



PALAVRAS CHAVES/KEY WORDS

AUTORES
AUTHORS

PANTANAL
PARQUES NACIONAIS
FISIONOMIA VEGETAL

AUTORIZADA POR/AUTHORIZED BY

Roberto Pereira da Cunha
Dir. de Sens. Rem.

AUTOR RESPONSÁVEL
RESPONSIBLE AUTHOR

Flávio Jorge Ponzoni
Flávio Jorge Ponzoni

DISTRIBUIÇÃO/DISTRIBUTION

INTERNA / INTERNAL
 EXTERNA / EXTERNAL
 RESTRITA / RESTRICTED

REVISADA POR / REVISED BY

Antonio Roberto Formaggio
Antonio Roberto Formaggio

CDU/UDC

528.711.7:634.0.43(817)

DATA / DATE

Maio, 1989

TÍTULO/TITLE	PUBLICAÇÃO Nº PUBLICATION NO	INPE-4809-RPE/589
	A FISIONOMIA DA COBERTURA VEGETAL DO PARQUE NACIONAL DO PANTANAL MATO GROSSENSE: UMA ANÁLISE TEMPORAL	
AUTORES/AUTHORSHIP	Flávio Jorge Ponzoni Pedro Hernandez Filho Marisa Terezinha Pereira* Cirineu Jorge Lorensi*	

ORIGEM
ORIGIN

DPA

PROJETO
PROJECT

VEGPAN

Nº DE PAG.
NO OF PAGES

61

ULTIMA PAG.
LAST PAGE

C.2

VERSÃO
VERSION

Nº DE MAPAS
NO OF MAPS

2

RESUMO - NOTAS / ABSTRACT - NOTES

Imagens orbitais TM/LANDSAT e fotografias aéreas 35mm foram utilizadas no mapeamento fisionômico da cobertura vegetal do Parque Nacional do Pantanal Mato-Grossense (PNPM). Foram avaliadas as limitações e potencialidades desses produtos com vistas à escolha do sistema de classificação da vegetação a ser adotado em ambientes semelhantes ao do PNPM, considerando dois períodos sazonais - seco e de cheias. A variação do nível d'água e sua influência sobre as fisionomias identificadas foram quantificadas através da análise de informações provindas da interpretação visual e digital dos dados contidos nas imagens.

OBSERVAÇÕES / REMARKS

* Engenheiros Florestais do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF).

ABSTRACT

TM/LANDSAT and 35mm aerial photographs were utilized in the physiognomic mapping of Pantanal Mato-Grossense National Park (PNPM) vegetation cover. Two seasonal periods - dry and wet - were considered in the evaluation of the constraints and opportunities of these products in order to choose the vegetation classification system which could be applied in similar PNPM environments. Through both visual interpretation and digital processing the water level variation and influence in the vegetation physiognomies identified were quantified.

AGRADECIMENTOS

À Diretoria Técnica da Fundação Estadual de Meio Ambiente do Mato Grosso (FEMA/MT), Srta. Cátia Nunes da Cunha pelas valiosas in formações fornecidas sobre a vegetação da região.

Ao Engº Florestal Edi Fernando do Nascimento, da Delega-
cia Regional do IBDF (Cuiabá) pela dedicação, sugestões e orientações.

Aos guardas florestais Benjamin e Tadeu, responsáveis pe-
la vigilância do PNPM, que com simplicidade e dedicação não mediram es
forços no apoio à missão de campo realizada neste trabalho.

Ao Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal
(IBDF) que foi o patrocinador e principal motivador deste trabalho.

E ao Engº Florestal José Simeão de Medeiros, do INPE,
que foi o proponente deste projeto.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	<i>vii</i>
LISTA DE TABELAS	<i>ix</i>
1. <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2. <u>MATERIAL E MÉTODOS</u>	2
2.1 - O pantanal e a área de estudo	2
2.2 - Imagens orbitais e cartas topográficas	7
2.3 - Interpretação visual e fotografias aéreas 35mm	8
2.4 - Critérios de elaboração dos mapas de vegetação	10
2.5 - Processamento digital	12
3. <u>RESULTADOS E DISCUSSÕES</u>	14
3.1 - Interpretação visual	14
3.2 - Processamento digital	27
3.3 - Resultados x objetivos propostos	34
3.3.1 - Sensoriamento remoto em domínios fitogeográficos pouco estudados	35
3.3.2 - Produtos TM e a definição de sistemas de classificação da vegetação	35
3.3.3 - Sazonalidade e o desempenho dos produtos TM	38
3.3.4 - As necessidades do programa de monitoramento da cobertura do IBDF (PMCF/IBDF)	39
4. <u>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</u>	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
APÊNDICE A - LOCALIZAÇÃO DO PARQUE NACIONAL DO PANTANAL MATO-GROSSENSE	
APÊNDICE B - MAPA DE VEGETAÇÃO DO PARQUE NACIONAL DO PANTANAL MATO-GROSSENSE E ADJACÊNCIAS - PERÍODO SECO	
APÊNDICE C - MAPA DE VEGETAÇÃO DO PARQUE NACIONAL DO PANTANAL MATO-GROSSENSE E ADJACÊNCIAS - PERÍODO DE CHEIAS	

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1 - Áreas do Pantanal sujeitas a grau, tipo e intensidade diferente de inundações	3
2 - Sub-divisão do Pantanal proposta por Allem e Valls (Allem e Valls, 1987)	4
3 - Províncias e zonas de transição do Pantanal. Adamoli (1987)	5
4 - Localização do PNPM no Pantanal. Silva (1985)	6
5 - Exemplo de um módulo com os pontos seleccionados para aerolevantamento	9
6 - Esquema do procedimento empregado no cálculo das áreas inalteradas, realizado no SGI (INPE)	14
7 - Fotografia aérea vertical (filme 35mm) de área de Campo Inundado	17
8 - Fotografia aérea vertical (filme 35mm) de área de Campo Úmido	17
9 - Fotografia aérea vertical (filme 35mm) de área de Campo ..	18
10 - Fotografia aérea vertical (filme 35mm) de área de vegetação Arbóreo-arbustivo	19
11 - Fotografia aérea vertical (filme 35mm) de área de vegetação Arbóreo-baixo	19
12 - Fotografia aérea vertical (filme 35mm) de área de vegetação Arbóreo	19
13 - Mapa fisionômico da vegetação do PNPM e adjacências correspondente ao período seco	20
14 - Dinâmica de um mesmo ponto no terreno fotografado em períodos sazonais distintos. Foto superior mostra área de campo no período seco. Foto inferior mostra a mesma área no período de cheias	22
15 - Dinâmica de um mesmo ponto no terreno fotografado em períodos sazonais distintos. Foto superior mostra uma "baía" ao lado do rio Paraguai que apresenta água turva. Foto inferior mostra a mesma área no período de cheias. Note que o rio Paraguai foi totalmente tomado por macrófitas	23
16 - Mapa fisionômico da vegetação do PNPM e adjacências correspondente ao período de cheias	24
17 - Distribuições das classes identificadas através da classificação digital - período seco	28
18 - Distribuições das classes identificadas pela classificação digital - período de cheias	29

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
1 - Relação das imagens TM/Landsat adquiridas	7
2 - Relação das cartas topográficas adquiridas	7
3 - Resultados quantitativos (área em ha) das unidades de vegetação contidas no PNPM	25
4 - Resultados quantitativos (área-ha) de ambos os períodos extraídos da classificação digital	30
5 - Resultados quantitativos (área-ha) da dinâmica da cena extraídos através da aplicação do sistema de informações geográficas do INPE	32

1. INTRODUÇÃO

A arte de representar cartograficamente a vegetação (mapeamento) constitui a aplicação dos chamados Sistemas de Classificação da vegetação que por sua vez fundamentam-se em aspectos fisionômicos florísticos, ecológicos e na combinação destes. A adoção de um destes aspectos define o Sistema considerado de forma que, se forem adotados os aspectos fisionômicos da vegetação, o Sistema será Fisionômico, os florísticos, o Sistema será Florístico e assim por diante. Tal adoção está intimamente relacionada aos objetivos ou propostas às quais o mapa final deverá atender, ao nível de conhecimento que se dispõe da vegetação ou área estudada, a disponibilidade de recursos financeiros, etc (Küchler, 1967).

Produtos de sensoriamento remoto tais como imagens orbitais (sensores eletro-óticos), imagens de radar e fotografias aéreas tem sido amplamente usadas em trabalhos de mapeamento e o conhecimento de suas características influi na adoção do Sistema de classificação da vegetação uma vez que limitam a quantidade e qualidade dos dados provenientes desta. Considerando somente os produtos orbitais, mais especificamente as imagens do sensor Thematic Mapper dos satélites Landsat (TM/Landsat), os trabalhos de mapeamento de vegetação contam com seis bandas espectrais, uma resolução espacial de 30m e uma resolução temporal de 16 dias que ainda não foram amplamente exploradas, tendo sido concluídos alguns trabalhos dessa natureza em áreas de reflorestamento, cerrado e floresta tropical (Amazônia). Restam alguns domínios fitogeográficos existentes em território nacional passíveis de serem estudados através destes produtos.

Cientes desta necessidade, os pesquisadores do Grupo de Florestas do Departamento de Pesquisas e Aplicações em Sensoriamento Remoto do Instituto de Pesquisas Espaciais (DPA/INPE), têm procurado conduzir trabalhos em regiões de interesse nacional ainda pouco estudadas à luz das técnicas de sensoriamento remoto. O Pantanal Matogrossense é um exemplo destas regiões, destacando-se o trabalho de Silva (1985) que elaborou o mapeamento das formações vegetais e da variação

da lâmina d'água em parte do Parque Nacional do Pantanal Matogrossense (PNPM) e adjacências, através de técnicas de sensoriamento remoto, como um trabalho pioneiro. O autor utilizou imagens do sensor Multispectral Scanner System (MSS) das satélites da série Landsat para o mapeamento das formações vegetais de sua área de estudo.

O trabalho aqui apresentado foi proposto em comum acordo com os interesses do Programa de Monitoramento da Cobertura Florestal do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (PMCF/IBDF), que buscava não só o conhecimento sobre as características da vegetação do PNPM como também a situação da área em duas épocas distintas do ano, sendo uma referente a época seca e outra a de cheias. Estas informações seriam de grande valia num estudo de ampliação dos limites da área do PNPM e até no estabelecimento de seu plano diretor. Por parte do Grupo de Florestas do DPA/INPE buscava-se a avaliação dos produtos TM/Landsat na identificação de unidades de vegetação em condições sazonais extremas, a definição dos parâmetros da vegetação passíveis de serem identificados através dos produtos TM/Landsat, parâmetros estes que definem a adoção do Sistema de Classificação da vegetação no processo de mapeamento, a aplicação de critérios internacionalmente adotados na representação cartográfica da vegetação e a avaliação de fotografias aéreas tomadas a partir de filmes 35mm como dados auxiliares na interpretação de imagens orbitais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - O PANTANAL E A ÁREA DE ESTUDO

Segundo a descrição geral proposta por Adamoli (1982), o Pantanal é formado por um conjunto de grandes planícies deprimidas e leques aluviais e se situa quase que inteiramente em território brasileiro, a sudoeste de Mato Grosso e a noroeste do Mato Grosso do Sul. Segundo o mesmo autor, ocupa uma área de aproximadamente 139.111km², o que representa 35% da superfície total da alta bacia do Rio Paraguai. As características morfogênicas dessas planícies e as características hidrológicas anuais determinam a ocorrência de áreas onde o fenôme

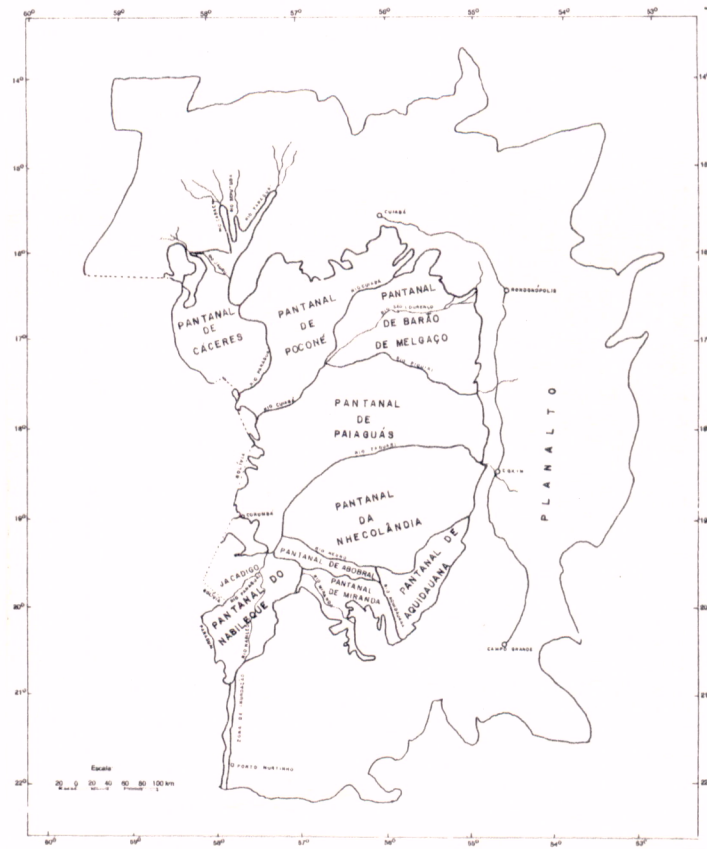


Fig. 2 - Sub-divisão do Pantanal proposta por Allem e Valls (Allem e Valls, 1987).

