante intensa na área pesquisada (Figura 2) e por se constituírem seus rios em acidentes geográficos facilmente identificáveis.

### 3.3.5 Avaliação das áreas

Utilizou-se para quantificação das áreas o Automatic Area meter, modelo AAC-400 do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná.

As áreas correspondentes a cada fitoambiente foram recortadas e separadas individualmente por tipologias, medidas com cinco repetições, tendo sido considerada como área final a média aritmética dessas medidas.

A área total de floresta foi calculada por diferença do somatório das áreas das outras tipologias (savana arbórea densa, savana arbórea aberta e parque do cerrado), em relação à extensão do Parque Nacional de Picaás Novos.

### 3.3.6 Cálculo da precisão da interpretação visual

Considerando-se que a maioria das classes vegetais não é distinta na natureza, existindo faixas de transições de uma tipologia para outra, cujos limites são altamente subjetivos, utilizou-se o método da tabela de confusão para se testar a precisão de classificação e do mapeamento.

Baseado em KALENSKY<sup>17</sup>, foram conceituados os termos a seguir, visando tornar mais facilmente assimilável o assunto abordado neste item.

- . Comissão: representa o ganho de áreas por uma determinada classe tipológica, na interpretação da imagem Landsat-TM, em relação à verdade-terrestre.
- . Omissão: representa a perda de área de uma classe tipológica, na interpretação da imagem Landsat-TM, em relação à verdade-terrestre.
- . Precisão de classificação: representa o grau de precisão com que determinada tipologia foi identificada na interpretação da imagem Landsat-TM, em relação à verdade terrestre.
- . Precisão de mapeamento: representa o acerto na localização da classe tipológica sobre o mapa originário da interpretação da imagem Landsat-TM, em relação à sua localização no mapa da verdade-terrestre.

Como verdade terrestre considerou-se os resultados das interpretações de três fotografias aéreas, branco e preto, na escala de 1:60.000, correspondentes às áreas testes selecionadas.

KALENSKY<sup>17</sup>, refere-se ao método da tabela de confusão afirmando que ele pode ser usado para expressar o grau de precisão de classificação, porém é um tanto inadequado para expressar a precisão do mapeamento. Ressalta, no entanto, que balanceando-se as comissões e omissões entre as classes tipológicas identificadas, o método é completamente adequado para cálculos estatísticos quando somente o tamanho da área da classe tipológica é importante e não o seu deslocamento.

Embora a omissão de uma classe represente a comissão de outra e vice-versa, neste trabalho não houve a intenção de

identificar quais as classes tipológicas que, em consequência de omissão tiveram comissões e no caso de comissões quais as que tiveram omissões, limitando-se apenas em identificar as classes em que ocorreram perdas e ganhos sem correlacioná-las.

Nesta pesquisa foram selecionadas, sobre as imagens Landsat-TM, três áreas testes onde foram identificadas e quantificadas as classes tipológicas.

De posse dos dados extraídos das áreas testes e com as verdades terrestres, montou-se para cada uma destas áreas uma tabela com o intuito de se calcular suas respectivas precisões de classificações.

Para se obter a precisão de classificação extensiva a todo o Parque Nacional de Picaás Novos, unificou-se os resultados das três áreas testes e das verdade -terrestres, gerando-se então uma nova tabela sobre a qual aplicou-se o teste da tabela de confusão.

Para efeito de cálculos fez-se uso, conforme KALENSKY<sup>18</sup> das seguintes fórmulas:

1. Precisão de classificação:

$$C_I (\%) = \frac{N_I}{T_I} \cdot 100\%$$

onde:

$N_I$  = número de hectares classificados corretamente em determinada classe, na área selecionada para avaliação da precisão;

$T_I$  = número total de hectares pertencentes a determinada classe, na área selecionada para avaliação da precisão ( $\sum N_I +$  omissões).



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 MAPEAMENTO DA VEGETAÇÃO COM IMAGENS TM

#### 4.1.1 Resultados quantitativos do mapeamento do Parque

No Parque Nacional de Pacaás Novos (P.N.P.N.) foram identificadas e quantificadas, conforme Tabela 2, quatro tipologias vegetais distintas, que são: floresta, savana arbórea densa, savana arbórea aberta e parque de cerrado.

TABELA 2. CLASSES TIPOLOGICAS MAPEADAS NO P.N.P.N.

Classes	Floresta	Savana Arb. Densa	Savana Arb. Aberta	Parque de cerrado
Área (ha)	620.494,75	57.231,25	60.506,25	26.568,75
%	81,13	7,48	7,91	3,48

#### 4.1.2 Caracterização da tipologia floresta

A classe tipológica correspondente a floresta recobre a maior parte do Parque Nacional de Pacaás (P.N.P.N.), conforme Tabela 2.

Predomina nesta fitofisionomia a floresta aberta, com árvores espaçadas, de pequeno a médio porte, sendo frequente a presença de palmeiras, principalmente nos altos platôs e áreas de relevo ondulado. Com menos expressividade, observa-se também neste macroambiente a presença de cipós e bambus.

Na Figura 9 observa-se um aspecto da floresta onde se destacam as palmeiras ocupando o espaço superior entre as copas das árvores. No quadrante inferior, à direita, notam-se rochas expostas, cuja frequência é bastante comum na área pesquisada.

FIGURA 9. FLORESTA ABERTA COM PALMEIRAS



A Figura 10 mostra a formação do estrato superior da floresta, com presença de espécies caducifolias de abundante frequência na área do P.N.P.N. Os espaços entre as copas das árvores dão condições para a emergência de palmeiras.

FIGURA 10. ASPECTO DO ESTRATO SUPERIOR DA FLORESTA ABERTA



#### 4.1.3 Caracterização da tipologia savana

A tipologia savana ocorre sob as formas: (a) savana arbórea densa; (b) savana arbórea aberta e (c) parque de cerrado, totalizando 144.306,25 hectares, correspondendo a 18,87% da área do Parque Nacional de Pacaás Novos (P.N.P.N.), conforme pode-se observar na Tabela 2.

##### a) Savana Arbórea Densa:

Compreende uma área de 57.321,25 hectares, representando 7,48% da área levantada.

A fisionomia desta tipologia é formada por árvores de porte baixo, dispostas com certa densidade sem que no entanto as copas se toquem.

Sua ocorrência foi identificada a centro-oeste, centro e leste do P.N.P.N.. A centro-oeste ela reveste as formações em cristas cujas dissecações variam de muito fraca a forte. A maior representatividade desta tipologia ocorre na parte central do P.N.P.N., ao lado do parque de cerrado e expressivas manchas de savana arbórea aberta e floresta.

A Figura 11 mostra a savana arbórea densa ao fundo e, em primeiro plano, exposições rochosas onde há acúmulo de água durante a estação chuvosa. Observa-se também a presença de seixos espalhados sobre as rochas.