Sob o ponto de vista de sua cobertura vegetal, Adamoli (1982) menciona que o Pantanal constitui uma encruzilhada fitogeográfica de primeira magnitude. Ali convergem quatro das mais importantes províncias fitogeográficas do continente: Floresta Amazônica, Cerrado, Chaco e Floresta Atlântica (Cabrera, 1973). A Figura 3 ilustra os limites das áreas de ocorrência dessas províncias e das zonas de transição (Adamoli, 1987).

A influência da província Amazônica é exercida principalmente, através de várzeas e matas de galeria do rio Paraguai, geograficamente localizada a noroeste de sua alta bacia. A província de Cerrado ocupa a maior superfície da bacia superior do rio Paraguai, sendo que espécies lenhosas do Cerrado aparecem próximo às escarpas cobrindo cerca de 75% da superfície do solo (Adamoli, 1987). A província do Chaco se manifesta ao sul e a oeste do Pantanal, abrangendo

toda a área de planície situada a oeste da serra da Bodoquena e à margem esquerda do rio Paraguai. Caracteriza-se por apresentar florestas, desenvolvidas nas zonas possuidoras de drenagem moderada, e savanas de carandazal em planícies com drenagem deficiente. Finalmente, a província Atlântica manifesta sua influência florística principalmente a sudeste e ao sul do Pantanal, com a presença de florestas e campos numa área de transição com o Cerrado.

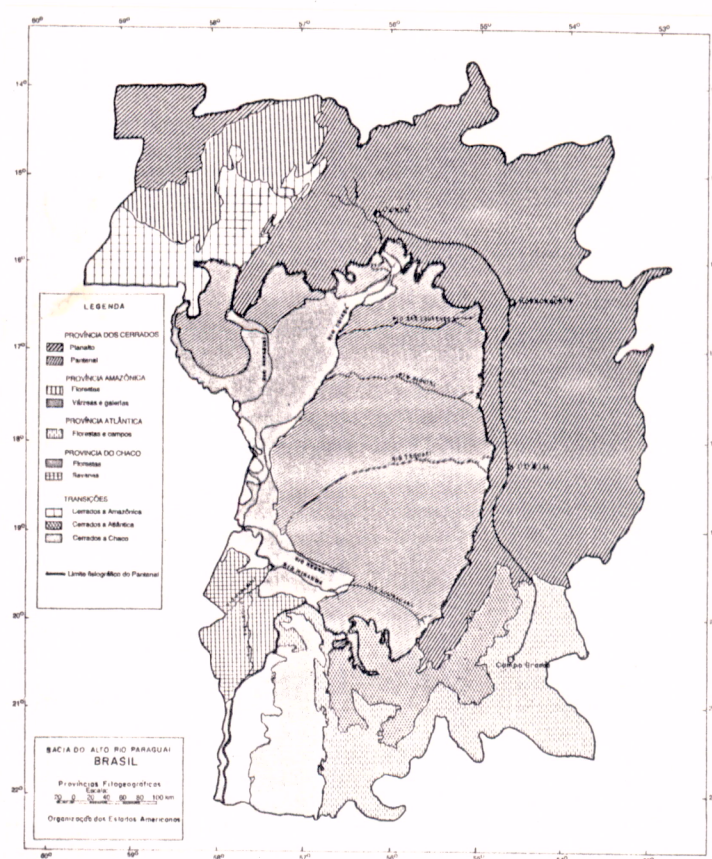


Fig. 3 - Províncias e zonas de transição do Pantanal. Adamoli (1987).

Diante da importância ecológica do Pantanal Heck e Jorge (1970) propuseram ao IBDF a criação de dois tipos de reservas naturais: O Parque Nacional do Pantanal Matogrossense e a Reserva Biológica do Caracarã. Mais recentemente, mediante o Decreto-Lei nº 86.392, de 24 de setembro de 1981, foi criado na região do Caracarã, inserida entre os "pantanais" de Cáceres e Poconé, o Parque Nacional do Pantanal Matogrossense (PNPM) com uma área de aproximadamente 135.000ha. A Figura 4 ilustra a localização do PNPM no Pantanal.

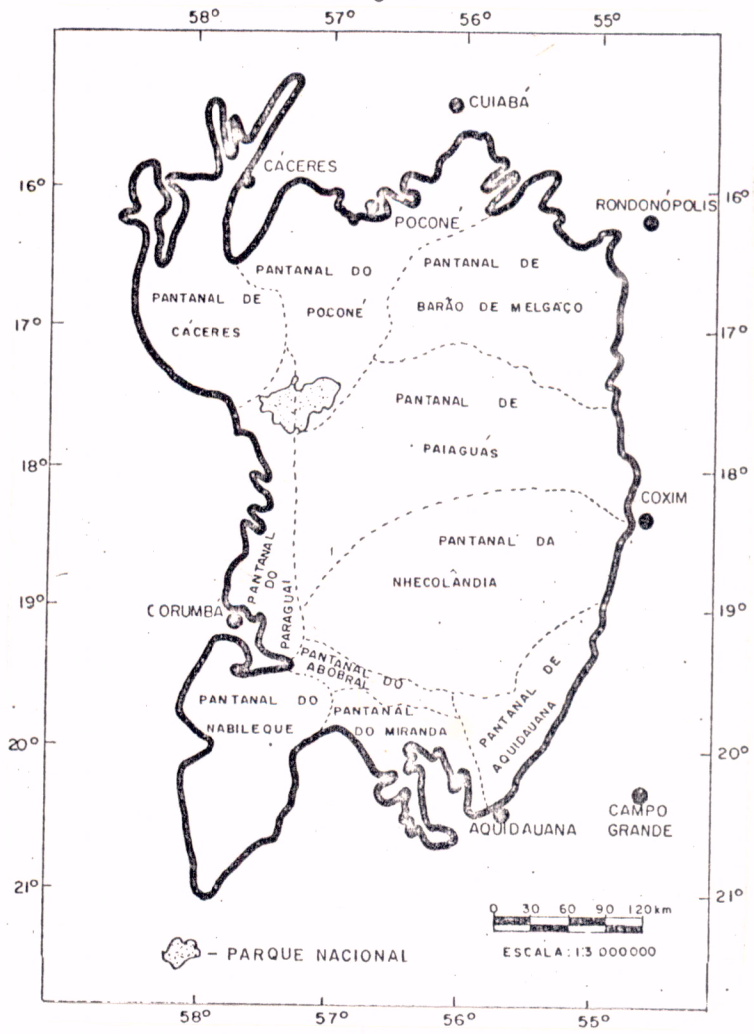


Fig. 4 - Localização do PNPM no Pantanal. Silva (1985).

Uma rápida análise nas figuras anteriores permite verificar que a área do PNPM está inserida numa região de inundação generalizada, de altura média a alta e duração longa a média; ainda situa-se, no Pantanal de Poconé e numa área cuja província vegetal predominante é a Amazônica. Segundo Allem e Valls (1987) os elementos da vegetação amazônica ocorrem em menor frequência neste Pantanal de Poconé do que o registrado para o Pantanal de Cáceres. Os campos são compostos por campos sujos e, em menor proporção, por campos limpos. Em sobrevôo, o Pantanal de Poconé mostra espécies lenhosas de cerrado próximas umas das outras, assemelhando-se ao escrube. O rio Paraguai é o divisor natural entre este dois "Pantanais" e a região do Caracará está situada no extremo sul de ambos, na embocadura deste rio com o rio Cuiabá, caracterizando-se pelo grande número de lagoas e cursos d'água. A fisionomia vegetal predominante nesta região é a de campos limpos (Allem e Valls, 1987).

2.2 - IMAGENS ORBITAIS E CARTAS TOPOGRÁFICAS

As imagens orbitais TM/Landsat foram selecionadas tentando do cobrir toda a área do PNPM e também parte de suas adjacências, uma vez que o conhecimento sobre os ambientes vizinhos ao PNPM seria fundamental em estudos de ampliação de seus limites. Por se tratar de um estudo temporal, a seleção de imagens foi direcionada no sentido de se adquirir imagens de duas épocas distintas do ano, sendo uma referente ao período seco e outra referente ao período de cheias. A Tabela 1 apresenta uma relação das imagens adquiridas, incluindo suas respectivas formas de apresentação.

TABELA 1

RELAÇÃO DAS IMAGENS TM/LANDSAT ADQUIRIDAS

ÓRBITA/PONTO	DATA	PERÍODO	FORMA DE APR.	BANDAS TM	ESCALA
227/72E	02/11/86	Seco	Papel (PxB)	3,4,5	1:100.000
227/72X+	02/11/86	Seco	Papel (PxB)	3,4,5	1:100.000
227/72E	02/11/86	Seco	Fita CCT	1,2,3,4,5 e 7	
227/72E	11/04/87	Cheias	Papel (PxB)	3,4,5	1:100.000
227/72X+	11/04/87	Cheias	Papel (PxB)	3,4,5	1:100.000
227/72E	11/04/87	Cheias	Fita CCT	1,2,3,4,5 e 7	

Também foram adquiridas cartas topográficas na escala 1:100.000, confeccionadas pela Diretoria de Serviço Geográfico (DSG), que abrangiam a área de estudo. A Tabela 2 apresenta uma relação destas cartas.

TABELA 2

RELAÇÃO DAS CARTAS TOPOGRÁFICAS ADQUIRIDAS

FOLHA	TÍTULO	MI
SE.21.-V-D-III	Porto Conceição	2320
SE.21 -V-D-V	Morraria da Insua	2357
SE.21 -V-D-VI	Morro do Campo	2358

2.3 - INTERPRETAÇÃO VISUAL E FOTOGRAFIAS AÉREAS 35mm

Através do sistema analisador de imagens multiespectrais Image-100 do INPE, as imagens sob forma digital (fitas CCT) correspondentes ao período seco foram avaliadas visualmente. A escolha do período se deve ao fato de que aproximava-se a data para realização do trabalho de campo referente a este período, e a primeira missão de aerolevantamento. Os limites do PNPM foram definidos com o auxílio de um mapa reduzido fornecido pelo IBDF, o qual encontra-se no Apêndice A, e pelo processamento do programa TRAÇO (ENGESPAÇO, 1988) implementado no sistema Image-100. Foram testadas várias composições coloridas constituídas por um triplete de bandas no sentido de identificar aquela que apresentasse uma melhor distinção visual entre os temas. Uma vez identificada a melhor composição colorida, 4 módulos de forma quadrada, com 15km de lado (no terreno), foram selecionados de forma a contem todos os padrões de tonalidade, cor e textura identificada em toda a imagem, ou seja, foram selecionados quatro módulos representativos de toda a imagem. Estes módulos foram fotografados da tela do equipamento e as fotografias resultantes permitiram localizar e traçar os módulos sobre as cartas topográficas e sobre as imagens em papel correspondentes também ao período seco. Dentro de cada um dos módulos desenhados sobre as imagens em papel, foram selecionados alguns pontos representativos dos padrões de tonalidade existentes em seu interior, os quais não foram marcados diretamente sobre a imagem e sim sobre uma transparência que permitiu a transposição destes pontos aos módulos desenhados sobre as cartas topográficas. A Figura 5 mostra um módulo, no interior do qual encontram-se os pontos selecionados.

Seguiu-se a primeira missão de aerolevantamento utilizando filmes 35mm (colorido normal) Ektachrome que teve como objetivo fotografar verticalmente os pontos selecionados no interior de cada módulo. Nesta missão foram utilizadas uma aeronave do tipo Regente (U-42) e um suporte para câmara fotográfica terrestre especialmente desenhado para a aeronave em questão, que permitiu a tomada vertical de fotografias. As fotografias foram tomadas a uma altitude média de 900m, o que implicou numa escala aproximada de 1:21.000 nos diapositivos. Durante

os sobrevôos foram tomadas também fotografias oblíquas (panorâmicas) com o objetivo de complementar os dados para a fase de interpretação visual das imagens orbitais. As cartas topográficas e as imagens orbitais foram utilizadas para a navegação aérea durante a missão de aerolevanteamento. Após a realização desta missão foi tentado o acesso a alguns pontos via terrestre através de um trabalho de campo.

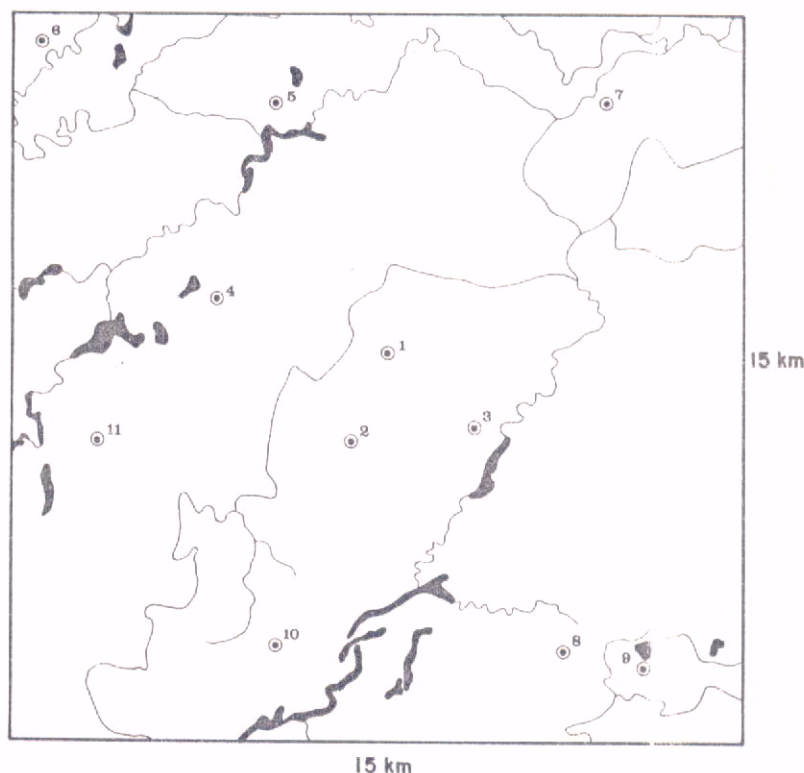


Fig. 5 - Exemplo de um módulo com os pontos selecionados para aerolevanteamento.

Em posse de todas as fotografias e de alguns dados coletados a nível de campo, seguiu-se a interpretação visual das imagens orbitais. Para tanto, uma base transparente contendo os limites do PNPM e a hidrologia, foi confeccionada em papel Terkron 50 a partir das cartas topográficas e do mapa da localização do PNPM fornecido pelo IBDF (Apêndice A). Esta base continha também a grade apre

sentada pelas cartas topográficas que definiu quadrículas de 2km de lado (2cm nas cartas) que serviram como unidades de sistematização da interpretação visual. A base transparente foi colocada sobre a imagem e cada quadrícula foi interpretada individualmente procurando-se ajustar a hidrografia ou outros acidentes naturais contidos na base com os elementos correspondentes contidos na imagem. Este procedimento foi adotado para minimizar possíveis distorções espaciais presentes nas imagens. A legenda final foi elaborada com o auxílio das fotografias aéreas 35mm, e um estereoscópio de espelho e uma barra de paralaxe foram utilizados na estimativa das alturas médias dos dosséis das fisionomias arbóreas, e desta fase de interpretação visual foi produzido um mapa fisionômico da cobertura vegetal do PNPM e adjacências correspondente ao período seco.

No período de cheias uma nova missão de aerolevanteamento foi conduzida, agora com a aeronave do INPE, um Bandeirantes EMB-110, a mesma câmara fotográfica e o mesmo filme Ektachrome. Os mesmos pontos dos mesmos módulos foram fotografados com o objetivo de registrar as alterações ocorridas em cada um deles em decorrência da variação do nível d'água na região. De maneira geral as fotografias foram tomadas a uma altitude ligeiramente superior a da missão anterior (aproximadamente 1200m). Através do mesmo procedimento mencionado foi confeccionado um segundo mapa fisionômico do PNPM e adjacências, agora correspondente ao período de cheias.

2.4 - CRITÉRIOS DE ELABORAÇÃO DOS MAPAS DE VEGETAÇÃO

Uma vez definidos os parâmetros observáveis da vegetação nas imagens, definição esta auxiliada pelos dados contidos nas fotografias aéreas 35mm, foi estabelecido o sistema de classificação a ser adotado na elaboração dos mapas. A representação das unidades de vegetação foi feita de duas formas diferentes, ou seja, para cada período do ano considerado (seco e de cheias) foram confeccionados dois mapas iguais no que se refere à informação nele contida, mas apresentados de forma diferente. Numa das formas foi usado o critério de cores a serem

atribuídas às unidades de vegetação. Küchler (1967) menciona que um novo mundo é aberto quando se utiliza cores em mapas de vegetação. Elas existem em grande variedade, são facilmente distinguíveis e podem ser usadas monocromaticamente ou em padrões, em combinações e permitem a superimpressão de símbolos que podem ou não ser coloridos. Vários autores têm tentado usar as cores segundo critérios pré-estabelecidos, apesar destas terem sido utilizadas em mapas de vegetação de forma desordenada. Emberger e Moliner (1955), citados por Küchler (1967), tentaram dar à sua seleção de cores uma forte fundamentação de forma que comunidades de plantas floristicamente relacionadas eram mostradas com cores relacionadas. Rubel (1916), citado por Küchler (1967), sugeriu que as cores devem ser escolhidas de forma a imitar a cor real da vegetação. Principalmente no que se refere aos sistemas de classificação florísticos e florísticos-ecológicos, as cores são amplamente usadas segundo uma infinidade de critérios. Küchler (1967) discute amplamente o assunto em seu Capítulo 9 (padrões, cores e símbolos). O mesmo autor considera que o método mais avançado e refinado para a seleção de cores é o proposto por Gaussen. A originalidade de seu método consiste em dar valores ecológicos às cores: azul representa umidade, preto representa sombreamento, etc. Através de uma bem conduzida seleção de cores, torna-se possível apresentar numa forma cartográfica uma noção da complexidade dos fatores ecológicos existentes numa dada área. Na elaboração dos mapas de vegetação deste trabalho foi perseguida esta seleção de cores proposta por Gaussen.

A outra forma de representação das unidades de vegetação considerada neste trabalho foram as hachuras. Küchler (1967) menciona que as hachuras podem ser arrancadas de tal forma a propiciarem tonalidades diferentes de cinza, porém salienta que o número de possibilidades é bastante restrito quando comparado com a utilização de cores. As tonalidades diferentes podem aqui também representarem feições diferentes da vegetação ou até mesmo de fatores ambientais. Geralmente a utilização de hachuras dificulta a inclusão de símbolos e/ou nomenclaturas nos mapas, porém facilitam o processo de reprodução.

Foram adotadas as normas cartográficas de um mapeamento não-sistemático na forma de apresentação final dos mapas de vegetação elaboradas neste trabalho.

Uma vez elaboradas os dois mapas, procedeu-se à quantificação em área das unidades fisionômicas de vegetação contidas exclusivamente no interior do PNPM a qual foi conduzida através da utilização de papel milimetrado e o reticulado da base cartográfica, composta por quadrículas de 2cm de lado, correspondentes a 2km no terreno. Uma quadrícula de mesmas dimensões foi demarcada sob o papel milimetrado e a quantificação das unidades foi feita quadrícula a quadrícula do reticulado, cobrindo toda a área do PNPM.

2.5 - PROCESSAMENTO DIGITAL

Nesta etapa foram utilizados dois equipamentos de processamento digital de imagens: o Analisador de Imagens Multiespectrais (Image-100) e o Sistema Interativo de Tratamento de Imagens (SITIM), ambos instalados no laboratório de Tratamento de Imagens Digitais do INPE (LTID/INPE).

No sistema Image-100 um módulo comum às imagens dos dois períodos considerados (seco e de cheias) foi selecionado de forma a abranger toda a área do PNPM disponível e parte de suas adjacências. Seguiu-se a operação de registro das imagens dos dois períodos, considerando a imagem do período seco como referência. Primeiramente foi feito um ajuste visual de forma a coincidir o máximo possível as duas imagens (período seco e de cheias), seguido da aplicação de um polinômio de 1º grau que aprimorou a superposição.

A imagem referente a banda TM3 do período de cheias apresentou um problema denominado "striping", que se manifesta sob a forma de listras ou conjunto de listras de tonalidade geralmente clara que interfere no processo de classificação. Esta imagem foi então submetida a um procedimento de "filtragem" com o objetivo de atenuar o problema. Foram geradas duas imagens índices, resultantes da divi

são da banda TM4 pela banda TM3, relativas aos dois períodos respectivamente, com o objetivo de realçar os dados relativos à cobertura vegetal da área contida no módulo. As imagens do período seco, relativas às bandas TM1, TM2, TM3, TM4, TM5, TM7 e a razão TM4/TM3 foram submetidas ao processo de seleção de atributos com o objetivo de se identificar o triplete de bandas mais relevantes para serem considerados no processo de classificação digital. O mesmo procedimento foi aplicado às imagens do período de cheias.

Uma vez identificados os respectivos tripletos de bandas, seguiu-se a classificação digital das cenas, utilizando o algoritmo de Maximaverossimilhança (ENGESPAÇO, 1988). As imagens ditas classificadas foram gravadas na forma VIDFIT, em fita magnética, uma vez que esta é a forma compatível para leitura no sistema SITIM aonde foram utilizados alguns procedimentos do Sistema de Informações Geográficas (INPE/DPI; 1987), implementado neste sistema, visando à quantificação das classes identificadas considerando os períodos seco e de cheias individualmente e as variações temporais dessas áreas, procurando identificar quanto de cada classe foi alterado, em que foi alterado e quanto não sofreu alteração. Antes de se procederem a essas quantificações, os dados das imagens gravados na forma VIDFIT tiveram de ser submetidos ao processamento de um programa computacional especialmente elaborado para compatibilizar os critérios de iluminação dos "pixels" do sistema Imagem-100 com os do sistema SITIM. No primeiro os "pixels" podem assumir oito valores distintos relacionados com a exponenciação 2^n , incluindo o valor 0 (zero), ou seja: 0, 1, 2, 4, 8, 16, 32 e 64; enquanto que no segundo os valores recíprocos são: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Cada um destes representa uma classe distinta, sendo apresentados visualmente através de cores. O programa desenvolvido visou substituir os valores das classes geradas no sistema Image-100 para seus respectivos valores compatíveis ao sistema SITIM. As novas imagens resultantes - uma referente ao período de seca e outra ao de cheias - foram gravadas em disco flexível de 5" para posterior utilização no Sistema de Informações Geográficas, as quais foram tratadas como dois planos de dados. Em seguida procedeu-se à quantificação mencionada. A Figura 6 ilustra esquematicamente como se procedeu à quantificação das áreas das classes não alteradas.

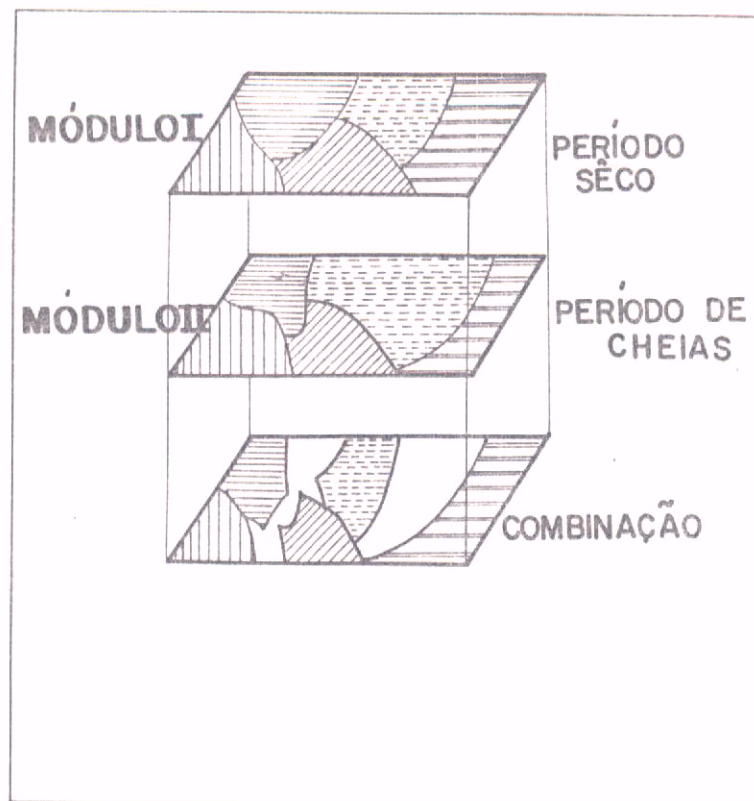


Fig. 6 - Esquema do procedimento empregado no cálculo das áreas inundadas, realizado no SGI (INPE).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 - INTERPRETAÇÃO VISUAL

Como mencionado na seção 2.3, a interpretação visual das imagens orbitais foi auxiliada por fotografias aéreas - verticais e oblíquas - tomadas com filmes 35mm colorido normal (Ektachrome) de pontos pré-selecionados do terreno dentro dos módulos quadrados de 15km de lado.