Na Figura 12 observa-se o contato entre a savana arbórea densa ao fundo e a savana arbórea aberta (em primeiro plano) com arbustos desfolhados, sobre tapete gramíneo ralo intercalados por exposições rochosas.

FIGURA 11. SAVANA ARBÓREA DENSA (AO FUNDO) E EXPOSIÇÕES  
ROCHOSAS DE FORMAÇÃO TABULAR ESTRUTURAL EM  
PRIMEIRO PLANO



FIGURA 12. SAVANA ARBÓREA DENSA (AO FUNDO) E SAVANA ARBÓREA ABERTA COM EXPOSIÇÕES ROCHOSAS EM PRIMEIRO PLANO



b) Savana Arbórea Aberta:

Ocupa 60.506,25 hectares, representando 7,91% da área do Parque Nacional de Pacaás Novos (P.N.P.N.).

Sua fisionomia é caracterizada pela presença de arbustos dispersos, esgalhados, tortuosos e desprovidos, em sua grande maioria, de folhas durante a estação seca. O solo é de pouca profundidade, recoberto por gramíneas e com frequência as rochas afloram à superfície.

A maior concentração dessa tipologia localiza-se a oeste, na Serra dos Pacaás Novos.

Na parte central do P.N.P.N. sua presença foi mapeada sob a forma de manchas ao lado do parque de cerrado e da savana arbórea densa. A leste, a savana arbórea aberta mistura-se com a savana arbórea densa intercaladas com floresta.

A Figura 13 mostra aspecto da savana arbórea aberta durante a estação seca, mesma época da cobertura do satélite Landsat, com arbustos desfolhados e gramíneas amareladas pela carência de água. Observa-se também exposições rochosas de tonalidade escura pela ação de musgos.

Na Figura 14 observa-se, em primeiro plano, a savana arbórea aberta com arbustos dispersos, tortuosos e desprovidos de folhas. O tapete gramíneo é formado por gramíneas altas, deixando em diversos locais o solo descoberto. Ao fundo nota-se a savana arbórea densa.

c) Parque de cerrado:

Fisionomicamente é formado por grandes extensões de gramíneas altas, com drenagem dendrítica de densidade média onde se instalam as florestas de galerias.

FIGURA 13. ASPECTO DA SAVANA ARBÓREA ABERTA COM EXPOSIÇÕES ROCHOSAS



FIGURA 14. SAVANA ARBÓREA ABERTA E AO FUNDO SAVANA AR-  
BÓREA DENSA



Sua presença foi observada na parte central, estendendo-se para norte e sul do P.N.P.N., totalizando uma área de 26.568,75 hectares, o que corresponden a 3,47% da área pesquisada.

Na Figura 15 observa-se um panorama do parque de cerrado, com os canais de drenagem apresentando vegetação mais densa e de porte médio, formando as florestas de galerias, sinuosas e relativamente estreitas.

FIGURA 15. ASPECTO DE UM PARQUE DE CERRADO COM FLORESTAS DE GALERIAS



#### 4.1.4 Representação das tipologias mapeadas, nas imagens Landsat-TM

A tonalidade dos alvos imageados pelo satélite Landsat, nas imagens coloridas, falsa cor, está em função do filtro utilizado durante o seu processamento. A intensidade da energia captada pelo sensor está na dependência da capacidade que esses alvos têm em refletir e absorver a energia eletromagnética incidente ou emitir sua própria energia.

A reflectância espectral da vegetação verde é completamente distinta e varia consideravelmente como uma função do comprimento de onda.

Na porção visível do espectro ( $0,38-0,72 \mu\text{m}$ ), os pigmentos das plantas, especialmente a clorofila, absorvem a maior parte da energia incidente sobre a vegetação. Há, porém, dentro dessa faixa espectral, entre as duas bandas de absorção da clorofila (aproximadamente  $0,45$  e  $0,65 \mu\text{m}$ ), o comprimento de onda verde (aproximadamente  $0,55 \mu\text{m}$ ) onde ocorre uma maior reflectância.

Na região do infravermelho próximo ( $0,72-1,3 \mu\text{m}$ ), a quantidade de energia refletida é em grande parte controlada pela estrutura interna da folha. Nesta região há pouca absorção, sendo quase toda energia refletida e/ou emitida pelas folhas.

Nas imagens Landsat utilizadas neste trabalho, composições coloridas (bandas 2, 3 e 4), infravermelhas, falsa cor, a vegetação é representada pela tonalidade vermelha.

A variação na intensidade do vermelho está em função do nível da energia refletida e ou emitida pela vegetação, sendo tanto mais claro quanto menor for a reflexão e emissão.

As tipologias mapeadas no Parque Nacional de Picaás Novos são representadas nas imagens trabalhadas, pelas tonalidades a seguir:

Vermelho claro - Floresta (Figuras 16, 17 e 18).

Vermelho escuro - Savana arbórea densa (Figuras 16, 17 e 18).

Escura (quase preta) - Savana arbórea aberta (Figura 17).

Azul escuro - Parque de cerrado (Figura 16 e 18).

Há, entre a vegetação da savana arbórea aberta, estressada por insuficiência hídrica, e o solo, cujos níveis de reflectância são semelhantes, uma interação na resposta espectral. Fato semelhante ocorre também com o parque de cerrado.

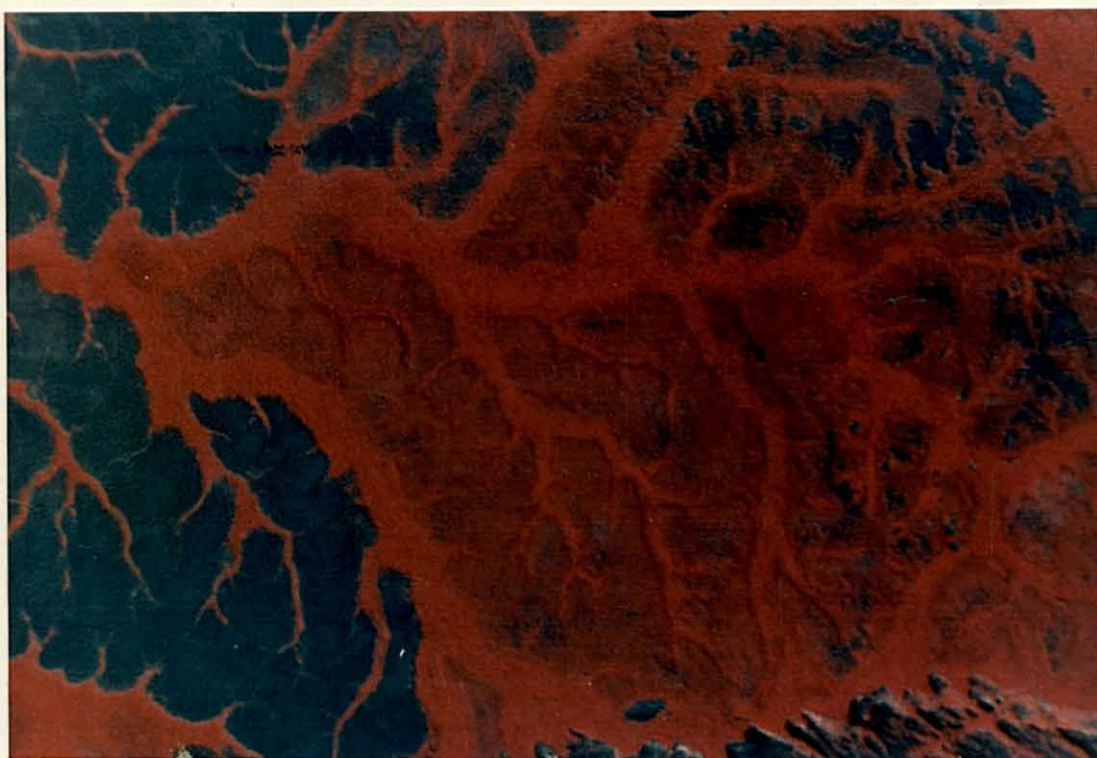
#### 4.1.5 Posição dos resultados no contexto dos levantamentos do Projeto RADAMBRASIL