Na primeira missão de aerolevanteamento (período seco), os módulos foram lançados sobre a imagem da banda TM5, uma vez que esta apresentava uma maior diversidade de tons de cinza. A interpretação das fotografias revelou a ocorrência de quatro fisionomias vegetais dominantes na área do PNPM e suas adjacências: herbácea, arbóreo-arbustiva, arbóreo-baixa e arbóreo. As formações herbáceas ocorrem

sob a forma de campos que puderam ser diferenciados entre si pela maior ou menor quantidade de água (umidade) no solo. Foram então identificados os chamados: Campo inundado, Campo úmido e Campo, sendo o primeiro constituído por plantas de porte herbáceo parcialmente imersas numa lâmina d'água permanente, o segundo constituído igualmente por plantas do mesmo porte, no qual a lâmina d'água não era visível, e finalmente o terceiro que também é constituído por plantas herbáceas instaladas num ambiente sensivelmente mais seco que os anteriores. As Figuras 7, 8 e 9 se referem a três das fotografias aéreas verticais que mostram estes ambientes no período seco do ano.

As demais fisionomias deram origem às classes Arbóreo-arbustivo, Arbóreo-baixo e Arbóreo que foram diferenciadas entre si pelo porte dos elementos vegetais integrantes, porte este que foi estimado em altura através do uso da barra de paralaxe, conforme descrito na Seção 2.3. Os elementos vegetais constituintes da classe Arbóreo-arbustivo possuíam uma altura média estimada de $\pm 6m$; os elementos da Arbóreo-baixo possuíam $\pm 8m$ e finalmente os da classe Arbóreo, uma altura média estimada de $\pm 12m$. As Figuras 10, 11 e 12 ilustram estas classes através de fotografias aéreas também verticais.

Além destas seis classes foi identificada uma sétima classe referente ao espelho d'água, que foi denominada simplesmente "Água".

Como foi mencionado na Seção 2.4, o critério adotado na escolha das cores a serem atribuídas às classes na sua representação cartográfica foi o sugerido por Gaussens. Para as classes referentes às fisionomias herbáceas foram atribuídas tonalidades diferentes de azul, estando estas associadas aos diferentes "níveis" de umidade do ambiente. Assim a classe Campo inundado foi atribuída a tonalidade mais escura de azul disponível; a classe Campo úmido, uma tonalidade intermediária entre esta e a atribuída a classe Campo, que foi a mais clara. Segundo esta linha de raciocínio, a classe Água deveria ser atribuída uma tonalidade mais escura que as demais citadas, contudo isso não foi feito devido ao fato de que, mesmo em se tratando do período seco do ano, a área do PNPM apresenta uma predominância de locais alagados,

baías, corichos e rios aonde o espelho d'água é visível, e a adoção de tonalidades escuras causaria um problema de estética na apresentação final do mapa de vegetação. Sendo assim a classe Água não foi atribuída tonalidade alguma, porque acreditava-se ser esta a forma menos problemática sob ponto de vista estético.

A interpretação das imagens do período seco foi conduzida sobre a imagem da banda TM5 (227/72E e 227/72x+, passagem 02/11/86) que, como já foi mencionado, apresentava uma maior diversidade de tons de cinza. A banda TM4 foi usada somente para confirmar a real ocorrência de formações vegetais em pontos ou áreas onde surgiam dúvidas. Nesta imagem não foi possível a distinção entre as fisionomias arbóreas com a mesma facilidade com que puderam ser distintas na imagem da banda TM5. Durante o sobrevôo na área de estudo foi constatado que a imagem da banda TM5 apresentou uma melhor correlação entre os padrões dos tons de cinza e as feições da vegetação existente no terreno. Isso pode ser confirmado através da interpretação das fotografias aéreas tomadas na área. A imagem da banda TM3 mostrou-se ineficiente para a operação de mapeamento da vegetação da área de estudo, uma vez que esta não apresentou distinção satisfatória entre as classes, sendo quase que inteiramente constituída por tons escuros e conseqüentemente por um baixo contraste. Convém salientar que esta imagem permitiu a observação de tons distintos nos espelhos d'água, relacionados, provavelmente, com diferentes quantidades de sedimentos presentes em rios, baías e corichos. Este dado não foi considerado no âmbito deste trabalho. Nenhuma das imagens permitiu a identificação de água sob as fisionomias arbóreas, uma vez que as copas, mesmo de arbustos, impedem essa identificação que tem uma importância muito grande para os produtores agropecuários da região que, com frequência, necessitam conhecer a área inundada de suas propriedades. Através de contatos pessoais com técnicos do Centro de Pesquisas Agropecuárias do Pantanal da EMBRAPA (CPAP/EMBRAPA) foi salientada a importância de se estabelecer uma correlação entre o nível de água medido nos rios, a nível de campo, e a área que estaria inundada. De acordo com os resultados deste trabalho, ao nível ao qual foi proposto (metodologias, material e equipamentos), a identificação da água localizada abaixo da vegetação não foi possível.

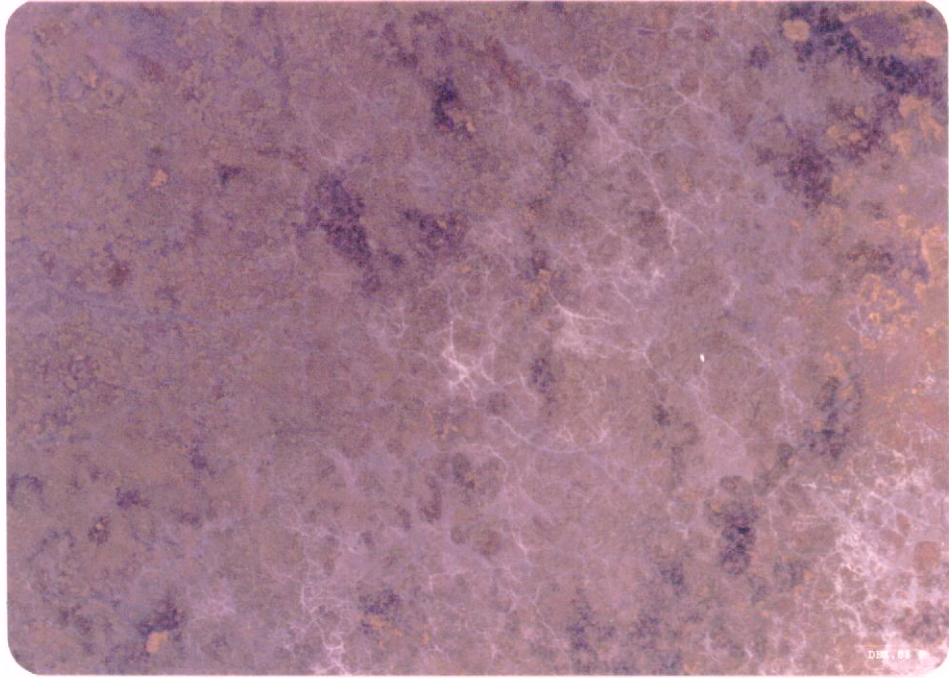


Fig. 7 - Fotografia aérea vertical (filme 35mm) de área de Campo Inundado.

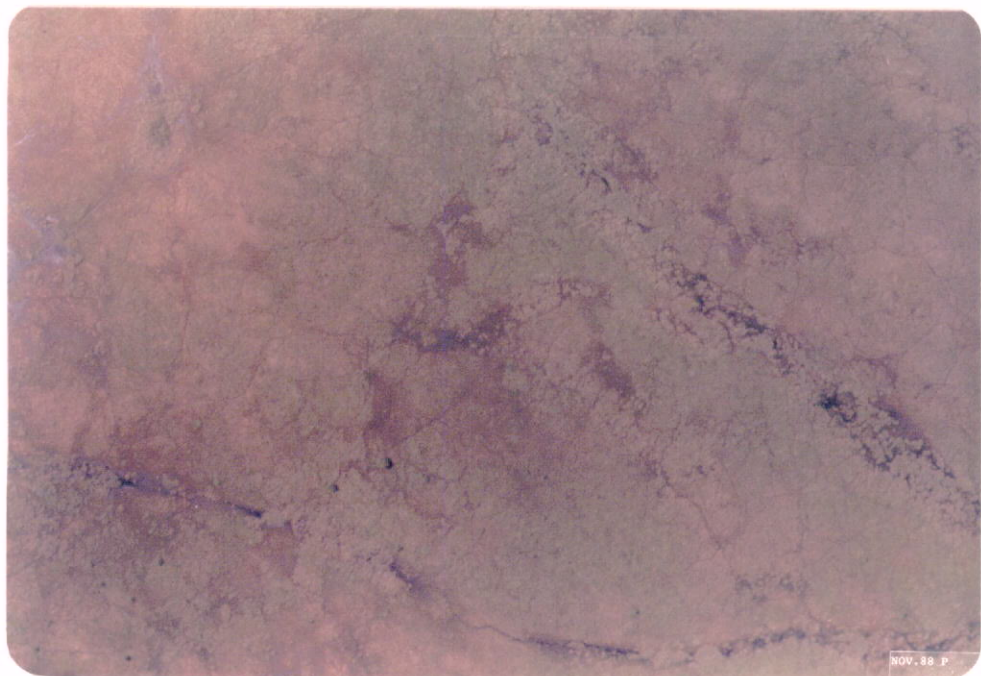


Fig. 8 - Fotografia aérea vertical (filme 35mm) de área de Campo Úmido.

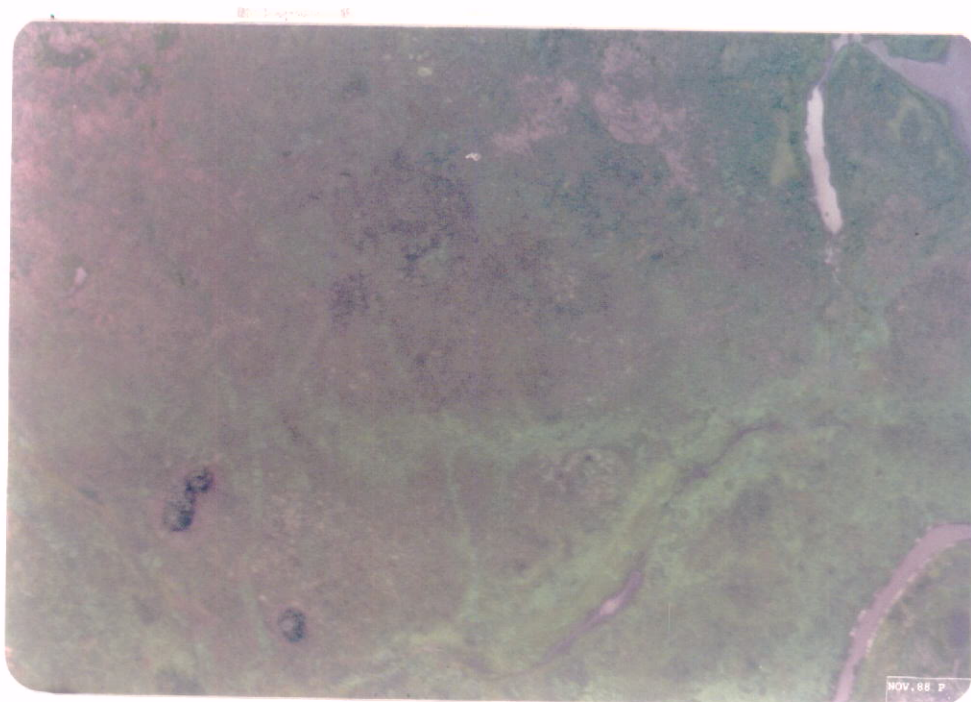


Fig. 9 - Fotografia aérea vertical (filme 35mm) de área de Campo.



Fig. 10 - Fotografia aérea vertical (filme 35mm) de área de vegetação Arbóreo-arbustivo.

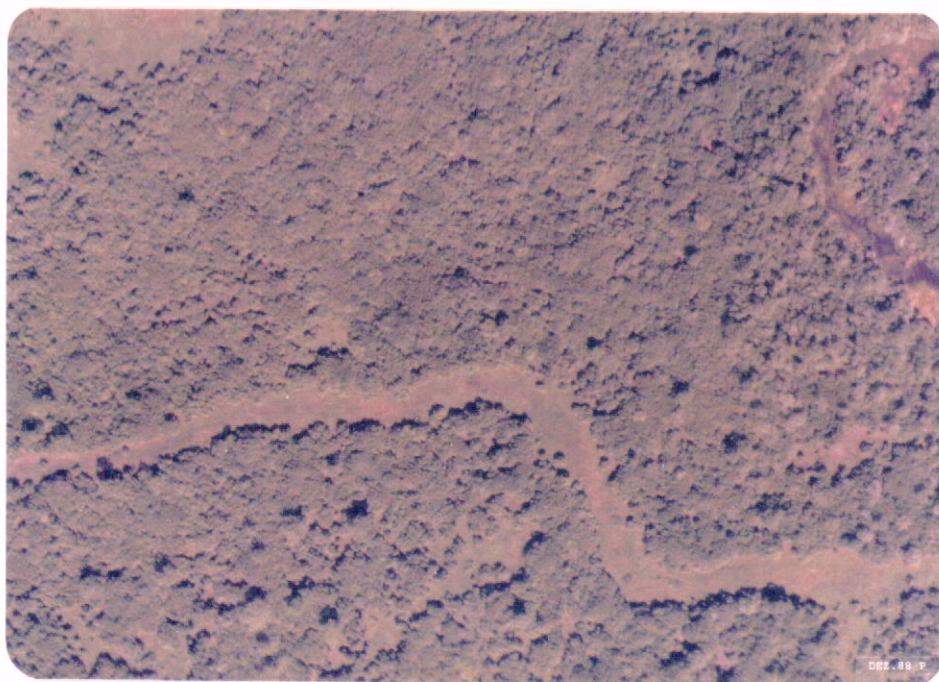


Fig. 11 - Fotografia aérea vertical (filme 35mm) de área de vegetação Arbóreo-baixo.