O projeto RADAMBRASIL<sup>6</sup>, mapeou, além das classes tipológicas identificadas nesta pesquisa, a floresta densa. Este ambiente, no presente trabalho, não foi possível individualizar, considerando que ele ocorre em manchas, tendo sua resposta espectral muito semelhante à do ambiente circunvizinho, a floresta aberta.

Conforme comprovado no sobrevôo e nos trabalhos terrestres, a floresta aberta apresenta-se com grande ocorrência de palmeiras e, em áreas mais restritas, com cipós e bambus. Estas sub-formações não foram detectáveis nas imagens Landsat-TM.

Comparando os resultados desta pesquisa com os mapas de vegetação, pedológicos e geomorfológicos elaborados pelo projeto RADAMBRASIL, observou-se grande similaridade quanto à distribuição espacial e tipologias vegetais identificadas e mapeadas.

FIGURA 16. DETALHE DE UMA IMAGEM LANDSAT-TM, DESTACANDO  
A SAVANA ARBÓREA DENSA



Escala aproximada: 1:125.000

Legenda:




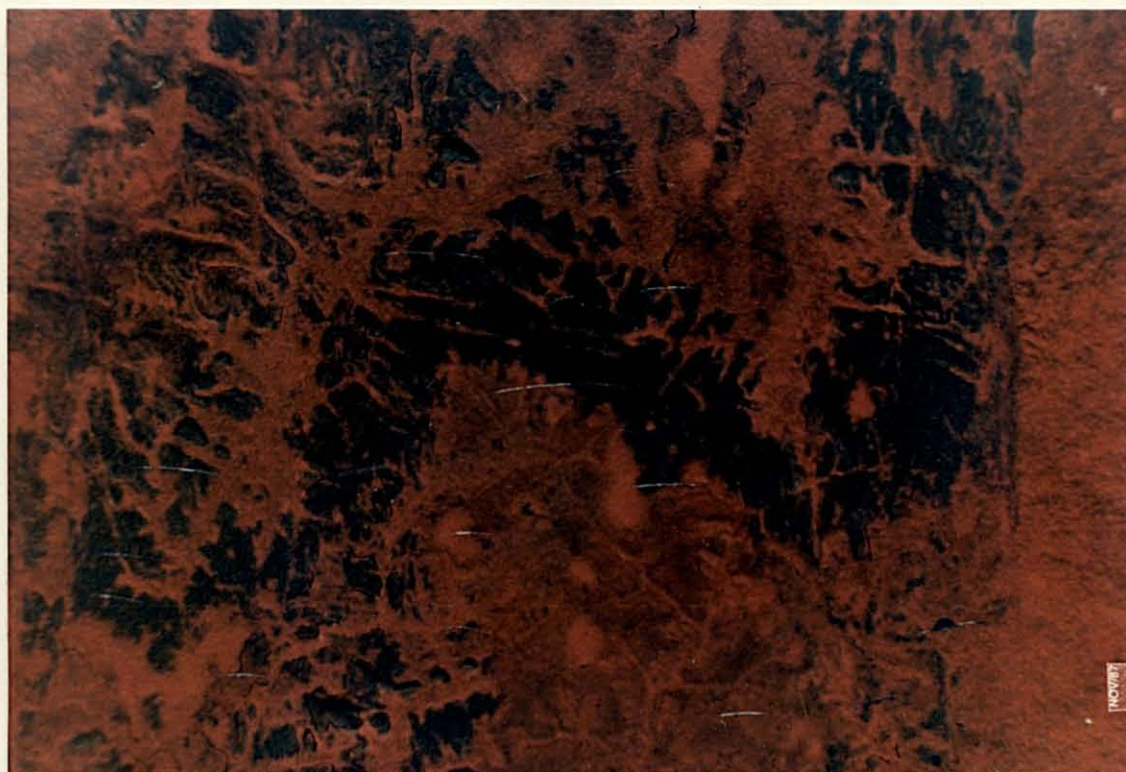
-  Floresta
-  Savana arbórea densa
-  Parque de cerrado

FIGURA 17. DETALHE DE UMA IMAGEM LANDSAT-TM, EVIDENCIANDO A SAVANA ARBÓREA ABERTA



Escala aproximada: 1:120.000

Legenda:




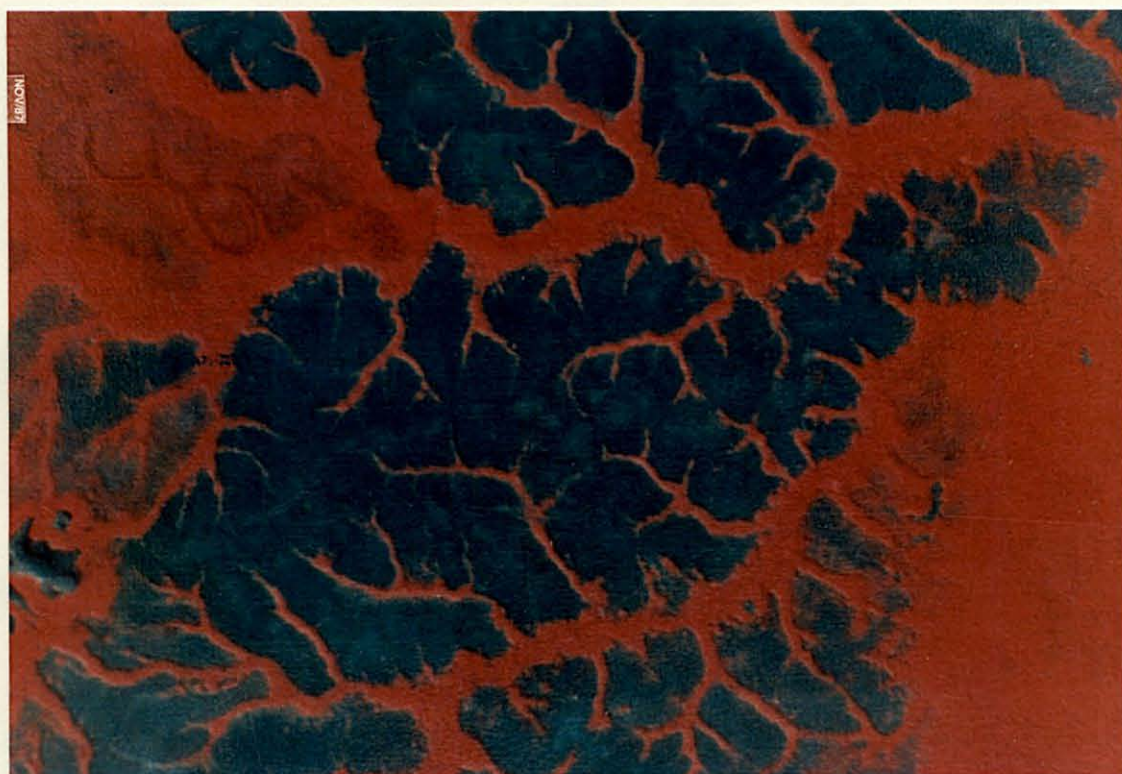
-  Floresta
-  Savana arbórea densa
-  Savana arbórea aberta

FIGURA 18. DETALHE DE UMA IMAGEM LANDSAT-TM, DESTACANDO  
O PARQUE DE CERRADO



Escala aproximada: 1:110.000

Legenda:




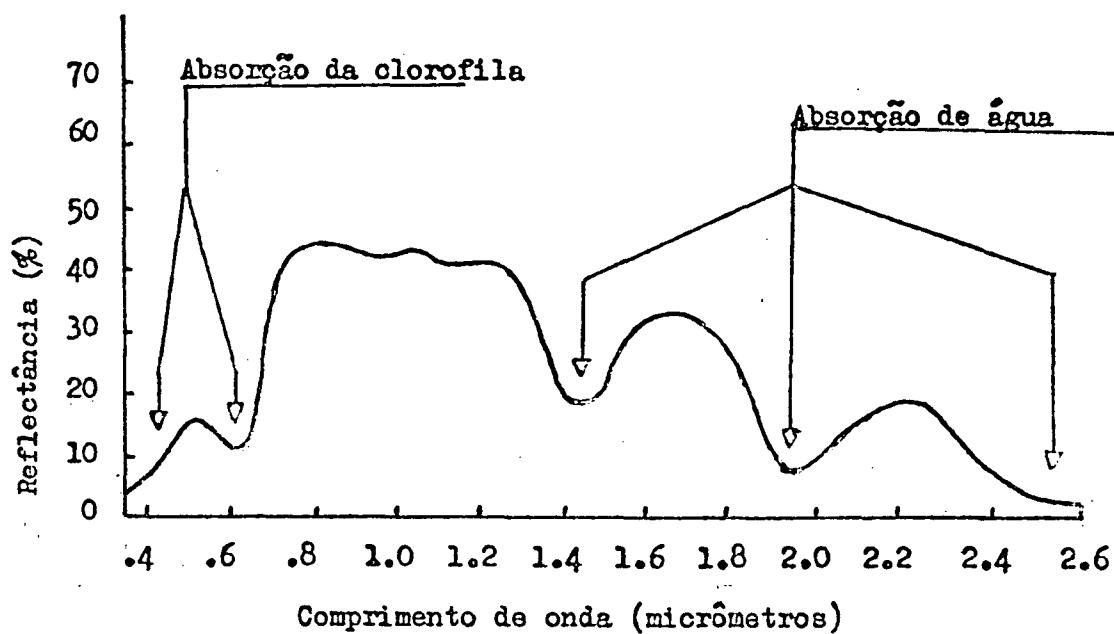
-  Floresta
-  Savana arbórea densa
-  Parque de cerrado

FIGURA 19. CURVA TÍPICA DE REFLECTÂNCIA ESPECTRAL DA VEGETAÇÃO VERDE E SADIA (Hoffer e Bauer)



← Visível → — Infravermelho Refletivo — → Região  
 Azul Verde Vermelho — I.V. Próximo — Infravermelho Médio — → espectral

Fatores dominantes controladores da reflectância:

← — — — — — →  
 Pigmentos das folhas | Estrutura celular | Conteúdo de água

Pelas fotos e observações tomadas durante o sobrevôo na área do Parque Nacional de Picaás Novos, notou-se que o tipo de cobertura ora se apresentava uniforme, ora irregular, com presença abundante de palmeiras, ipês e outras espécies caducifolias.

O estudo comparativo entre os resultados obtidos através desta pesquisa e os trabalhos executados pelo projeto RADAMBRASIL<sup>6</sup> também permitiu afirmar que a floresta do P.N.P.N. se assenta preponderantemente sobre solos podzólicos vermelho amarelo álico seguido do latossolo vermelho amarelo álico e da terra roxa estruturada distrófica, revestindo as colinas com dissecação variando de muito fraca a forte, interflúvios tabulares cujas dissecações variam de muito fraca a fraca e pequena área pediplanada. A savana arbórea densa tem como base de sustentação os solos litólicos distróficos que formam a superfície pediplanada, enquanto que nos afloramentos rochosos de formação geomorfológica tabular estrutural se assenta a savana arbórea aberta.

O parque de cerrado ocorre essencialmente sobre as areias quartzosas hidromórficas das superfícies pediplanadas.

#### 4.2 NÍVEL DE DETALHAMENTO DA INTERPRETAÇÃO VISUAL

As Figuras 20, 21 e 22 evidenciam de um modo prático e visual o nível de detalhes que se pode extrair de uma imagem Landsat-TM, composição colorida das bandas 2, 3 e 4, infravermelhas, na escala de 1:250.000, fazendo-se uso de técnicas da interpretação visual.

As figuras mostram, à esquerda, partes de imagem Landsat-TM e à direita suas respectivas interpretações visuais, tendo-se adotado as convenções conforme Tabela 3.

TABELA 3. CONVENÇÕES DE CORES

Classes tipológicas	Imagens TM	Interpretações
	Tonalidades	
Floresta	Vermelho claro	Ausência de cor
Savana arbórea densa	Vermelho escuro	Amarela
Savana arbórea aberta	Escuro	Vermelho
Parque de cerrado	Azul claro	Azul

Na Figura 20, conforme se pode observar, trata-se de uma área de mistura, situada a leste do Parque Nacional de Pacaás Novos (P.N.P.N.) onde predomina a savana arbórea aberta. Apesar de ser uma área que apresenta certa dificuldade na sua interpretação, em razão da interação reflectiva dos elementos formadores deste fitoambiente, pode-se notar uma grande similaridade entre os contornos e identificações dos ambientes na imagem Landsat-TM e a sua respectiva interpretação visual.