Fig. 12 - Fotografia aérea vertical (filme 35mm) de área de vegetação Arbóreo.

A Figura 13 ilustra o mapa fisionômico da vegetação do PNPM e adjacências.

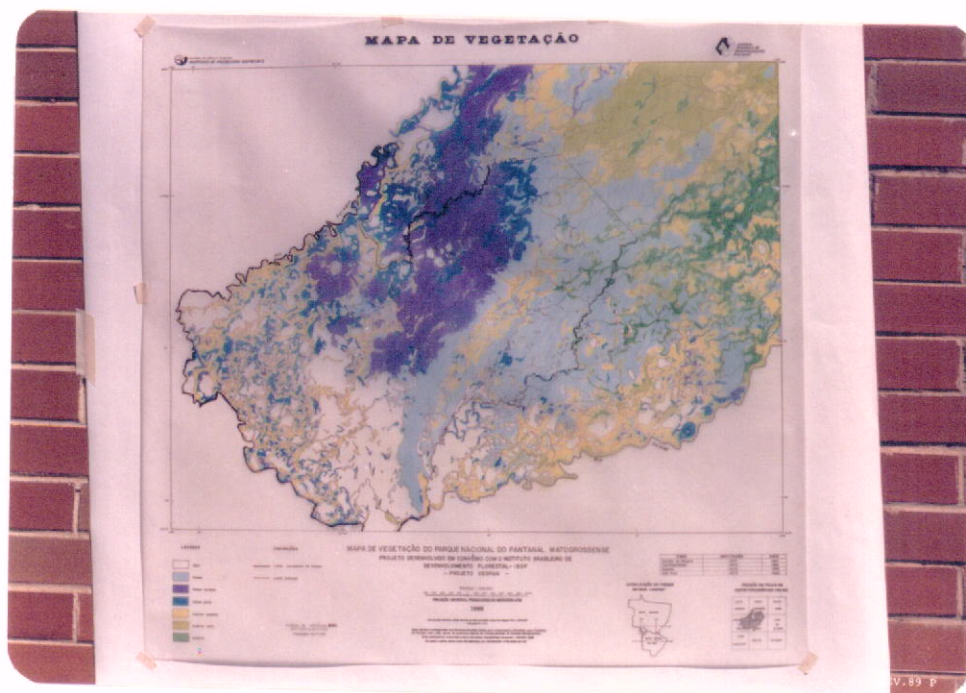


Fig. 13 - Mapa fisionômico da vegetação do PNPM e adjacências correspondente ao período seco.

Este mesmo mapa foi também elaborado utilizando hachuras na representação das classes, e encontra-se no Apêndice B. Verifica-se que como adjacências do PNPM foi considerada uma área a nordeste deste, uma vez que foi nesta área onde foi constatada a ocorrência de fisionomias arbóreas e o ambiente era mais seco, itens estes escassos no interior do PNPM e de importância ecológica significativa, passíveis de serem considerados num processo de expansão de seus limites.

A interpretação das imagens do período de cheias foi conduzida sob a imagem da banda TM4 (227/72E e 227/72x+, passagem 11/04/87) que, para este período, foi a que apresentou melhor discriminabilidade entre as classes, sem contudo se igualar ao contraste propiciado pela imagem da banda TM5 correspondente ao período seco (02/11/86). Aqui também as fisionomias arbóreas ficaram confundíveis entre si, sendo somente possível a identificação das classes Arbóreo-arbustivo e Arbóreo-baixo. A imagem da banda TM5 correspondente ao período de cheias (11/04/87) apresentou baixo contraste, com predominância de tons bem escuros, indicando a presença de água em todo o ambiente. O mesmo aconteceu com a imagem da banda TM3 que não apresentou tonalidades diferentes nos espelhos d'água, uma vez que neste período do ano os cursos d'água e baías da região apresentam uma cristalinidade em suas águas.

A identificação da água sob as copas das árvores e arbustos também não foi possível através da interpretação das imagens orbitais correspondentes ao período de cheias.

As fotografias aéreas-verticais e oblíquas - referentes a esse período foram tomadas sobre aproximadamente os mesmos pontos fotografados na missão de aerolevante anterior, com o objetivo de avaliar comparativamente a situação destes. Apesar das dificuldades encontradas na navegação da aeronave pela perda de referências no solo (curvas de rios, contornos de vegetação e baías), ocasionada pela subida do nível d'água em toda a região, foi possível reencontrar a maioria dos pontos e refotografá-los com segurança. Estas fotografias foram utilizadas também no auxílio à interpretação das imagens orbitais.

As Figuras 14 e 15 ilustram as situações de dois pontos, pertencentes a módulos distintos, fotografados em períodos diferentes.

Outro mapa fisionômico de vegetação foi resultante desta fase de interpretação das imagens, agora referente ao período de cheias, que foi também apresentado através do mesmo critério de seleção de cores (Figura 16) e através de hachuras na representação das unidades fisionômicas de vegetação (vide Apêndice C).

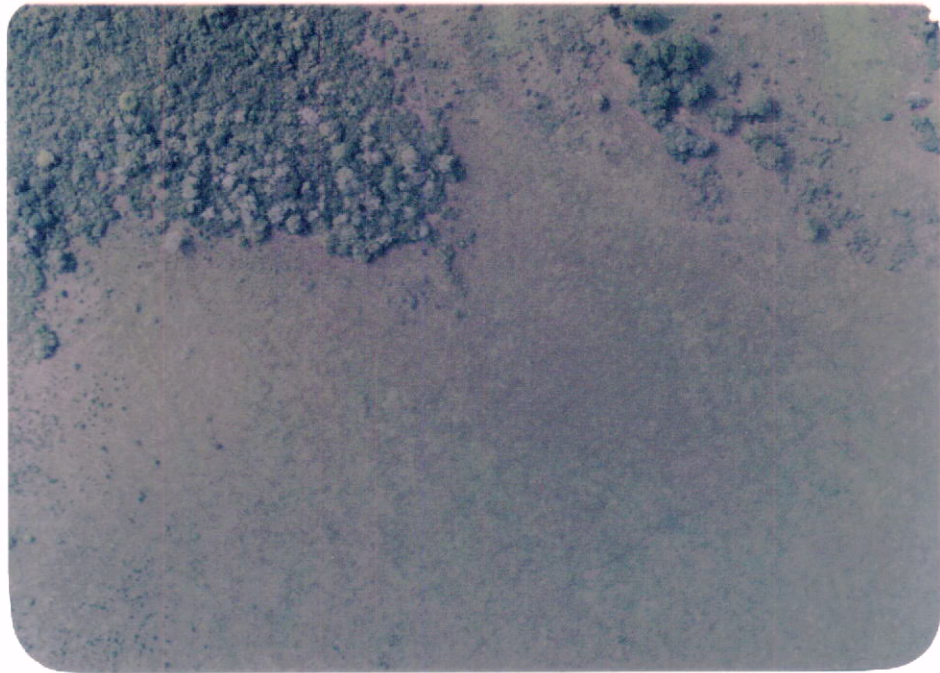


Fig. 14 - Dinâmica de um mesmo ponto no terreno fotografado em períodos sazonais distintos. Foto superior mostra área de campo no período seco. Foto inferior mostra a mesma área no período de cheias.

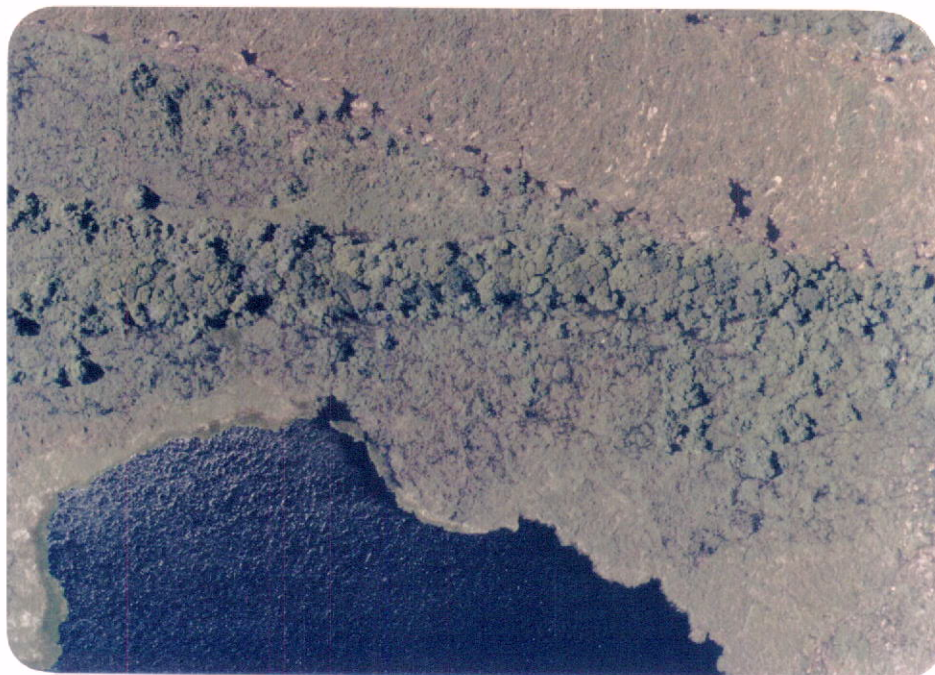


Fig. 15 - Dinâmica de um mesmo ponto no terreno fotografado em períodos sazonais distintos. Foto superior mostra uma "baía" ao lado do rio Paraguai que apresenta água turva. Foto inferior mostra a mesma área no período de cheias. Note que o rio Paraguai foi totalmente tomado por macrófitas.

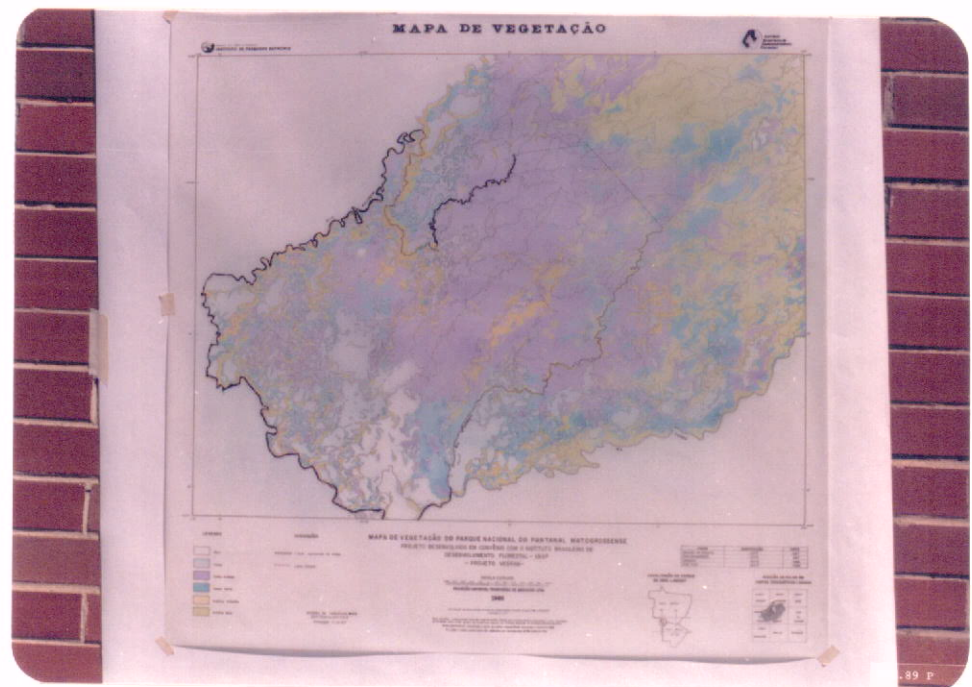


Fig. 16 - Mapa fisionômico da vegetação do PNPM e adjacências correspondente ao período de cheias.