A Figura 21 focaliza uma área na Serra dos Pacaás Novos, a oeste do P.N.P.N.. A transição de uma classe tipológica para outra processa-se de forma gradual conforme pode-se notar pela suavidade com que se dá a mudança de tonalidade na imagem Landsat TM (à esquerda), o que leva à subjetividade na interpretação.

A Figura 22 enfoca uma área na parte central do P.N.P.N. onde pode-se visualizar todas as classes tipológicas identificadas na área de pesquisa. Na interpretação, à direita, nota-se com detalhes a rede de drenagem do parque de cerrado onde se

instalam as florestas de galerias e a delimitação das savanas arbórea densa e aberta, inclusive em suas pequenas áreas de ocorrência.

#### 4.3 PRECISÃO DA INTERPRETAÇÃO

##### 4.3.1 Precisão da interpretação nas áreas testes

Nas áreas testes foram realizados levantamentos da verdade - terrestres com as fotografias aéreas, para que pudessem ser comparados com os resultados das interpretações visuais das imagens TM falsa cor, composição colorida dos canais 2, 3 e 4.

Na Tabela 4 estão expressos os resultados dos levantamentos com as fotografias aéreas.

TABELA 4. RESULTADOS DOS LEVANTAMENTOS COM FOTOGRAFIAS AÉREAS

Tipologias	Áreas testes (ha)		
	1	2	3
Floresta	4480,78	2214,65	3134,52
Savana Arborea Densa	1385,71	1057,75	2875,18
Savana Arborea Aberta	4065,98	2920,46	-
Parque de Cerrado	-	249,77	4314,46

Na Tabela 5 estão dispostos os resultados da interpretação visual das imagens Landsat-TM.

FIGURA 20. PARTE DE UMA IMAGEM LANDSAT-TM (À ESQUERDA) E  
SUA INTERPRETAÇÃO VISUAL (À DIREITA)



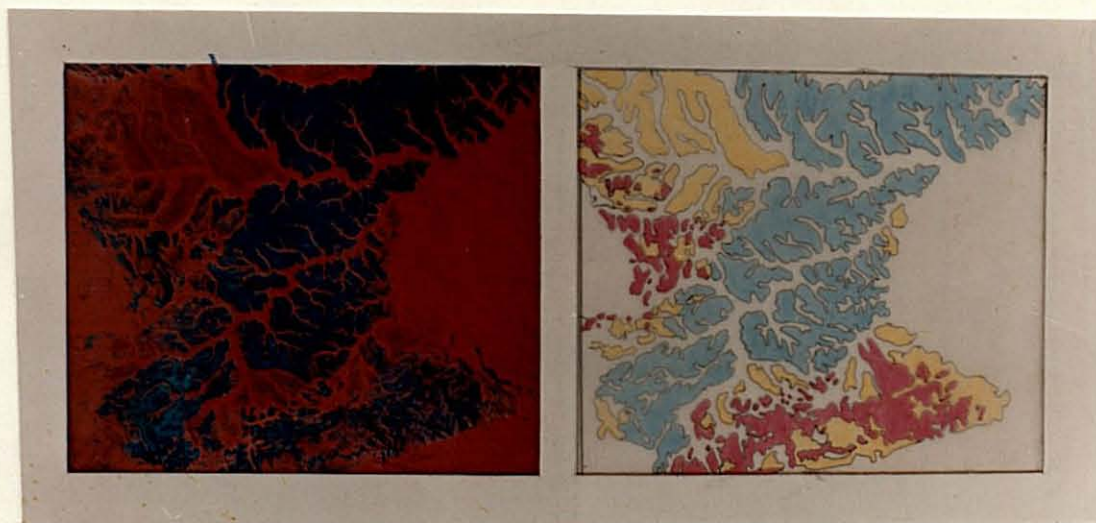
Legenda	na imagem Landsat-TM	na interpretação visual
Floresta		
Savana Arbórea densa		
Savana Arbórea aberta		

FIGURA 21. DETALHE DE UMA IMAGEM LANDSAT-TM E SUA INTERPRETAÇÃO VISUAL À DIREITA



Legenda	na imagem Landsat-TM	na interpretação visual
Floresta		
Savana Arbórea Densa		
Savana Arbórea Aberta		

FIGURA 22. DETALHE DE UMA IMAGEM LANDSAT-TM E SUA INTERPRETAÇÃO VISUAL À DIREITA



Legenda

na imagem Landsat-TM

na interpretação visual

Floresta



Savana Arbórea Densa



Savana Arbórea Aberta



Parque de Cerrado



TABELA 5. RESULTADOS DA INTERPRETAÇÃO VISUAL DAS IMAGENS  
LANDSAT-TM

Tipologias	Áreas testes (ha)		
Floresta	4656,02	2427,62	3522,24
Savana Arbórea Densa	1708,56	1365,05	3418,71
Savana Arbórea Aberta	3567,89	2453,76	-
Parque de Cerrado	-	196,20	3383,21

Na primeira área teste (Figura 23), com 9.932,47 ha, foram identificadas três fitofisionomias: floresta, savana arbórea e savana arbórea aberta.

Comparando-se visualmente os resultados da fotointerpretação das fotografias aéreas e interpretação visual das imagens Landsat-TM, verificou-se que em termos de identificação tipológica e distribuição espacial dos ambientes mapeados, há uma grande semelhança entre elas, porém, pode-se observar que na interpretação da imagem Landsat-TM algumas áreas não foram mapeadas ou foram englobadas como pertencentes a outra classe tipológica, devido às suas reduzidas dimensões.

Nota-se também que as linhas delimitantes daqueles ambientes, apesar de terem a mesma configuração, não são coincidentes, tendo em vista a subjetividade quando das suas interpretações.

A Tabela 6 apresenta os resultados referentes à precisão da interpretação visual em relação à verdade-terrestre na área teste 1.

A aplicação do teste da tabela de confusão na primeira área teste revelou que nas classes floresta e savana arbórea densa ocorreram comissões de 4% e 23% respectivamente, enquanto na savana arbórea aberta houve omissão de 12%.

FIGURA 23. INTERPRETAÇÃO VISUAL DE IMAGEM LANDSAT-TM (METADE SUPERIOR) E FOTOINTERPRETAÇÃO DE FOTOGRAFIA AÉREA (METADE INFERIOR) DE UMA MESMA ÁREA



Escala aproximada: 1:130.000

Legenda

- Floresta
- Savana arbórea densa
- Savana arbórea aberta

Localização: 11°21' a 11°27' de latitude Sul  
62°45' a 62°53' de longitude Oeste

TABELA 6. CÁLCULO DE PRECISÃO DA PRIMEIRA ÁREA TESTE, EM RELAÇÃO À VERDADE-TERRESTRE

Classes tipológicas	1                      2                      3			Verdade terrestre (ha)	Omissões	
	Áreas analisadas em cada classe (ha)				Nº (ha)	%
1. Floresta	4656,02			4480,78		
2. Savana Arborea Densa	1708,56			1385,71		
3. Savana Arborea Aberta				4065,98	498,09	12
Comissões	Nº	175,24	322,85			
	%	4	23			
Precisão de clas- sificação	%	96	77	88		

Isto significa dizer que nas interpretações visuais das imagens Landsat-TM, em relação à verdade terrestre, a classe floresta teve sua área de ocorrência aumentada em 175,24 ha e a savana arbórea densa em 322,85 ha, sendo a área da savana arbórea aberta reduzida em 498,09 ha.

A precisão de classificação foi de 96% para a floresta, 77% para a savana arbórea densa e 88% para a savana arbórea aberta.

As complementações percentuais nas classes floresta (4%) e savana arbórea densa (23%) representam os erros nas classificações, por acréscimos de áreas, enquanto que o erro na savana arbórea aberta (12%) ocorreu por redução de sua área.

Na segunda área teste (Figura 24), com 16.552,63 ha, foram identificadas quatro classes tipológicas: floresta, savana arbórea densa, savana arbórea aberta e parque de cerrado.

Conforme-se pode-se observar na Figura 24, há boa correlação visual entre a interpretação da imagem Landsat-TM e da fotografia aérea. As tipologias mapeadas são as mesmas e não apresentam grandes discrepâncias quanto às suas localizações. A principal diferença está nos contornos dos ambientes, pois na interpretação da imagem TM as delimitações entre tipologias vegetais é mais subjetiva do que nas fotografias aéreas.

Na Tabela 7 estão expressos os resultados da precisão da área 2.





O teste de precisão aplicado à segunda área teste (Tabela 7) mostrou que houve comissões de 10% e 29% respectivamente nas classes floresta e savana arbórea densa, sendo que as omissões ocorreram na savana arbórea aberta (16%) e parque de cerrado (21%).

FIGURA 24. INTERPRETAÇÃO VISUAL DE IMAGEM LANDSAT-TM (METADE SUPERIOR) E FOTOINTERPRETAÇÃO DE FOTOGRAFIA AÉREA (METADE INFERIOR) DE ÁREAS CORRESPONDENTES



Escala aproximada: 1:120.000

Legenda

-  Floresta
-  Savana arbórea densa
-  Savana arbórea aberta
-  Parque de cerrado

Localização: 11°07' a 11°12' de latitude Sul  
63°14' a 63°19' de longitude Oeste

TABELA 7. CÁLCULO DE PRECISÃO DA SEGUNDA ÁREA TESTE, EM RELAÇÃO À VERDADE-TERRESTRE

Classes tipológicas	Áreas analisadas em cada classe (ha)				Verdade terrestre (ha)	Omissões	
	1	2	3	4		Nº	%
1) Floresta	2427,62				2214,65		
2) Savana Arbórea Densa		1365,05			1057,75		
3) Savana Arbórea Aberta			2453,76		2920,46	466,70	16
4) Parque de cerrado				196,20	249,77	53,57	21
Comissões	Nº	212,97	307,30				
	%	10	29				
Precisão de classificação	%	90	71	84	79		

Essas comissões e omissões representam ganhos e perdas de áreas pelas tipologias florestais delimitadas nas imagens Landsat-TM através da interpretação visual, quando comparadas às verdades terrestres.

As classes floresta e savana arbórea densa tiveram suas áreas aumentadas em 212,97 ha e 307,30 ha, respectivamente, enquanto que na savana arbórea aberta e parque de cerrado verificaram-se decréscimos de 466,70 ha e 53,57 ha em suas áreas, respectivamente.

A precisão de classificação foi de 90% para a floresta, 71% para a savana arbórea densa, 84% para a savana arbórea aberta e 79% para o parque de cerrado.

As complementações percentuais (10%, 29%, 16% e 21%) observadas nas classes acima correspondem a erros na classificação daquelas tipologias, sendo que nas duas primeiras (floresta e savana arbórea densa) por aumento em suas respectivas áreas e nas duas últimas (savana arbórea aberta e parque de cerrado) por reduções em suas áreas de ocorrências.

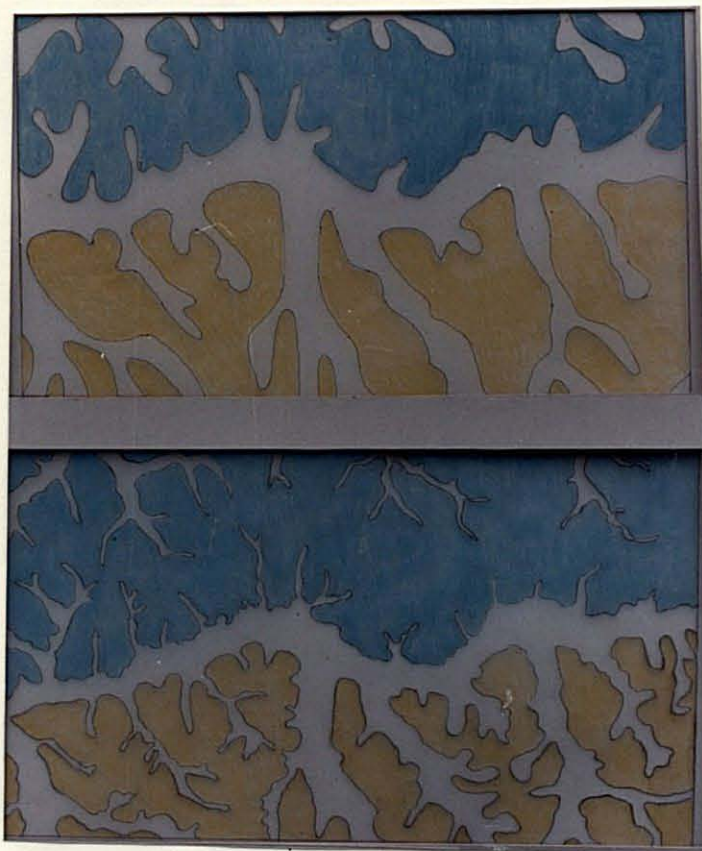
Na terceira área teste (Figura 25), com 10.324,16 ha, foram identificadas três tipologias distintas: floresta, savana arbórea densa e parque de cerrado.

Visualmente pode-se observar uma configuração geral bastante semelhante entre as duas interpretações.

Os detalhes da rede de drenagem, obtidos na fotointerpretação (metade inferior da figura 25), estão em função, principalmente, da visão estereoscópica e da escala das fotos (1:60.000).




A precisão da interpretação da área teste 3, está demonstrada na Tabela 8.