Conforme mencionado na Seção 2.1, a área PNPM é estimada em aproximadamente 135.000ha. Através da quantificação das unidades fisionômicas de vegetação, elaborada com papel milimetrado, essa área foi determinada através do somatório das áreas das unidades de todas as quadriculas, tendo sido encontrado o valor 135.181ha. A Tabela 3 ilustra o resultado da quantificação de cada unidade de vegetação para os dois períodos considerados (seca e de cheias).

Uma análise da Tabela 3 permite observar alguns aspectos interessantes da dinâmica da área. O primeiro aspecto interessante é a diminuição da área do espelho d'água no período de cheias em relação ao período seco. Através da interpretação das fotografias aéreas 35mm foi verificado o aumento na população de plantas macrófitas, que pelas suas exigências ecológicas, proliferam sobre os espelhos d'água constituindo uma camada vegetal uniforme que oculta a água imediatamente abaixo desta. Como o sensor TM detecta o espelho d'água, os dados colocados à disposição neste trabalho levaram a uma subestimação da área ocupada pela Água. As classes relacionadas com as unidades herbáceas (Campo Inundado, Campo Úmido e Campo) sofreram, considerando

suas áreas somadas, um aumento no período de cheias (de 75.157ha a 83.690ha), principalmente ocasionado pelo aumento da área ocupada pela classe Campo Inundado que aparentemente englobou preferencialmente áreas da classe Campo, uma vez que esta classe foi drasticamente reduzida, enquanto que a classe Campo Úmido apresentou ainda um aumento. Áreas de Campo podem também ter sido englobadas por áreas de Campo Úmido. As classes referentes às unidades arbóreas foram confundidas entre si nas imagens correspondentes ao período de cheias, tendo sido excluída a classe Arbóreo, uma vez que os padrões apresentados nessas imagens não repetiam as mesmas características daqueles existentes nas imagens correspondentes ao período seco. A classe Arbóreo-arbustivo apresentou uma diminuição em área no mapa do período de cheias e isto pode ter sido devido não só à possível confusão entre esta classe e a classe Arbóreo-baixo, que teve sua área aumentada, mas ainda por uma também possível invasão das áreas de Campo Inundado e Campo Úmido sobre as áreas das unidades arbóreas.

TABELA 3

RESULTADOS QUANTITATIVOS (ÁREA EM HA) DAS UNIDADES DE VEGETAÇÃO CONTIDAS NO PNPM

UNIDADES DE VEGETAÇÃO	PERÍODO SECO(HA)	PERÍODO DE CHEIAS(HA)
Água	41.398	38.366
Campo Inundado	24.311	63.042
Campo Úmido	15.960	20.588
Campo	34.886	60
Arbóreo Arbustivo	16.138	10.793
Arbóreo baixo	1.023	2.332
Arbóreo	1.465	-
Total	135.181	135.181

Os períodos (seco e de cheias) considerados neste trabalho se referem respectivamente aos anos de 1986 e 1987, sendo que a cada ano as situações de seca e de cheias não se repetem igualmente, tanto no que se refere ao regime pluviométrico como também em termos de áreas inundadas (localização, concentração e quantidade). Desta forma convêm salientar que a cobertura vegetal do PNPM encontra-se em constante influência das variações do nível d'água da região, podendo ser inclusive alterada sob ponto de vista fisionômico. Se as possibilidades mencionadas anteriormente forem verdadeiras, as unidades arbóreas que foram parcial ou inteiramente englobadas pelas unidades herbáceas (Campo Inundado e Campo Úmido), poderão não mais se recompor. Ainda, dependendo da intensidade do período de cheias, em termos de tempo de inundação e altura da lâmina d'água, as áreas das classes Campo Inundado e Campo Úmido podem não se retraírem, de forma a assumir os limites físicos do período seco anterior.

Outro aspecto importante a salientar é o fato de terem sido elaborados dois mapas fisionômicos da vegetação de uma mesma área, o que, a princípio, pode parecer injustificável uma vez que, em se tratando de um período de tempo pequeno (5 meses), como o considerado neste trabalho, é de se esperar que não haja alterações significativas na fisionomia da vegetação; contudo, o interesse aqui foi avaliar o desempenho das imagens TM na identificação fisionômica da vegetação existente na área do PNPM. Concluiu-se, portanto, que as imagens referentes ao período seco, sobretudo a imagem da Banda TM5, devem ser utilizadas quando a intenção é a identificação e/ou mapeamento de fisionomias vegetais de ambientes pantaneiros semelhantes ao encontrado no PNPM, tendo-se sempre em mente que a situação observada é fruto de um processo dinâmico que, como tal, reserva modificações futuras. Desta forma, o mapa correspondente ao período seco elaborado neste trabalho não deve ser considerado como "permanente" e sim referente à situação da cobertura vegetal do PNPM no mês de novembro de 1986. Com relação ao mapa correspondente ao período de cheias, sua importância de aplicação se restringe a dar uma idéia da expansão da área da classe Campo Inundado sobre as demais classes, enquanto que foi de grande utilidade na avaliação do desempenho das imagens TM correspondentes ao período de cheias para sua confecção.

3.2 - PROCESSAMENTO DIGITAL

Conforme foi mencionado na Seção 2.5, as imagens referentes as bandas TM1, TM2, TM3, TM4, TM5, TM7 e a razão TM4/TM3, dos dois períodos, foram submetidas ao processo de seleção de atributos. Para as imagens de ambos os períodos, o triplo de bandas TM3, TM5 e a razão TM4/TM3 foi selecionado como aquele que promoveu a melhor separabilidade entre as classes identificadas.

Durante o procedimento de classificação as informações extraídas das fotografias aéreas 35mm foram também utilizadas, tendo sido identificadas as mesmas classes consideradas na interpretação visual, ou seja: Água, Campo Inundado, Campo Úmido, Campo, Arbóreo-arbustivo, Arbóreo-baixo e Arbóreo. A Figura 17 ilustra as distribuições das classes segundo os atributos considerados para as imagens do período seco.

A análise destas distribuições permite verificar que a banda TM5 foi a que maiormente contribuiu para a separação das classes consideradas, resultado também verificado na interpretação visual, seguida da razão TM4/TM3. Pela análise da imagem da banda TM3, as classes relacionadas às formações arbóreas (Arbóreo-arbustivo, Arbóreo-baixo e Arbóreo) foram pouco distinguidas entre si, contudo esta banda permitiu verificar a ocorrência de diversos níveis de turbidez na classe Água, o que explica uma maior amplitude de valores digitais encontrados para essa classe.

A Figura 18 mostra as mesmas distribuições para as imagens do período de cheias.

Conforme mencionado na Seção 3.1, a imagem da banda TM5 referente ao período de cheias não permitiu a separabilidade entre a maioria das classes, o que foi confirmado também no processo de classificação digital. Para esse período a razão TM4/TM3 foi a que proporcionou uma melhor separabilidade entre as classes, seguida da banda TM3.

Analisando as Figuras 17 e 18, pode-se verificar que as imagens do período seco permitiram um melhor desempenho na separação das classes consideradas, quando comparadas com os do período de cheias.

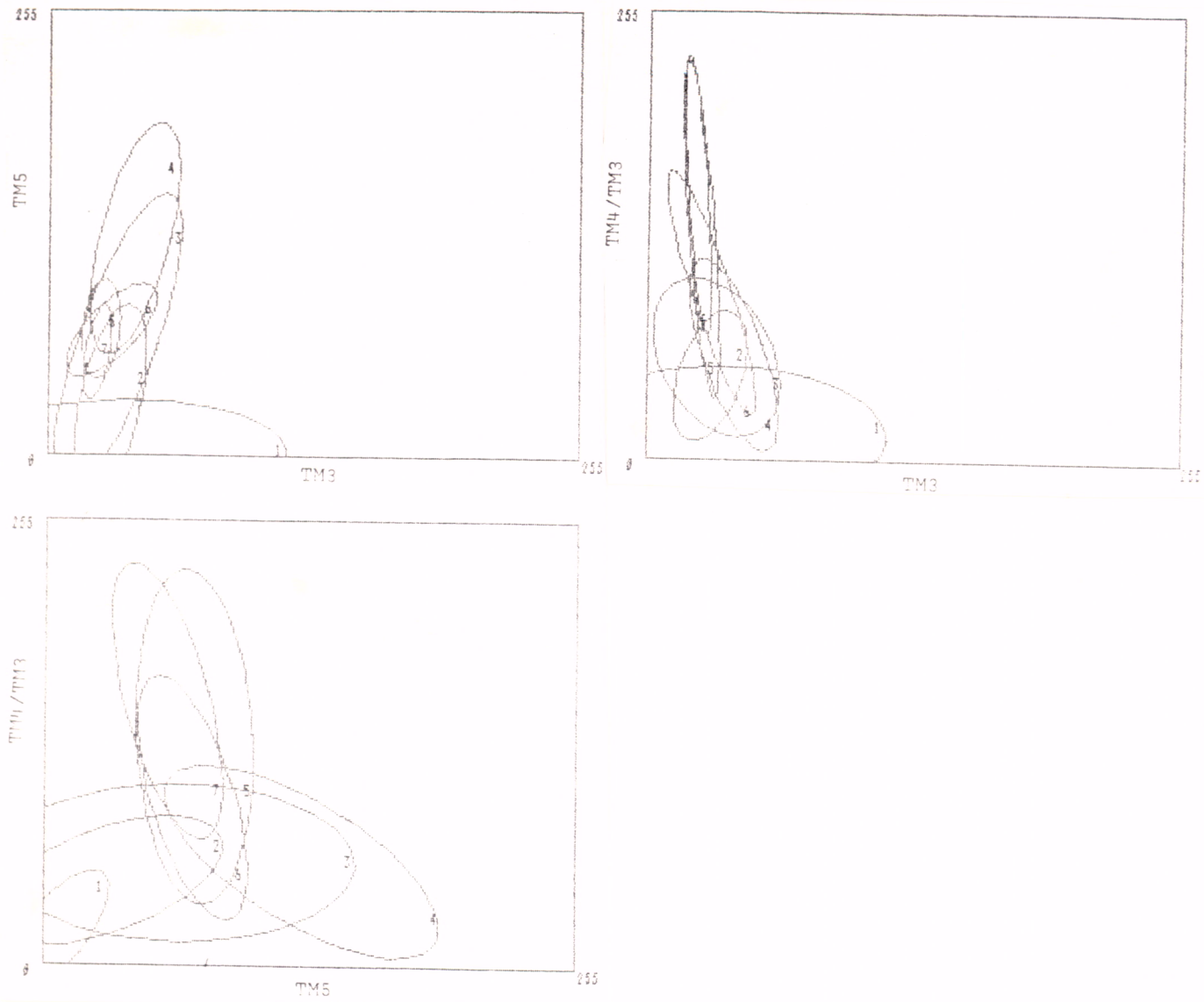


Fig. 17 - Distribuições das classes identificadas através da classificação digital - período seco.

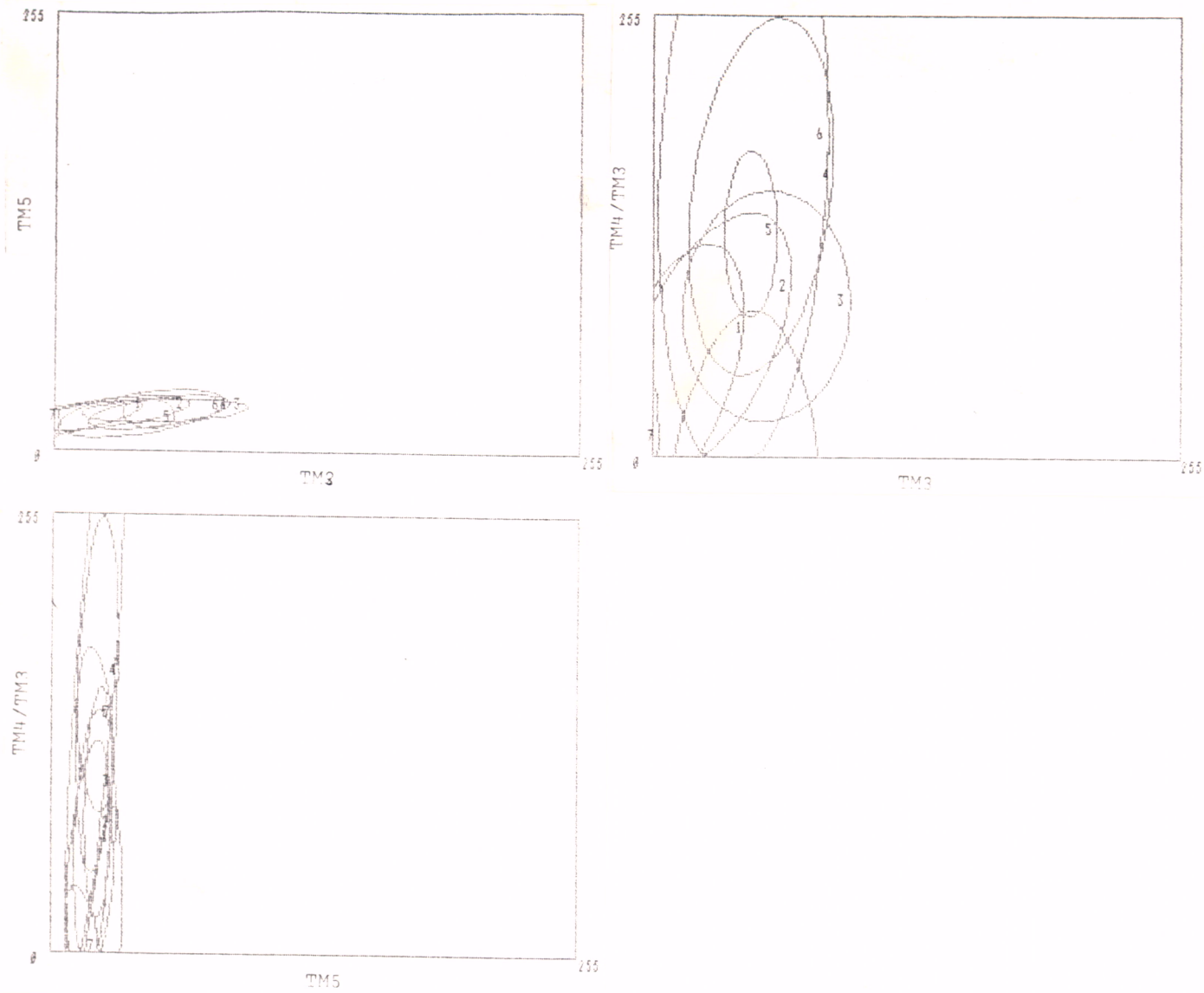


Fig. 18 - Distribuições das classes identificadas pela classificação digital - período de cheias.