FIGURA 25. INTERPRETAÇÃO VISUAL DE IMAGEM LANDSAT-TM (METADE SUPERIOR) E FOTOINTERPRETAÇÃO DE FOTOGRAFIA AÉREA (METADE INFERIOR) DE UMA MESMA ÁREA



Escala aproximada: 1:135.000

Legenda

-  Floresta
-  Savana arbórea densa
-  Parque de cerrado

Localização: 11°21' a 11°26' de latitude Sul  
63°17' a 63°25' de longitude Oeste

TABELA 8. CÁLCULO DE PRECISÃO DA TERCEIRA ÁREA TESTE , EM RELAÇÃO À VERDADE-TERRESTRE

Classes tipológicas	1	2	3	Verdade terrestre (ha)	Omissões	
	Áreas analisadas em cada classe (ha)				Nº	ha
1) Floresta	3522,24			3134,52		
2) Savana Arbórea Densa		3418,71		2875,18		
3) Parque de cerrado			3383,28	4314,46	931,25	22
Comissões	Nº	387,72	543,53			
	%	12	19			
Precisão de classificação	%	88	81	78		

Com a aplicação do teste de precisão na terceira área teste (Tabela 8) observou-se que as comissões ocorreram nas classes floresta (12%) e na savana arbórea densa (19%), sendo a omissão verificada no parque de cerrado (22%).

Isto significa que nas interpretações visuais das imagens Landsat-TM, em relação à verdade terrestre, as classes floresta e savana arbórea densa tiveram suas áreas de ocorrências ampliadas em 387,72 ha e 543,52 ha, respectivamente, enquanto que a área do parque de cerrado foi reduzida em 931,26 ha.

A precisão de classificação foi de 88% para a floresta, 81% para a savana arbórea densa e 78% para o parque de cerrado.

As complementações percentuais (12%, 19% e 22%) observadas nas tipologias acima representam os erros nas classificações daquelas tipologias, sendo na classe floresta e na savana arbórea densa o erro ocasionado por superestimativa de área e na savana arbórea aberta por subestimativa de área.

#### 4.3.2 Precisão da interpretação extrapolada para a área do P.N.P.N.

A Tabela 9, extensiva a toda a área do Parque Nacional de Pacaás Novos (P.N.P.N.), mostra as precisões nas classificações e mapeamentos das classes tipológicas identificadas, que são: floresta, savana arbórea densa, savana arbórea aberta e parque de cerrado.

As classes floresta e savana arbórea densa apresentaram comissões de 8% e 22%, respectivamente, com precisões de 92% na classificação e 93% no mapeamento para a floresta e 78% e 85% para a savana arbórea densa.

TABELA 9. CÁLCULO DE PRECISÃO EXTRAPOLADA PARA A ÁREA DO P.N.P.N.

Classes tipológicas	1	2	3	4	Verdade terrestre (ha)	Omissões		Área total classificada (ha)
	Áreas analisadas em cada classe (ha)					Nº	%	
1) Floresta	10605,88				9829,95			620494,75
2) Savana Arbórea Densa		6492,31			5313,64			57231,25
3) Savana Arbórea Aberta			6021,65		6986,44	964,79	14	60506,25
4) Parque de cerrado				3579,40	4564,23	984,83	22	26568,75
Comissões	Nº	775,93	1173,67					
	%	8	22					
Precisão de classificação	%	92	78	86	78			
Precisão de mapeamento	%	93	85	86	78			

Isto significa que nas interpretações visuais das imagens Landsat-TM, em relação à verdade terrestre, as áreas ocupadas pelas floresta e savana arbórea densa foram acrescidas de 775,93 ha e 1173,67 ha, ocasionando erros, por superestimativas de áreas, na precisão de classificação, de 8% para a floresta e de 22% para a savana arbórea densa.

Esses aumentos de áreas da floresta e da savana arbórea densa provocaram deslocamentos das suas áreas de ocorrência, gerando precisões de mapeamento de 93% para a floresta e de 85% para a savana arbórea densa. Isto quer dizer que, em relação à verdade terrestre, a localização da floresta sobre o mapa está deslocada em 7% e a savana arbórea densa em 15%.

Nas classes savana arbórea aberta e parque de cerrado ocorreram omissões de 14% e 22%, respectivamente, com a classe savana arbórea aberta apresentando precisão de 86% na sua classificação e mapeamento e o parque de cerrado 78% para esses mesmos testes.

Isto equivale afirmar que nas interpretações visuais das imagens Landsat-TM, em relação à verdade terrestre, a savana arbórea aberta teve sua área reduzida em 964,79 ha e o parque de cerrado em 984,83 ha, gerando erros de precisão de classificação, por subestimativas de áreas, de 14% para a savana arbórea aberta e de 22% para o parque de cerrado.

Essas reduções de áreas nas duas tipologias acima mencionadas ocasionaram seus deslocamentos que resultaram em precisões de mapeamento de 86% e 78% para as classes savana arbórea aberta e parque de cerrado, respectivamente. Isto significa que essas tipologias estão deslocadas 14% (savana arbórea aberta) e 22% (parque de cerrado) sobre o mapa, em relação à verdade terrestre.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base no material utilizado e conseqüentemente nos resultados obtidos e discussões efetuadas foi possível concluir:

1 Para trabalhos onde não é exigido grande grau de detalhamento, como nos inventários florestais a nível de reconhecimento, as imagens Landsat-TM, composições coloridas infravermelhas, nas bandas 2, 3 e 4, em escala de 1:250.000, são plenamente viáveis para levantamentos das tipologias florestais nativas da Amazônia, utilizando-se técnicas de interpretação visual;

2 Com a aplicação do teste de precisão, verificou-se que existe tendência em superestimar as áreas com classes tipológicas mais densas, como floresta e savana arbórea densa e a subestimar as áreas com classes de vegetação menos densas, como por exemplo a savana arbórea aberta e parque de cerrado. A explicação para tal fato é que as tipologias menos densas ocorreram dispersas pelo P.N.P.N., frequentemente em pequenas áreas, o que tornam difícil o mapeamento de suas ocorrências, sendo então englobadas como tipologias mais densas.

3 O nível das omissões e comissões observadas se deram principalmente em razão da escala empregada (1:250.000), tendo em vista que algumas feições tipológicas menos densas e

muitas vezes restritas à pequenas áreas não delimitáveis, foram englobadas como feições tipológicas mais densas;

4 A abrangência de grandes áreas por uma só imagem possibilita maior acerto nos trabalhos de estratificações, uma vez que essa visão sinóptica proporciona formações de padrões para imagens individuais que nem sempre são produzidas dentro de condições idênticas, o que pode gerar tonalidades e texturas fotográficas diferentes para um mesmo alvo em imagens distintas;

5 A composição colorida das bandas 2, 3 e 4 do mapeador temático (TM), quando vista através de luminárias com lentes, proporciona idéia de profundidade nos ambientes onde há uma diferença brusca de altura dos alvos, como nas áreas de parque de cerrado entre as florestas de galerias e o tapete gramíneo e entre a floresta e uma exposição rochosa ou área de ação antrópica, ou mesmo quando ocorre uma mudança repentina e acentuada no nível do terreno. Isto se deve, em parte, às diferentes texturas fotográficas existentes entre os diferentes temas em análise.

6 Dentro dos limites do Parque Nacional de Pacaás Novos não se detectou nenhuma área de ação antrópica com a interpretação visual das imagens Landsat-TM.

Tendo em vista as conclusões descritas é possível recomendar:

1 O uso de imagens Landsat-TM, mesmo para trabalhos que exijam detalhes mais apropriados, com a finalidade de selecio-

nar áreas onde se deve proceder estudos mais detalhados, diminuindo-se assim a necessidade do uso de produtos de sensores remotos com maior resolução espacial, o que reduzirá os custos do projeto;

2 A execução de trabalhos de estratificações, visando minimizar a tendenciosidade em subestimar as áreas com vegetação menos densa e superestimar aquelas com vegetação mais densa, usando-se imagens Landsat-TM com escalas maiores até o ponto em que viessem a reduzir ao máximo aquelas tendências, sem implicar em grandes distorções das imagens;

3 A utilização de imagens de outras épocas é do processo de interpretação digital para que informações adicionais e complementares possam ser obtidas.

## SUMMARY

The objective of this study was to test efficiency of Landsat TM-5 color composite images, in bands 2, 3 and 4, scale 1:250.000, for the stratification of native forests in the Amazon region. The study area was located in the Pacaãs Novos National Park, State of Rondonia. Using the technique of visual interpretation, four different forest types were mapped, bring forest, dense savanna, open savanna and parkland savanna. To test the precision of the calculations a confusion table was constructed and for ground truth, black and white infrared aerial photographs, scale 1:60.000, were used. Although this study showed up that some bias have occurred, the precision test revealed that the products and methodology used in this research are useful for this kind of survey, mainly when higher levels of detail are not required.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABSY, M.L. & HAMMER, Th.V. Some palaeocological data from Rondônia, Southern part of Amazon Basin. Acta Amazônica, 6(3): 293-300, 1976.
2. ANDERSON, P.S. Fundamentos para fotointerpretação. Brasília, Universidade de Brasília, 1982. v.1.
3. AOKI, H. & SANTOS, J.R. Estudo da vegetação do cerrado na área de Distrito Federal, a partir de dados orbitais. São José dos Campos, 1982. Dissertação. Mestrado. Instituto de Pesquisas Espaciais.
4. AZEVEDO, L.G. *et alii*. Avaliação de imagens LANDSAT na estratificação e avaliação dos recursos naturais da região dos cerrados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2., Brasília, 1982. Anais. São José dos Campos, INPE, 1982. p. 821-24.
5. BEREMBUEM, A. *et alii*. Estudos para formulação de políticas de desenvolvimento do setor florestal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2., Brasília, 1982. Anais. São José dos Campos, INPE, 1982. p. 825-32.
6. BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radambrasil. Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro, 1978. v.16; p. 413-562.
7. BRAGA, P.I.S. Sub-divisão fitogeográfica, tipos de vegetação, conservação e inventário florístico da floresta amazônica. Acta Amazônica, 9(4): 53-80, 1979.
8. CANAS, A.A.D. & BARNETT, M.E. The generation and interpretation of false colour principal component images. Int. J. Remote Sensing, 6(6): 867-81, 1985.
9. CARNEIRO, C.M.R. Planimetric and Thematic Mapper potential of LANDSAT MSS imagery for integrated surveys of South Brazilian natural resource. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY, 14., Hamburg, 1982. Proceedings. 8 p. (mimeografado).

10. FLEMING, M.D. & HOFFER, R.M. Machine processing of LANDSAT MSS data and DMA topographic data for forest cover type mapping. LARS technical report 062879. Purdue University, West Lafayette, Indiana, 1979. 44 p.
11. FORSHAUW, H.R.B. *et alii*. Spectral resolution of remotely sensed imagery. Int. J. Remote Sensing, 4(3): 497-520, 1983.
12. HOFFER, R.M. & BAUER, M.E. Spectral interrelationships between vegetation and soil background. In: PLENARY MEETING OF THE COMITEE ON SPACE RESEARCH, 23., Budapest, 1980. 18 p.
13. HORLER, D.N.H. & AHERN, F.J. Forestry information of Thematic Mapper data. Int. J. Remote Sensing, 7(3): 405-28, 1986.
14. INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL & SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA. Relatório nº 2. Belém, IBDF/SUDAM, 1982. 57 p.
15. \_\_\_\_\_. & INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. Relatório do projeto desmatamento (Amazônia brasileira). Brasília, IBDF/INPE, 1980. 44 p.
16. INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. Considerações básicas sobre a metodologia da interpretação visual de imagens LANDSAT. São José dos Campos, 1978. 10 p. (mimeografado).
17. KALENSKY, Z.D. Accuracy of land use and vegetation mapping from digital remote sensing data. In: INTERNATIONAL TRAINING COURSE ON SMALL-SCALE. Remote sensing applications to Assist Rural Development. Feldafing, FRG, 1985. 9 p. (mimeografado).
18. OWE, M. & ORMSBY, J.P. Improved classification of small scale urban watersheds using Thematic Mapper Simulator data. Int. J. Remote Sensing, 5(5): 761-70, 1984.

19. PANDOLFO, C. Amazônia brasileira e suas potencialidades. Belém, Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia, 1979. 61 p.
20. \_\_\_\_\_. A realidade amazônica. Belém, Superintendência da Amazônia, 1973. p. 17-18.
21. RANZANI, G. Recursos pedológicos da Amazônia. Acta Amazônica, 9(4): p. 23-35, 1979.
22. ROY, P.S. *et alii*. Forest type stratification and delineation of shifting cultivation areas in the eastern Arunachal Pradesh using LANDSAT MSS data. Int. J. Remote Sensing, 6(3/4): 411-18, 1985.
23. SAHAI, B. *et alii*. Land-use survey of Idukki district. Int. J. Remote Sensing, 6(3/4): 507-15, 1985.
24. SANTOS, J.R. & PINTO, J.H.D. Análise de utilização dos produtos LANDSAT no monitoramento de parques nacionais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2., Brasília, 1982. Anais. São José dos Campos, INPE, 1982. p. 793-98.
25. TOWNSHEND, J.R.G. *et alii*. Preliminary analyses of LANDSAT-4 Thematic Mapper products. Int. J. Remote Sensing, 4(4): 817-28, 1983.
26. TOWNSHEND, J.R.G. Agricultural land-cover discrimination using Thematic Mapper spectral bands. Int. J. Remote Sensing, 5(4): 681-98, 1984.
27. TUCKER, C.J. A comparison of satellite sensor bands for vegetation monitoring. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 44(2): 1369-80, 1978.
28. \_\_\_\_\_. & JUSTICE, C.O. Thematic Mapper Simulator data. Int. J. Remote Sensing, 2(1): 783-85, 1981.