As imagens classificadas gravadas em disco flexível, conforme procedimento descrito na Seção 2.5, foram então submetidas ao processo de quantificação das classes, valendo-se do Sistema de Informações Geográficas implementado no sistema SITIM. A Tabela 4 mostra os resultados referentes às imagens de ambos os períodos.

TABELA 4

RESULTADOS QUANTITATIVOS (ÁREA-HA) DE AMBOS OS PERÍODOS
EXTRAÍDOS DA CLASSIFICAÇÃO DIGITAL

CLASSE	ÁREA(HA) - PERÍODO SECO	ÁREA(HA) - PERÍODO DE CHEIAS		
1 - Água	37.429	34.771		
2 - Campo Inundado	193.983 {	212.508 {		
3 - Campo Úmido			86.217	123.047
4 - Campo			29.337	54.580
5 - Arbóreo-arbustivo	92.927 {	79.311 {		
6 - Arbóreo-baixo			78.429	34.881
7 - Arbóreo			45.376	31.346
Total	324.339	326.590		

Todo o processamento mencionado foi conduzido num módulo comum às imagens dos dois períodos. A área deste módulo era de 332.660ha, sendo que cerca de 1/3 desta área era ocupado pelo PNPM. Os resultados apresentados na Tabela 4 mostram que tanto a imagem do período seco como a do período de cheias não tiveram todos os seus "pixels" classificados, uma vez que nenhum de ambos os totais apresentados atingem o total em área do módulo. Este fato dificulta a análise destes resultados no sentido de não permitir conclusões seguras a dinâmica da cena em questão, contudo não a inviabiliza, uma vez que a diferença em área entre o total do módulo e do total de "pixels" classificados na imagem do período seco foi de 8.321ha, ou seja 2,5% da área do módulo, enquanto que essa mesma diferença para o módulo do período de cheias foi de 6.070ha, ou seja, 1,0% da área do módulo, o que foi considerado não significativo para o tipo de análise que foi conduzida.

De maneira geral, os resultados apresentados confirmaram os encontrados na interpretação visual, salientando que os mapas elaborados naquela etapa não abrangeram exatamente a mesma área dos módulos na classificação digital, sendo portanto impossível uma coincidência de valores entre os resultados. Procurou-se avaliar as tendências das alterações e sua correlação com aquelas encontradas na interpretação visual das imagens.

Foi encontrada uma diminuição da área ocupada pela classe Água na imagem referente ao período de cheias, comparada a área ocupada por esta mesma classe na imagem do período seco, o que também foi constatado na interpretação visual. Mesmo valendo-se de composições coloridas na localização visual de amostras para a criação do classificador MAXVER, não foi possível identificar a cobertura vegetal composta por macrófitas, tendo sido esta confundida com as demais classes, principalmente Arbóreo-arbustivo e Arbóreo-baixo. A diminuição da área desta classe está associada à diminuição natural do espelho d'água causada pelo aumento da população de macrófitas, que, se pudesse ser detectada através da interpretação das imagens, possibilitaria uma estimativa mais segura sobre a área ocupada pela água, tendo-se em mente que a água existente imediatamente abaixo das copas de formações arbustivas e/ou arbóreas densas ($\geq 70\%$ de cobertura) dificilmente será detectada utilizando-se os mesmos procedimentos considerados neste trabalho.

As classes relativas às formações herbáceas (Campo Inundado, Campo Úmido e Campo) sofreram um ligeiro acréscimo em área na imagem do período de cheias, considerando o somatório de suas áreas (vide Tabela 4). Com relação às formações arbóreas (Arbóreo-arbustivo, Arbóreo-baixo e Arbóreo) o somatório de suas áreas sofreu uma diminuição (vide Tabela 4). Para uma melhor compreensão dessa dinâmica as duas imagens classificadas foram submetidas a processamentos do Sistema de Informações Geográficas implementado no sistema SITIM com o objetivo de determinar quanto de uma dada classe identificada como tal na imagem do período seco, foi identificada como outra classe no período de cheias e quanto desta manteve-se inalterado. A Tabela 5 mostra o resultado desses processamentos.

TABELA 5

RESULTADOS QUANTITATIVOS (ÁREA-HA) DA DINÂMICA DA CENA EXTRAÍDOS
ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS
DO INPE

CLASSE - PERÍODO SECO	CLASSE - PERÍODO DE CHEIAS	ÁREA (HA)
Água	Água	21.793
Campo Inundado	Campo Inundado	42.321
Campo Úmido	Campo Úmido	12.341
Campo	Campo	7.289
Arbóreo-arbustivo	Arbóreo-arbustivo	10.641
Arbóreo-baixo	Arbóreo-baixo	6.526
Arbóreo	Arbóreo	3.599
Campo Inundado	Água	4.817
*Campo Inundado	Campo Úmido	19.285
*Campo Inundado	Campo	8.637
Campo Úmido	Água	3.426
Campo Úmido	Campo Inundado	10.216
*Campo Úmido	Campo	1.156
Campo	Água	2.178
Campo	Campo Inundado	45.010
Campo	Campo Úmido	12.989
Arbóreo-arbustivo	Água	839
Arbóreo-arbustivo	Campo Inundado	10.512
Arbóreo-arbustivo	Campo Úmido	1.759
*Arbóreo-arbustivo	Campo	7.620
*Arbóreo-arbustivo	Arbóreo-baixo	5.698
*Arbóreo-arbustivo	Arbóreo	7.680
Arbóreo-baixo	Água	740
Arbóreo-baixo	Campo Inundado	6.797
Arbóreo-baixo	Campo Úmido	1.308
*Arbóreo-baixo	Campo	6.547
*Arbóreo-baixo	Arbóreo-arbustivo	7.139

(Continua)

Tabela 5 - Conclusão

CLASSE - PERÍODO SECO	CLASSE - PERÍODO DE CHEIAS	ÁREA (HA)
*Arbóreo-baixo	Arbóreo	5.027
Arbóreo	Água	37
Arbóreo	Campo Inundado	1.793
Arbóreo	Campo Úmido	180
*Arbóreo	Campo	1.448
*Arbóreo	Arbóreo-arbustivo	2.185
*Arbóreo	Arbóreo-baixo	1.846

As intersecções assinaladas com asterísticos representam aquelas que não fazem sentido no que refere à dinâmica da cena, contudo suas existências confirmam que os desempenhos das classificações foram diferentes e que as classes são confundíveis entre si. Uma vez que a imagem do período seco permitiu uma melhor separabilidade entre as classes, pode-se concluir que essas classes ditas "sem sentido" possuíram valores em área devido a confusões entre as classes ocorridas na imagem do período de cheias.

Desconsiderando as intersecções referentes as áreas inalteradas (Água período seco → Água período de cheias; Campo Inundado período seco → Campo Inundado período de cheias, etc.), e as chamadas "sem sentido", os maiores valores foram encontrados para as intersecções Campo Úmido - Campo Inundado (10.216ha), Campo - Campo Inundado (45.010ha), Campo - Campo Úmido (12.989ha) e Arbóreo-arbustivo - Campo Inundado (10.512ha), confirmando as hipóteses formuladas na Seção 3.1 que tentavam explicar a diminuição de algumas classes pela expansão da área das classes Campo Inundado e Campo Úmido. Havia sido mencionado ainda que estas duas classes teriam expandido preferencialmente sobre as áreas da classe Campo, o que foi confirmado com estes resultados. Os baixos valores das intersecções envolvendo uma dada classe no período seco e a classe Água no período de cheias pode ser explicado pela

já mencionada diminuição do espelho d'água na imagem do período de cheias. A influência da água no ambiente foi evidenciada, em termos quantitativos, muito mais significativamente através das classes Campo Úmido e Campo Inundado, quando comparado com a classe Água. Sob ponto de vista da utilização das imagens TM com propósito de elaboração de mapear ou simplesmente identificar fisionomias vegetais em ambientes semelhantes ao do PNPM, mesmo considerando a possibilidade de aplicação de técnicas de processamento digital, o período seco é o mais propício para a aquisição de imagens, uma vez que o aumento da área inundada tende a diminuir o contraste entre as fisionomias identificadas pela aparente homogeneização, em termos de tonalidade, das imagens. Apesar disso, a composição colorida composta pelas bandas identificadas pelo procedimento de seleção de atributos, TM3, TM5 e razão TM4/TM3 nas cores azul, verde e vermelho respectivamente, permitiu a identificação da classe Arbóreo na imagem do período de cheias, o que não foi possível nas imagens preto e branco utilizadas na interpretação visual.

3.3 - RESULTADOS X OBJETIVOS PROPOSTOS

Conforme já mencionado, este trabalho teve quatro objetivos: o primeiro referente a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto no estudo da cobertura vegetal de domínios fitogeográficos até então pouco estudados a luz de tais técnicas; o segundo referente a uma avaliação das limitações e possibilidades impostas pelos produtos TM na escolha de sistemas de classificação da vegetação com vistas a seu mapeamento; o terceiro referente ao desempenho destes mesmos produtos na identificação de unidades de vegetação levando-se em consideração dois períodos sazonais extremos e, finalmente, o quarto objetivo referente às necessidades do Programa de Monitoramento da Cobertura Vegetal do IBDF de obter informações sobre o PNPM. Serão discutidas a seguir cada um desses objetivos.

3.3.1 - SENSORIAMENTO REMOTO EM DOMÍNIOS FITOGEOGRÁFICOS POUCO ESTUDADOS

Durante a elaboração da proposta deste trabalho tinha-se pouca idéia sobre as características do ambiente do PNPM. Acreditava-se que, por se tratar de um parque nacional, a área do PNPM deveria ser representativa do ecossistema Pantaneiro, o que, pelo já exposto na Seção 2.1 está longe de ser verdadeiro. À medida que foram colhidas informações das mais variadas fontes, principalmente literatura e contatos pessoais com pesquisadores que atuam no Pantanal, percebeu-se a heterogeneidade da região e que o PNPM era representativo de uma pequena fração de pelo menos um "pantanal", o chamado Pantanal de Poxoréu. Desta forma o objetivo proposto foi parcialmente atendido, uma vez que restam, segundo Adamoli (1981), mais nove "pantanais" a serem estudados à luz das técnicas de sensoriamento remoto. Evidentemente que estes estudos podem ou não abordar a mesma temática deste trabalho (mapeamento fisionômico da vegetação) e podem ou não utilizar imagens orbitais.

3.3.2 - PRODUTOS TM E A DEFINIÇÃO DE SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO

Küchler (1987) discute pormenorizadamente vários aspectos relacionados com a escolha de sistemas de classificação da vegetação com vistas ao mapeamento. Dentre os aspectos discutidos destacam-se os objetivos para os quais o mapeamento pretende atingir, a disponibilidade de fotografias aéreas, e a escala do mapa. Neste trabalho o objetivo principal do mapeamento era registrar a situação da cobertura vegetal do PNPM em dois períodos sazonais, de forma que os técnicos do Programa de Monitoramento da Cobertura Vegetal do IBDF pudessem valer-se de um instrumento de análise no caso de uma possível expansão dos limites do PNPM. Uma vez que não se dispunha de nenhum outro mapa de vegetação específico da área, e nem experiência e conhecimento sobre aquela vegetação por parte dos técnicos, tanto do INPE quanto do IBDF, ficou decidido que somente a fisionomia da vegetação seria considerada, pelo menos numa primeira aproximação.

À medida que os estudos foram evoluindo, principalmente imediatamente após a primeira missão de aerolevanteamento (período seco) que foi acompanhada por um biólogo, a Srta. Catia Nunes da Cunha, então Diretora Técnica da Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEMA/MT), que possuía experiência de trabalhos anteriores com a vegetação de região a nível de campo e que muito contribuiu nesta fase do trabalho, pode ser constatada visualmente a correlação entre os padrões existentes na imagem da banda TM5 com graus diferentes de umidade, além da fisionomia da vegetação que foi bastante evidente. Desta forma decidiu-se por incluir mais esta informação no mapa, o que resultou num mapa fisionômico-ecológico de vegetação, aonde através do critério de uso de cores proposto por Gaussen, citado por Küchler (1967) procurou-se representar os aspectos fisionômicos (porte arbóreo) e um aspecto ecológico, no caso a umidade. Verificou-se nesta representação um problema de consistência de informação. Küchler (1967) menciona que a consistência da informação contida em um mapa de vegetação é de fundamental importância no caso do estabelecimento de comparações e análise desta informação. Para que haja essa consistência é necessário que as unidades de vegetação sejam individualizadas segundo um mesmo critério ou parâmetro e a forma de uma representação cartográfica (cores, hachuras, símbolos, etc.) seja uniforme, ou seja, se a tonalidade de uma determinada cor atribuída a uma dada unidade vegetal estiver representando a dominância de uma dada espécie, todas as demais tonalidades de todas as cores atribuídas às demais unidades de vegetação deverão representar a dominância de espécies específicas de cada uma dessas unidades. Neste trabalho as unidades de vegetação referentes as formações herbáceas (Campo Inundado, Campo Úmido e Campo) foram individualizadas segundo o grau de umidade, tendo sido representadas nos mapas através de diferentes tonalidades da cor azul, enquanto que as formações arbóreas foram individualizadas segundo a altura e foram representadas segundo o mesmo critério de tonalidade, agora aplicado sobre a cor verde. Num mesmo mapa verifica-se um mesmo aspecto (tonalidade) representando duas características diferentes (umidade e altura). A justificativa para tal ocorrência reside no fato de que a banda TM5 (cuja imagem, referente ao período seco, foi a mais utilizada na definição das unidades de vegetação), está compreendida

numa fração de espectro eletromagnético cuja energia é absorvida com mais intensidade quanto mais úmida estiver a vegetação; e para o caso das formações herbáceas a diferenciação dos níveis de umidade foi evidente devido a correlação entre os padrões contidos na imagem e as informações extraídas das fotografias aéreas que permitiram a comprovação dessa diferenciação. Para o caso das formações arbóreas, a correlação foi feita com mais segurança com o parâmetro altura, uma vez que, coincidentemente ou não, os padrões apresentados na imagem por essas formações se correlacionaram satisfatoriamente com este parâmetro. É possível que esses padrões estivessem correlacionadas na realidade com o parâmetro umidade, também para as formações arbóreas, contudo isso não pode ser constatado através da análise das fotografias aéreas, que era o único material disponível como verdade terrestre. Estudos específicos poderiam ser conduzidos no sentido de comprovar essa correlação, o que não foi possível no âmbito deste trabalho.

A disponibilidade de fotografias aéreas, apontada por Küchler (1967), como aspecto relacionado com a definição do sistema de classificação da vegetação influenciou na adoção do sistema fisionômico uma vez que mesmo fornecendo informações mais detalhadas sobre a vegetação, estas seguramente não permitiram a observação dos aspectos florísticos e, por se tratarem inclusive de fotografias amostrais que cobrem pequenas áreas, aliado à ausência de dados de campo, a definição de comunidade (fitossociologia) foi impossível.

Quanto à escala do mapa, foram considerados dois aspectos: um referente à disponibilidade de cartas topográficas e outro as escalas disponíveis das imagens TM. As primeiras foram adquiridas na escala 1:100.000 e como esta escala é comum também às imagens orbitais, ficou decidido que esta seria a escala adotada neste trabalho, o que vem de encontro à classificação de escalas proposta por Giacomini, citado por Küchler (1967), aonde a escala 1:100.000 é indicada para sínteses de pequenas regiões em mapas florestais. Apesar do autor não mencionar o uso de imagens orbitais em suas discussões a respeito do parâmetro escala, ficou claro que a adotada neste trabalho se aplica quando o interesse é registrar a fisionomia da vegetação, podendo ser incluídos quando possível, aspectos do ambiente no qual esta se desenvolve.

Na composição colorida composta pelas imagens das bandas TM3, TM5 e a razão TM4/TM3 nas cores azul, verde e vermelho respectivamente, correspondentes ao período seco, foi verificada uma tonalidade mais intensa nos padrões referentes as formações arbóreas. Através da análise das fotografias aéreas tomadas de áreas que apresentavam esses padrões foi constatada a presença de "maciços" de uma espécie denominada regionalmente de Cambará. Esta espécie é dominante em áreas recém desmatadas ou que foram destruídas após longos períodos de inundação. É possível que essa maior intensidade da tonalidade presente nos padrões das formações arbóreas esteja associada à presença dessa espécie. Caso fosse confirmada essa hipótese, mesmo em se tratando de uma escala não apropriada para a classificação florística da vegetação, haveria a possibilidade de considerá-la quando imagens TM fossem usadas.

3.3.3 - SAZONALIDADE E O DESEMPENHO DOS PRODUTOS TM

Estudos realizados à luz das técnicas de sensoriamento remoto em outros domínios fitogeográficos, têm obtido como resultado, dentre outros, a indicação de imagens orbitais provenientes de bandas específicas que contêm dados relevantes sobre determinados aspectos de interesse da vegetação. Resultados como esse são importantes na orientação de usuários de produtos orbitais no momento da solicitação de imagens.

Por se tratar de uma região de interesse nacional e de apresentar expressivas dificuldades quanto ao deslocamento pela falta de estradas e de rios navegáveis, tem havido por parte de agências governamentais, empresas privadas e instituições de pesquisa, interesse de utilizar técnicas de sensoriamento remoto no estudo dos recursos naturais do Pantanal. Imagens orbitais começam a ser usadas, muitas vezes sem uma orientação adequada sobre suas aquisições devido à falta de estudos na região.

Os resultados deste trabalho deverão contribuir significativamente nessa orientação uma vez que ficou constatado que os dois períodos sazonais considerados (seco e de cheias) são relevantes na

aquisição de imagens orbitais pelas modificações ocorridas no ambiente, causadas pela variação do nível d'água, mesmo tendo sido estudada uma pequena porção (PNPM) de um ambiente particular do Pantanal (Pantanal de Poconé), uma vez que essa variação é comum a todos os "pantanais". A própria consciência de que a região não é homogênea foi considerada aqui um dos resultados mais importantes do trabalho.

3.3.4 - AS NECESSIDADES DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA COBERTURA DO IBDF (PMCF/IBDF)

Como foi mencionado na Seção 1, o PMCF/IBDF buscava além do conhecimento das características da cobertura vegetal do PNPM, conhecer também a situação da área em duas épocas distintas do ano. Essas informações seriam de valia também para o Departamento de Parques e Reservas Equivalentes do mesmo instituto (DN) que é responsável pela administração de parques nacionais.

Dois técnicos do PMCF/IBDF acompanharam todas as etapas deste trabalho, com ênfase aos trabalhos de campo e de aerolevanteamento, quando puderam ter uma idéia da área do PNPM "in loco".

Em posse dos resultados preliminares, foi realizada uma apresentação formal destes aos técnicos do IBDF ligados ao referido DN e demais departamentos. Durante a apresentação foram discutidos alguns aspectos técnicos e legais de uma possível ampliação dos limites do PNPM, ficando clara a validade das informações extraídas deste trabalho como instrumento auxiliar ao processo de tomada de decisões e de estudo.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Através dos resultados alcançados neste trabalho concluiu-se que, no que se refere a estudos de vegetação à luz de técnicas de sensoriamento remoto, muito ainda deve ser feito no Pantanal, dada a sua heterogeneidade ecológica. Nestes estudos conduzidos em ambientes semelhantes ao do PNPM, utilizando produtos TM, deve-se sempre levar em conta a sazonalidade, dando preferência ao período seco na seleção

de imagens, a não ser que o interesse seja a fenologia da cobertura vegetal das áreas mais altas e conseqüentemente menos susceptíveis a inundações, ou ainda quando o interesse for a avaliação da influência da variação do nível d'água na paisagem, estudos de plantas macrófitas cuja população aumenta significativamente no período de cheias, etc. A imagem da banda TM5 correspondente ao período seco foi fundamental para a identificação das unidades fisionômicas da vegetação e dos níveis de umidade da vegetação. A banda TM3 parece oferecer potencialidade em estudos de qualidade de água e de avaliação da quantidade de sedimentos presentes em baías, corichos e rios, uma vez que a imagem desta banda correspondente ao período seco apresentou tonalidades diferentes de cinza nos corpos d'água.

Quanto às limitações e possibilidades apresentadas pelas imagens TM na adoção de sistemas de classificação da vegetação, concluiu-se que, na área de estudo considerada, elas permitem somente uma avaliação fisionômica, com a potencial inclusão de um parâmetro ambiental, que no caso considerado foi a umidade. A correlação entre o parâmetro estrutura/altura e os padrões de tonalidade apresentadas na imagem da banda TM5 pode ter sido meramente casual. Estudos específicos devem ser conduzidos para comprovar ou não esta correlação. A maior escala permitida para as imagens TM apresentadas sob forma de papel (1:100.000) é considerada por alguns autores como específica para mapeamentos fisionômicos, o que reforça as limitações na escolha do sistema de classificação. Em áreas com dominância de uma espécie seria interessante a condução de estudos que visassem avaliar a possibilidade de detecção desta através da análise de dados contidos em imagens TM. Se comprovada esta possibilidade, a abordagem florística, ou pelo menos fisionômica-florística seria viável.

As técnicas experimentadas aqui para a representação cartográfica das unidades de vegetação relativas ao uso de cores e hachuras foram eficientes e merecem ser testadas em outros trabalhos de mapeamento de vegetação, com o objetivo não só de aprimorar seu uso como também de adaptá-las às condições tropicais.

Quanto ao PNPM ficou claro que o ambiente em conservação não é representativo do Pantanal como um todo, e sua área está quase que permanentemente inundada, limitando o trânsito e o desenvolvimento de espécies vegetais e animais. As formações arbóreas do interior do PNPM ocupam uma pequena porção de sua área, podendo ser considerada insignificante no que se refere a abrigo da fauna. As informações fornecidas por este trabalho foram consideradas de grande relevância em possíveis futuros estudos de ampliação dos limites do PNPM ou até mesmo de criação de novos parques e/ou reservas naturais no Pantanal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMOLI, J. O Pantanal e suas relações fitogeográficas com os cerrados. In: XXXII Congresso Nacional da Sociedade Botânica do Brasil, 32, Teresina, 1981. *Anais*. Teresina, Universidade Federal do Piauí, 1982, p. 109-119.
- ADAMOLI, J. Fisiografia do Pantanal. In: Allem, A.C. e Valls, J.F.M. *Recursos forrageiros nativos do Pantanal Mato-Grossense*. Brasília, 1987. pp. 15-60. (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA).
- ALLEM, A.C.; VALLS, J.F.M. *Recursos forrageiros nativos do Pantanal Mato-Grossense*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Brasília-DF, 339 p., 1987.
- CABRERA, A.L. *Biogeografia de América latina*. Washington, OEA(13), 85p. 1973.
- ENGESPAÇO - INDÚSTRIA E COMÉRCIO (ENGESPAÇO). *SITIM 150: manual do usuário*. São José dos Campos, 1988. Instituto de Pesquisas Espaciais/ Departamento de Processamento de Imagens (INPE/DPI). *SIG versão 1.1: manual do usuário*. São José dos Campos, 1987.
- HECK, G.A.T.; JORGE, M.T. *Estudos e levantamentos preliminares visando o estabelecimento de uma reserva natural no Pantanal Matogrossense: relatório referente à portaria nº (457 de 8/5/70. s.1. IBDF, (1970). 15 p.*
- KÜCHLER, A.W. *Vegetation mapping*. New York, The Ronald Press 472pp., 1967.
- SILVA, D. *Mapeamento das formações vegetais e da variação da lâmina d'água em parte do Parque Nacional do Pantanal Mato Grossense e adjacências através de técnicas de sensoriamento remoto*. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1985. (INPE-3657-TDL/200).

APÊNDICE A

LOCALIZAÇÃO DO PARQUE NACIONAL DO PANTANAL MATO-GROSSENSE



APÊNDICE B

MAPA DE VEGETAÇÃO DO PARQUE NACIONAL DO PANTANAL MATO-GROSSENSE E
ADJACÊNCIAS - PERÍODO SECO

APÊNDICE C

MAPA DE VEGETAÇÃO DO PARQUE NACIONAL DO PANTANAL MATO-GROSSENSE
E ADJACÊNCIAS - PERÍODO DE CHEIAS

